
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA**

**MORCEGOS FRUGÍVOROS NO USO DO HÁBITAT FRAGMENTADO E SEU
POTENCIAL PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS:
SUBSÍDIOS PARA UMA NOVA FERRAMENTA VOLTADA À CONSERVAÇÃO**

GLEDSON VIGIANO BIANCONI

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Zoologia).

Março - 2009

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA**

**MORCEGOS FRUGÍVOROS NO USO DO HÁBITAT FRAGMENTADO E SEU
POTENCIAL PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS:
SUBSÍDIOS PARA UMA NOVA FERRAMENTA VOLTADA À CONSERVAÇÃO**

GLEDSON VIGIANO BIANCONI

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Pereira da Cruz Neto

Co-orientadora: Dra. Sandra Bos Mikich

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Zoologia).

Março - 2009

599.4 Bianconi, Gledson Vigiano
B578m Morcegos frugívoros no uso do hábitat fragmentado e
seu potencial para recuperação de áreas degradadas :
subsídios para uma nova ferramenta voltada à conservação
/ Gledson Vigiano Bianconi. – Rio Claro : [s.n.], 2009
97 f. : il., tabs.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Ariovaldo Pereira da Cruz Neto
Co-orientadora: Sandra Bos Mikich

1. Morcego. 2. Óleos essenciais. 3. Deslocamento de
morcegos. 4. Restauração florestal. 5. Marcação-recaptura.
6. Radiotelemetria. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

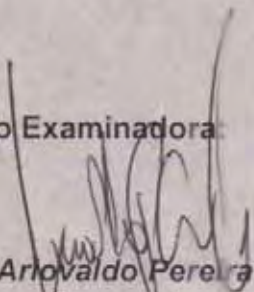
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)

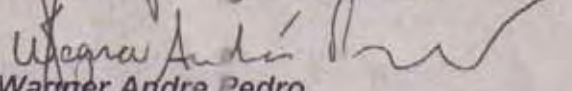
TESE DE DOUTORADO defendida em 26.05.2009:

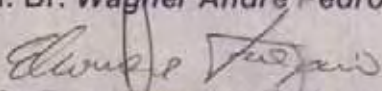
Morcegos frugívoros no uso do hábitat fragmentado e seu potencial para recuperação de áreas degradadas: subsídios para uma nova ferramenta voltada a conservação

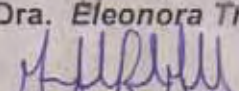
GLEDSON VIGIANO BIANCONI

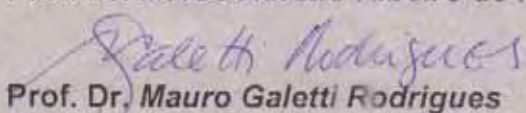
Comissão Examinadora:


Prof. Dr. Arivaldo Pereira da Cruz Neto


Prof. Dr. Wagner Andre Pedro


Profa. Dra. Eleonora Trajano


Prof. Dr. Marco Aurélio Ribeiro de Mello


Prof. Dr. Mauro Galetti Rodrigues

“O dia todo foi um deleite. No entanto, deleite é um termo fraco para expressar os sentimentos de um naturalista que, pela primeira vez, perambula sozinho por uma floresta brasileira”

- *A VIAGEM DO BEAGLE*, 29 de fevereiro de 1832, Charles Darwin

“Nenhum outro francês, antes de mim, jamais percorrera Minas Gerais, Goiás, S. Paulo [...] Se alguns exemplares dos meus relatos resistirem ao tempo e ao esquecimento, as gerações futuras talvez encontrem neles informações de grande interesse sobre essas vastas províncias, provavelmente transformadas, então, em verdadeiros impérios [...] Ficarão surpreendidos ao verificarem que, nos locais onde se erguerão cidades prósperas e populosas, havia outrora apenas um ou dois casebres que pouco diferiam das choças dos selvagens; que onde estarão retinindo nos ares os ruídos dos martelos e das máquinas mais complexas ouviam-se apenas, em outros tempos, o coaxar de alguns sapos e o canto dos pássaros; que, em lugar das extensas plantações de milho, de mandioca, de cana-de-açúcar e das árvores frutíferas, o que haviam eram terras cobertas por uma vegetação exuberante, mas inútil”

- *VOYAGE DANS L'INTERIEUR DU BRESIL: VOYAGE AUX SOURCES DU RIO DE SAN-FRANCISCO ET DANS LE PROVINCE DE GOYAZ*, Auguste de Saint-Hilaire, 1847

Agradecimentos

Para a execução desta pesquisa, desde a sua concepção, houve o apoio financeiro da *Embrapa Florestas* (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) por meio do programa MACRO II - Projeto "Desenvolvimento de técnicas naturais e de baixo custo para a recuperação da cobertura florestal de pequenas propriedades rurais".

Outros auxílios foram concedidos pelo: Instituto Ambiental do Paraná (IAP), Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Paraná (SEMA), Fundo Estadual do Meio Ambiente (FEMA), Mater Natura - Instituto de Estudos Ambientais, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – processo 2007/03506-1 outorgado para Ariovaldo P. Cruz Neto), Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da UNESP Rio Claro, e Empresa Vale do Ivaí S/A – Açúcar e Álcool.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos proprietários e administradores das fazendas Cagibi, Guajuvira, Santa Vitória e Corumbataí (Valdemar, Márcio, Edivaldo, Sr. Jairo, Sr. Cristiano Saddi e Dr. Rogério Bittencourt) pela autorização de trabalho e informações prestadas; aos funcionários e colaboradores do Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, em especial, a Dorival J. Sete, pela amizade e ajuda indispensável na realização das atividades de campo.

Ao apoio logístico e operacional prestado pelo IAP (Curitiba e Campo Mourão) e pelo Setor de Gestão Ambiental da Empresa Vale do Ivaí S/A. Nesta última, agradeço particularmente à Fabiana Maestá dos Santos e Judilânia Tomás Ramos pela atenção, presteza, desembaraço e competência com que trataram os mais diversos contratemplos ocorridos na RPPN Fazenda Barbacena. Incluo aqui o guarda-parque Zaqueu, por seu envolvimento na nobre causa da conservação.

À Polícia Militar do Paraná, representada pelo DPM de São Pedro do Ivaí (Subunidade do 10º Batalhão da Polícia Militar do Paraná) e pelo Batalhão da Polícia Ambiental – Força Verde (Pelotão de Maringá), por sua atuação e apoio às atividades de campo em áreas ocupadas por palmiteiros.

Aos colegas e amigos Alexandre Camargo de Azevedo, Lays Cherobim Parolin, Carlos Rodrigo Brocardo, Paul François Colas-Rosas, Leonardo Rafael Deconto, Leonardo Giraldi D. Gustman, Rodrigo P. Di Napoli, Wagner Rafael Lacerda, Carolina Regina C. Müller, Zaqueu, Fábio Zanella Farneda, Sandra Bos Mikich, Anderson Correa Branco, Arthur A. Bispo de Oliveira e Janael Ricetti, pelo auxílio

nas atividades de campo. Particular agradecimento dirijo ao apoio recebido dos amigos Urubatan S. Suckow, Daniel C. Carneiro e Fabiana Rocha Mendes, na coleta de muitos dados desta tese.

À Dra. Maria Lúcia Ferreira Simeone e Fabrício Augusto Hansel (*Embrapa Florestas*), pela gerência dos protocolos químicos utilizados neste trabalho, bem como aos estagiários Urubatan S. Suckow e Adriana Ayub, pelo auxílio na triagem e identificação (respectivamente) das amostras de fezes dos morcegos.

Ao Rodrigo, Neto, Simone, Denis e Ângela por me receberem tão bem em suas casas em Rio Claro e Piracicaba, auxiliando de diversas maneiras nesta etapa.

Aos amigos de muitos “não-carnavais” Alberto Urben Filho, Fernando C. Straube, André T. Cavassani, Sandra B. Mikich, Liliani M. Tiepolo, Michel Miretzki, Renato S. Bérnils, Leonardo R. Deconto, Leonardo G. D. Gustman, Rodrigo P. Di Napoli, Anderson C. Branco, Jaime Pena, Adair Bogo, Pedro Scherer Neto, Denis C. Briani, Arthur A. Bispo de Oliveira, Carlos Eduardo Conte, e Janael Ricetti, bem como meus sogros (Cláudio e Norma), cunhadas e concunhados (Marcela, Juliano, Claudia e Anízio), pelos muitos momentos de descontração, apoio e palavras de incentivo.

A todos os colegas e amigos, porventura não citados, mas que em algum momento trabalharam comigo, também deixo aqui meus agradecimentos.

Aos sempre entocados, hoje empresários da Hori Consultoria Ambiental, Alberto U. Filho e Fernando C. Straube, pelos dez anos de convívio – período imensamente gratificante para mim.

Ao professor Ph.D. Peter Feisinger, pelos conhecimentos transmitidos e exemplo ímpar de humildade, como ser humano e profissional.

Ao (professores e pesquisadores) Marco Mello, Cecília Kierulff, Henrique Ortêncio Filho, Fabiana Rocha Mendes, Camila Almeida, Fernando C. Straube, Rodrigo P. Di Napoli e Leonardo C. Trevelin por ajudarem nas traduções, discussões, revisões e/ou na estatística, conduzindo ao processo de finalização desta tese.

Meus mais sinceros agradecimentos ao professor Dr. Wagner André Pedro pelas muitas virtudes demonstradas ao longo desses sete anos de convívio. Sou igualmente grato pela amizade e inestimável apoio em minha formação.

À Dra. Sandra B. Mikich, pelo gerenciamento administrativo e financeiro do projeto, credibilidade, experiência e conhecimento mais uma vez transmitidos (um grande modelo de competência a ser seguido). Sou mais uma vez grato pela orientação, companheirismo em momentos críticos e, especialmente, pela grande amizade.

Ao professor Dr. Ariovaldo P. Cruz Neto, a quem admiro como profissional, agradeço pela confiança depositada e orientação. Sou ainda grato pela solicitude frente aos pedidos de auxílio financeiro e amizade.

À tia Ides pelas orações e cuidados despendidos ao longo de minha formação, obrigado mais uma vez, por tudo.

À minha família, sobretudo meus pais, pelo exemplo de humildade, preocupação e compreensão durante a realização dos meus estudos; por entenderem um pouco a minha vida, por acreditarem em mim, e por todo auxílio dado na minha formação.

Agradeço, muito especialmente, à minha esposa Fabiana (*Gabi*) pelas sugestões e críticas (em todos os sentidos), auxílio, amizade e coleguismo no desenvolvimento deste trabalho. Sou grato a Deus por ter em casa uma mastozoóloga admirável, por poder compartilhar, pela paciência, atenção, amizade, carinho e amor, e por (ainda!) continuar acreditando em nossos planos.

Para Fabiana e meus pais

Sumário

Índice de figuras	ix
Índice de tabelas	xii
Resumo geral	1
Abstract	2
Introdução	3

Capítulo 1

Attraction of fruit-eating bats with essential oils of fruits: a potential tool for forest restoration	25
Abstract	25
Resumo	26
Introduction	27
Methods	28
<i>Study Area</i>	28
<i>Plant species and phenology</i>	28
<i>Essential oil isolation</i>	29
<i>Field experiment</i>	29
Results	30
Discussion	31
Literature Cited	33

Capítulo 2

Atração de morcegos com óleos essenciais de frutos quiropterocóricos em áreas degradadas da Floresta Atlântica do sul do Brasil	37
Abstract	37
Resumo	38
Introdução	39
Métodos	41
<i>Área de estudo</i>	41
<i>Espécies de plantas e isolamento do óleo essencial</i>	42
<i>Protocolo experimental</i>	42
<i>Captura de morcegos e análise da dieta</i>	44
<i>Análise dos dados</i>	44
Resultados	44

<i>Sobrevôos nas unidades experimentais</i>	44
<i>Morcegos capturados e dieta</i>	45
Discussão	47
Referências bibliográficas	51

Capítulo 3

Movimentos e uso do habitat fragmentado por <i>Artibeus lituratus</i> e <i>Carollia perspicillata</i> (Mammalia: Chiroptera) na Floresta Atlântica do sul do Brasil .	59
Abstract	59
Resumo	60
Introdução	61
Métodos	63
Área de estudo	63
Parcelas amostrais	64
Esforço de captura e técnica de marcação	64
Avaliação da densidade de espécies de <i>Piperaceae</i> e de <i>Ficus</i> spp. ...	66
Radiotelemetria	66
Análise dos dados	68
Resultados	68
Marcação e recaptura	68
Densidade de <i>Piperaceae</i> e <i>Ficus</i> spp. versus recaptura dos morcegos ...	69
Movimentos	71
Radiotelemetria	71
Discussão	82
Referências bibliográficas	87
Conclusão geral	94
Anexo I	96
Anexo II	97

Índice de Figuras

Introdução

Figura 1. Classificação e nomenclatura de semioquímicos.....	8
Figura 2. Três das espécies de filostomídeos selecionadas como modelo para o estudo da relação entre óleos de frutos essenciais de frutos quiropterocóricos e os morcegos que os consomem e dispersam suas sementes	10

Capítulo 2

Figura 1. Localização geográfica das oito unidades experimentais instaladas em áreas de pastagem e agricultura, e da parcela florestal amostrada com redes-de-neblina, no município de Fênix, estado do Paraná, sul do Brasil, no período de agosto de 2006 a julho de 2007	43
Figura 2. Frequências médias de sobrevivência de morcegos nas unidades experimentais UI e UC, com seus respectivos desvios padrões, observadas no período de agosto de 2006 a julho de 2007	45

Capítulo 3

Figura 1. Área utilizada para o estudo dos movimentos de <i>Artibeus lituratus</i> e <i>Carollia perspicillata</i> na Floresta Atlântica dos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil	65
Figura 2. Percentual de indivíduos de <i>Artibeus lituratus</i> recapturados em seus fragmentos de origem, em relação à densidade (em indivíduos/hectares) de <i>Ficus</i> spp. por fragmento	70
Figura 3. Percentual de indivíduos de <i>Carollia perspicillata</i> recapturados em seus locais de origem, representados por parcelas aluviais e submontano, em relação à densidade (em indivíduos/1 hectare) de piperáceas por parcela	71
Figura 4. Movimentos de <i>Artibeus lituratus</i> (n = 19), registrados com base em marcação e recaptura, entre fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil, registrados no período de julho de 2002 a janeiro de 2008	72

Figura 5. Movimentos de <i>Carollia perspicillata</i> (n = 54), registrados com base em marcação e recaptura, entre fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil, registrados no período de julho de 2002 a janeiro de 2008	73
Figura 6. Localizações de dois indivíduos de <i>Artibeus lituratus</i> (AL1 e AL2) monitorados por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, na confluência dos rios Ivaí e Corumbataí, o perímetro urbano e áreas rurais do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil	75
Figura 7. Localizações de um indivíduo de <i>Artibeus lituratus</i> (AL3) monitorado por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Guajuvira, na margem do rio Ivaí, e área rural, no município de Fênix, estado do Paraná, Brasil	76
Figura 8. Localizações de dois indivíduos de <i>Artibeus lituratus</i> (AL5 e AL6) monitorados por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Santa Vitória II e área rural, no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil	76
Figura 9. Localizações de um indivíduo de <i>Artibeus lituratus</i> (AL11) monitorado por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui o fragmento Guajuvira, na margem do rio Ivaí, e área rural do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil	77
Figura 10. Localizações de um indivíduo de <i>Artibeus lituratus</i> (AL14) monitorado por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui o fragmento Santa Vitória II, no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil	77
Figura 11. Localizações de dois indivíduos de <i>Artibeus lituratus</i> (AL15 e AL16) monitorados por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui o fragmento Barbacena e área rural, no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil	78
Figura 12. Localizações de dois indivíduos de <i>Carollia perspicillata</i> (CP3 e CP4) monitorados por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Guajuvira, na margem do rio Ivaí, e área rural do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil	80
Figura 13. Localizações de um indivíduo de <i>Carollia perspicillata</i> (CP7) monitorados por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro	

de 2007. A imagem inclui o fragmento Barbacena e área rural do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil 80

Figura 14. Localizações de dois indivíduos de *Carollia perspicillata* (CP9 e CP10) monitorados por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui o Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, na confluência dos rios Ivaí e Corumbataí, o perímetro urbano e áreas rurais do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil 81

Figura 15. Localizações de dois indivíduos de *Carollia perspicillata* (CP11 e CP12) monitorados por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui os fragmentos Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo (parte inferior) e Guajuvira, no município de Fênix, estado do Paraná, Brasil 81

Figura 16. Localizações de dois indivíduos de *Carollia perspicillata* (CP13 e CP14) monitorados por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2009. A imagem inclui o fragmento Santa Vitória II (parte inferior) e Barbacena (parte superior), no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil 82

Índice de Tabelas

Capítulo 1

Table 1. Number of frugivorous bats captured during field tests with essential oils of chiropterochoric fruits performed between July 2002 and April 2003 in a cultivated field next to the Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, Paraná state, Brazil	31
---	----

Capítulo 2

Tabela 1. Espécies, dieta, número e abundância relativa de morcegos capturados em área florestal próxima às unidades experimentais (UI e UC), no período de agosto de 2006 a julho de 2007	46
--	----

Tabela 2. Plantas, categorias sucessionais e número de sementes (frequência relativa) registradas nas fezes de cinco espécies de filostomídeos frugívoros capturados em área florestal próxima às unidades experimentais (UI e UC), no período de agosto de 2006 a julho de 2007	47
--	----

Capítulo 3

Tabela 1. Percentual (e número) de indivíduos/espécie recapturados na mesma parcela de anilhamento estabelecidas em fragmentos de Floresta Atlântica localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil	69
--	----

Tabela 2. Riqueza e densidade (por hectare) de <i>Ficus</i> spp. em sete fragmentos de Floresta Atlântica do sul do Brasil, utilizados para marcação e recaptura de morcegos	69
--	----

Tabela 3. Riqueza e densidade de Piperaceae em oito parcelas amostrais de 1 ha utilizadas para marcação e recaptura de morcegos em fragmentos de Floresta Atlântica do sul do Brasil	70
--	----

Tabela 4. Indivíduos de <i>Artibeus lituratus</i> monitorados com rádio-transmissores em duas sessões: (1) 16 de agosto a 06 de outubro de 2007, (2) 15 de março a 20 de abril de 2008, em quatro fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil	74
--	----

Tabela 5. Indivíduos de <i>Carollia perspicillata</i> monitorados por meio de rádio-transmissores em duas sessões: (1) 16 de agosto a 06 de outubro de 2007, (2) 15 de março a 20 de abril de 2008, em quatro fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil	79
--	----

Resumo geral

Filostomídeos frugívoros são considerados elementos-chave na conservação e restauração florestal dado à sua representatividade numérica (espécies e indivíduos), alto potencial de deslocamento e eficiência na dispersão de sementes. Técnicas que potencializem esse papel ecológico podem ter grande aplicação na recuperação de habitats degradados, comuns à Mata Atlântica brasileira. Estudos com óleos essenciais isolados de frutos quiropterocóricos maduros sugeriram que eles podem ser utilizados para atrair e capturar morcegos frugívoros no interior de áreas florestais. Assim, a presente tese foi desenvolvida para fundamentar o caráter prático-funcional desta nova ferramenta, na medida em que se propôs a investigar os movimentos e o uso do habitat fragmentado por espécies frugívoras, bem como as suas respostas a atrativos odoríferos instalados na matriz agropecuária de uma paisagem intensamente fragmentada no sul do Brasil (municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná). Seus resultados indicaram uma atração altamente significativa dos morcegos aos óleos, um elevado potencial de dispersão de um grande número e diversidade de propágulos, e a possibilidade de manter os indivíduos por algum tempo sobrevoando pontos específicos da matriz, o que incrementaria, sobremaneira, a chuva-de-sementes no local. Os métodos de marcação/recaptura e radiotelemetria demonstraram existir uma alta mobilidade de *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) e *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), morcegos frugívoros mais comuns na região, dentro e entre os remanescentes florestais, com a utilização conjunta de diferentes elementos da paisagem (fragmentos, matriz agropecuária, pomares, rios, etc.). A matriz agropecuária da região parece não inibir os deslocamentos das espécies, padrão este relevante para o processo de dispersão de sementes e para a eficácia da ferramenta voltada à recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: atração de morcegos, comportamento de forrageio, deslocamentos de morcegos, dispersão de sementes, fragmentação florestal, Floresta Atlântica, marcação-recaptura, óleos essenciais, radiotelemetria, restauração florestal.

Abstract

Frugivorous phyllostomids are considered key elements to forest conservation and restoration due to their representative number (species and individuals), high mobility, and efficiency as seed dispersers. Techniques to improve this ecological role can find great application in the recovery of degraded habitats, usually found in the Brazilian Atlantic Forest. Previous tests with essential oils from ripe chiropterochoric fruits suggested they can be used to attract and capture fruit-eating bats inside forest remnants. The present thesis was conducted to provide the basis to functional and practical characteristics of this new tool. Thus, we investigated the movements and use of a fragmented habitat by frugivorous species, as well as bats' response to odor attractives installed in the agropecuary matrix of an extremely fragmented field at South Brazil (city of Fênix and São Pedro do Ivaí, State of Paraná). The results indicate a significant bat attraction to the essential oils, a great potential for dispersion of a large number and diversified seeds, the possibility of keeping bats flying for some time over specific locations of the matrix, which can increase significantly seeds dispersion in specific spots. By using mark/recapture and radiotelemetry techniques we observed high mobility of *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) and *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), the most common frugivorous bats in the study region, inside and between forests remnants with the combined use of different habitat attributes (fragments, agropecuary matrix, orchards, rivers, etc.). So, the regional agropecuary matrix does not seem to inhibit the movement of the species, which is an important behavior for seed dispersal and for the efficacy of the tool used for restoration of degraded areas.

Keywords: bat attraction, bat movements, Brazilian Atlantic Forest, essential oils, foraging behavior, forest regeneration, forest fragmentation, mark/recapture, radio-tracking, seed dispersal.

Introdução

Obras taxonômicas, como o recente livro editado por Wilson & Reeder (2005), *Mammals Species of the World*, situam os morcegos como o segundo grupo de mamíferos mais rico em gêneros e espécies do mundo (202 e 1.116, respectivamente), atrás apenas dos roedores (481, 2.277). Seu destaque, no entanto, vai além da generosa quantidade de táxons; ele recai sobre a variedade morfológica, fisiológica, comportamental e de estratégias de história de vida dos Chiroptera, que está diretamente relacionada com (e influenciada por) seu amplo espectro alimentar (p.ex.: insetivoria, carnivoria, nectarivoria, frugivoria, hematofagia) (Fleming 1988, Kunz & Fenton 2003).

É no mundo tropical que esses animais exprimem o seu máximo em diversidade. Sob o ponto de vista numérico, chegam a somar em algumas localidades, como na sub-região Guiana, mais de 120 espécies (cf. consta para San Juan de Manapiare, sul da Venezuela e Iwokrama Forest, Guiana) (Lim & Engstrom 2001). Ao nível ecológico, respondem por interações fundamentais para o funcionamento de seus ecossistemas, como o controle de populações animais (invertebrados e vertebrados) e a dispersão de propágulos (grãos de pólen, sementes) (Kunz & Fenton 2003). Ao limitarmos essa reflexão para as Américas Central e do Sul, uma família se destaca pela abundância e complexidade biológica: Phyllostomidae. Seus membros evidenciam uma radiação diversificada e endêmica do Novo Mundo, na qual a origem evolutiva representa um dos dois clados que convergiram para a frugivoria em Chiroptera (Dumont 2003). Nesta família estão reunidas mais de 160 espécies amplamente distribuídas, cujos integrantes nectarívoros e frugívoros ocupam 34 gêneros e, aproximadamente, 120 espécies pertencentes às subfamílias Stenodermatinae, Carollinae, Brachyphyllinae e Glossophaginae (Simmons 2005, Gardner 2007). Sua relevância é tamanha que chegam a ocupar o *status* de 'grupo predominante e de maior diversidade nas comunidades de mamíferos neotropicais' (Humphrey & Bonaccorso 1979, Fenton *et al.* 1992, Koopman 1993, Eisenberg & Redford 1999).

Muitas das espécies de filostomídeos frugívoros destacam-se por seu potencial como dispersoras de plantas, em particular, pioneiras (isto é, com capacidade de iniciar o processo sucessional) (van der Pijl 1957, Charles-Dominique 1986, Palmeirim *et al.* 1989). Alguns representantes podem lançar ao solo milhares de sementes numa única noite de voo (v. Medellín & Gaona 1999, Henry & Jouard

2007, Kelm *et al.* 2008), um serviço favorecido pela rápida passagem do alimento por seu trato digestório (aproximadamente 30 minutos) e por sua capacidade em percorrer grandes distâncias entre diferentes áreas de alimentação e seus abrigos (Morrison 1980, Bonaccorso & Gush 1987, Fleming 1988, Cosson *et al.* 1999, Stockwell 2001). Para um número crescente de cientistas (e.g. Galindo-González *et al.* 2000, Mikich *et al.* 2003, Kelm *et al.* 2008), essas características são cruciais para incluir o grupo dentre os principais responsáveis pela regeneração das florestas neotropicais. Afinal de contas, ponderam eles, esses animais são únicos em diversos aspectos de sua biologia e, por que não dizer, tão eficazes em suas funções ecológicas que podem ser utilizados como ferramentas de estudo para a ciência da conservação (v. Fenton *et al.* 1992, Wilson *et al.* 1996).

Fragmentação florestal e morcegos frugívoros

A fragmentação florestal é apontada como uma das principais causas do decréscimo da biodiversidade nas regiões tropicais (Terborgh 1992). Para a Floresta Atlântica, que já constituiu um dos mais importantes e complexos conjuntos de ecossistemas brasileiros, trata-se de um fenômeno comum, em muito associado à transformação (em geral abrupta) de extensas áreas naturais em matrizes inóspitas – hoje, mais de 92% da paisagem original são representados por mosaicos que cercam remanescentes florestais (Campanili & Prochnow 2006).

A ausência, ou o pouco valor, dos esforços para a restauração desse bioma são produtos de restrições legais, sociais, econômicas, ambientais e técnicas (v. Gandolfi *et al.* 2007). Há evidências persuasivas de que o incremento da chuva de sementes pode ser uma estratégia importante para acelerar o processo de regeneração natural (Reis *et al.* 1999, Tres *et al.* 2007). Seu valor é notório se considerarmos que os métodos tradicionais, como o plantio de espécies florestais nativas, em geral, recuperam parte das funções do ambiente (dificilmente a sua forma), sobretudo em regiões neotropicais, aonde há alta diversidade de espécies (Viana & Pinheiro 1998) e uma parcela ínfima de plantas com características silviculturais conhecidas e/ou comercializadas (Mikich & Bianconi 2005). Sob o ponto de vista econômico, os esforços esbarram nos investimentos significativos por parte dos proprietários, tanto na aquisição das mudas, quanto no seu plantio e manutenção, desestimulando a sua participação em programas de recuperação ambiental (Fonseca *et al.* 2001).

É interessante ressaltar, dado o tema desta tese, situações (maior grau de isolamento dos fragmentos) onde a distância para uma boa fonte de sementes é

limitante à colonização local (Aide & Cavelier 1994, Galindo-González *et al.* 2000, Jordano *et al.* 2006). Nesses cenários, a chegada de propágulos é tão pequena que qualquer fator inerente à paisagem, como taxa de predação, competição, clima e solo adversos, pode comprometer os processos de germinação e o estabelecimento de plântulas (Uhl 1997). Isso parece assim, também porque uma das principais barreiras para sua recuperação é a baixa tolerância de potenciais vetores a habitats severamente perturbados (Gomes *et al.* 2008). Embora vários grupos animais (e.g. aves, primatas, ungulados) possam se comportar como dispersores de sementes (Jordano 2000), os morcegos frugívoros se destacam pela forma complexa com que interagem com a paisagem, incluindo a fragmentada (Estrada & Coates-Estrada 2002, Medina *et al.* 2007). Enfim, como já demonstrado anteriormente, eles possuem características suficientes para serem considerados bons dispersores de sementes em sítios afastados de áreas florestais.

Esse é o ponto essencial, que justifica as discussões sobre os efeitos da degradação da Floresta Atlântica sobre as diferentes espécies. Segundo alguns autores (Sampaio *et al.* 2003, Willig *et al.* 2007, Meyer *et al.* 2009), a resiliência aos distúrbios varia entre os táxons de acordo com as suas características (i.e. capacidade de dispersão, dieta especializada, padrões de forrageio, exigência a abrigos, etc.), a estrutura e a composição da paisagem. Daí o valor dos morcegos como indicadores de qualidade ambiental (Fenton *et al.* 1992, Wilson *et al.* 1996) e material de estudo sobre a fragmentação (Barclay & Brigham 1996, Pedro 1998, Struebig *et al.* 2008). O contrasenso, é que mesmo com avanços enormes na pesquisa com o grupo (v. Neuweiler 2000, Kunz & Fenton 2003), informações substanciais relacionadas à tolerância e respostas das espécies frente à fragmentação, ainda não foram discutidas de forma satisfatória.

Acuidade olfativa e interação de filostomídeos com plantas

Os filostomídeos possuem alta capacidade de interpretar detalhes do ambiente, fato claramente evidenciado durante a alimentação, quando, em adição à ecolocalização, utilizam a visão e a olfação para se orientar em vôo, desviar de obstáculos e selecionar o alimento (para uma revisão veja Altringham & Fenton 2003). A importância dos estímulos odoríferos na atividade de forrageio dos Phyllostomidae tem sido mencionada na literatura há alguns anos (Mann 1951 *apud* Suthers 1970, van der Pijl 1957, 1982, Fleming 1988). Sua alta acuidade foi evidenciada por meio de investigações histológicas e anatômicas (e.g. Bhatnagar 1975, Bhatnagar & Kallen 1974, 1975), observações laboratoriais (Laska

1990a, b), e de campo (condições naturais e semi-naturais) (Mann 1951 *apud* Suthers 1970, Fleming 1988, Rieger & Jakob 1988, Thies *et al.* 1998, Mikich *et al.* 2003, Korine & Kalko 2005, Bianconi *et al.* 2006). Essas inferências recaem especialmente sobre duas subfamílias, Carrollinae e Stenodermatinae.

Stenodermatinae é a subfamília mais diversificada de Phyllostomidae, sendo representada por 18 gêneros e, aproximadamente, 68 espécies distribuídas pela região Neotropical (Simmons 2005) – só para América do Sul são 60 as espécies registradas por Gardner (2007). Carrollinae, por sua vez, inclui apenas dois gêneros (*Carollia* e *Rhinophylla*), e 10 espécies (Gardner 2007), que estão entre os mais abundantes mamíferos da América tropical (McLellan 1984, Fleming 1988). Em conjunto, os membros destas subfamílias dominam (em espécies e indivíduos) as assembléias de morcegos de diferentes regiões do Novo Mundo (e.g. Humphrey & Bonaccorso 1979, Brosset & Charles-Dominique 1990, Simmons & Voss 1998, Kalko & Handley 2001, Pedro *et al.* 2001, Bernard & Fenton 2003, Willig *et al.* 2007), um padrão comum até mesmo em áreas extremamente alteradas (e.g. Brosset *et al.* 1996, Wilson *et al.* 1996, Schultze *et al.* 2000, Galindo-González *et al.* 2000, Estrada & Coates-Estrada 2001, Estrada & Coates-Estrada 2002, Medina *et al.* 2007). Portanto, devido a essas características, são eles que direcionam e justificam discussões sobre a frugivoria, a dispersão de sementes (van der Pijl 1957, August 1981, Fleming & Heithaus 1981, Fleming 1988, Palmerim *et al.* 1989, Korine *et al.* 2000, Thies & Kalko 2004, Mello *et al.* 2008) e, mais recentemente, sobre o papel de algumas espécies na recuperação de áreas degradadas (Galindo-González *et al.* 2000, Arteaga *et al.* 2006, Bianconi *et al.* 2006, Kelm *et al.* 2008).

Alguns autores têm indicado o olfato como principal sentido utilizado por representantes dessas subfamílias na localização, seleção e captura de frutos (Laska & Schmidt 1986, Fleming 1988, Thies *et al.* 1998, Mikich *et al.* 2003, Bianconi *et al.* 2007). É fato também conhecido a preferência de algumas espécies em consumir determinados táxons de plantas (Bonaccorso 1979, Fleming 1985, 1988, Palmeirim *et al.* 1989, Charles-Dominique 1986, Marinho-Filho 1991, Bizerril & Raw 1998, Mikich, 2002). Por exemplo, *Sturnira* é supostamente especializada em frutos de Solanaceae (Marinho-Filho 1991, Willig *et al.* 1993, Iudica & Bonaccorso 1997, Giannini 1999, Giannini & Kalko 2004, Mello *et al.* 2008), o gênero *Carollia* em frutos de Piperaceae, e *Artibeus* por frutos de Cecropiaceae e Moraceae (Heithaus *et al.* 1975, Morrison 1978, Bonaccorso 1979, August 1981, Charles-Dominique 1986, Fleming 1988, Palmeirim *et al.* 1989, Kalko *et al.* 1996, Thies & Kalko 2004, Silva *et al.* 2008). A preferência por *Ficus* (Moraceae) é também estendida a outros gêneros da tribo Ectophyllini (*sensu* Baker *et al.* 2003 e Gardner 2007), como *Ectophylla*, *Vampyressa*, *Chiroderma* e *Platyrrhinus* (Brooke

1990, Carolyn & Wilson 1991, Handley *et al.* 1991, Giannini & Kalko 2004, Oprea & Wilson 2008).

Levando-se em consideração que esses morcegos: (1) são bem representados (espécies e indivíduos) em áreas neotropicais com diferentes níveis de alteração, (2) possuem uma boa base de dados sobre suas interações com várias plantas, (3) têm o olfato desenvolvido, sendo este um sentido fundamental para que eles localizem e identifiquem o grau de maturação de seus frutos preferidos, e (4) são eficientes dispersores de sementes, apresentando um grande potencial de deslocamento, foi possível desenvolver uma ferramenta, a seguir descrita, visando contribuir para os programas de restauração florestal e estudos de auto-ecologia de quirópteros.

A ecologia química da interação morcego-planta: proposta de uma nova ferramenta para restauração florestal¹

Com base no entendimento dos mecanismos químicos envolvidos nas interações morcegos frugívoros-plantas, uma nova perspectiva no campo da ecologia aplicada deve ser considerada: “a utilização de óleos essenciais isolados de frutos quiropterocóricos na atração de morcegos”. Seu potencial como ferramenta para conservação fundamenta-se na hipótese de que esses morcegos, uma vez atraídos, possam acelerar o processo de regeneração natural de áreas degradadas por meio da dispersão das sementes contidas em suas fezes.

Um pouco de história

Em 1950 a ecologia química surgiu como tentativa de explicar a enorme diversidade estrutural nas moléculas de produtos naturais oriundos de plantas superiores (Harborne 1993). No ano de 1959, já se argumentava que a origem desses produtos não poderia ser atribuída apenas à existência de resíduos do metabolismo primário que ficam acumulados nas células das plantas em função de um sistema excretor deficiente. Embora os estudiosos certamente não tenham percebido à época, seus esforços implicaram numa nova abordagem ecológica, ou seja, a de que existe um papel definido para as substâncias químicas presentes em plantas.

¹ Parte desse tópico consta no capítulo “A ecologia química da interação morcego-planta: proposta de uma nova ferramenta para restauração florestal e estudos de auto-ecologia” (Bianconi *et al.* 2008) do livro “Morcegos no Brasil: biologia, sistemática, ecologia e conservação”.

Poucos anos foram necessários para que surgisse a primeira proposta (em 1964) de um papel ecológico definido para as substâncias químicas presentes nas plantas como agentes de defesa contra insetos herbívoros. A partir daí, considerou-se que esses metabólitos pudessem atuar também na atratividade de polinizadores e dispersores de sementes (Harborne 1999).

Os sinais químicos

Além dos sinais acústicos, ópticos e táteis, uma grande variedade de seres vivos – de microrganismos a primatas – utilizam substâncias químicas para a transmissão de informações, usadas na comunicação intra e interespecífica.

Os sinais químicos que provocam mudanças fisiológicas e/ou comportamentais em outro organismo são chamados de **semioquímicos**. Quando a interação química ocorre entre indivíduos da mesma espécie (intraespecífica), as substâncias são chamadas de **feromônios**; quando ocorre entre indivíduos de espécies diferentes (interespecífica) são ditas **aleloquímicos**. Estes últimos são ainda classificados de acordo com os efeitos provocados no receptor e/ou emissor do sinal (fig. 1) (Francke & Schultz 1999, Ferreira *et al.* 2001).

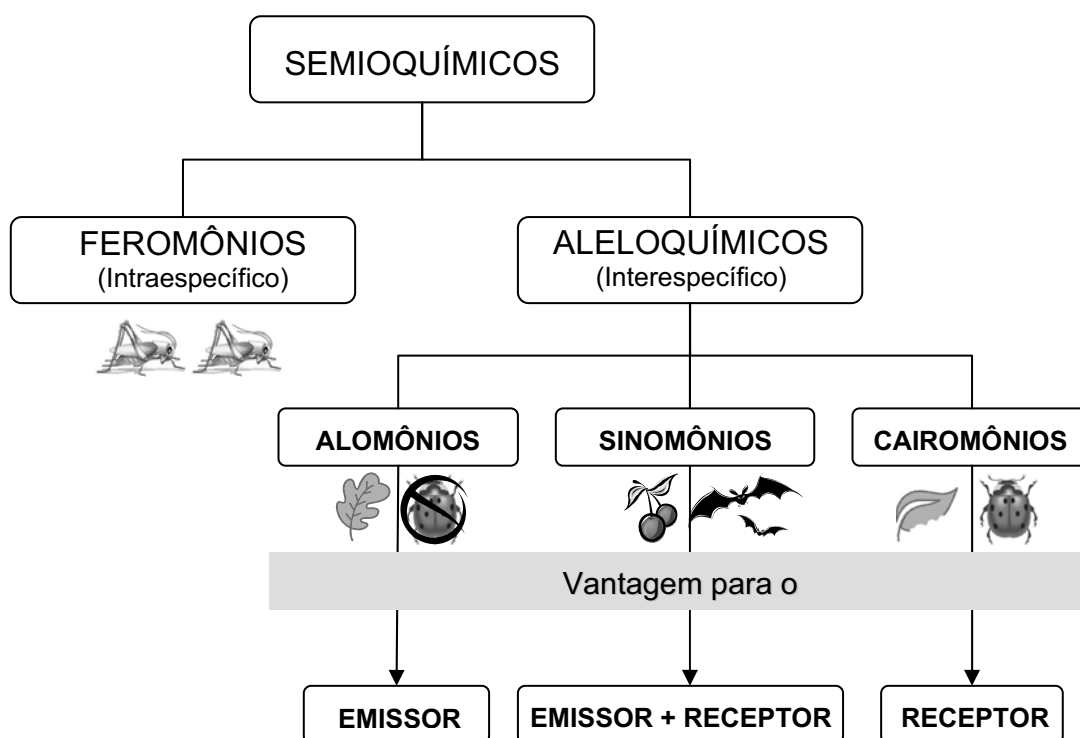


Figura 1. Classificação e nomenclatura de semioquímicos. Figuras: Clípe-art Microsoft Office 2003.

Conforme demonstrado na figura 1, os alomônios beneficiam apenas o organismo emissor, como, por exemplo, substâncias químicas liberadas por plantas que repelem insetos fitófagos. Cairomônios favorecem somente o organismo receptor, como no caso de compostos liberados por plantas e utilizadas pelos insetos fitófagos para localizá-las. Os sinomônios favorecem ambos os organismos e, como exemplo, temos a polinização, quando a planta utiliza-se de pigmentos e/ou compostos voláteis para atrair insetos, pássaros, morcegos dentre outros. Constituem-se, por assim dizer, relações ecológicas mutualísticas onde os animais obtêm uma fonte nutricional (néctar, pólen, polpa de fruto e, ocasionalmente, sementes) e as plantas ganham mobilidade para seus grãos de pólen e sementes.

O estudo químico desses compostos voláteis aliado a observações comportamentais, em nosso caso de morcegos, possibilita um melhor entendimento sobre a comunicação química. A partir desses estudos é possível determinar quais são as substâncias bioativas e o papel dessas nas comunicações interespecíficas planta-animal, fomentando a criação de ferramentas práticas, eficientes e inovadoras para conservação da biodiversidade.

Óleos essenciais

Óleos essenciais são substâncias voláteis produzidas pelas plantas e com funções variadas, que vão da atração à repulsão de organismos (Holmes 1985, Kéita *et al.* 2000). Em geral, são misturas complexas de fenilpropanóides, compostos alifáticos e principalmente mono e sesquiterpenos (10 e 15 átomos de carbono, respectivamente). Estes óleos têm relevante importância nos processos de relações ecológicas que envolvem atração e reconhecimento de plantas ou, pelo menos, de suas estruturas. Um exemplo clássico é a atração de vespíngidas (Chalcidoidea) a flores de figueiras do gênero *Ficus* (Moraceae), apresentado por Grison-Pigé *et al.* (1999, 2002a, b). Conforme os autores, óleos essenciais secretados por essas plantas constituem-se em um sinal químico importante como estimulante ao polinizador, havendo também uma grande restrição quanto às espécies de plantas e de insetos envolvidas. Não obstante, são raras as investigações desse tipo e, quando enfocados os sinais químicos, quase sempre relacionam apenas as interações que ocorrem na mesma espécie, resultado da ação de feromônios.

Atração de morcegos frugívoros com óleos essenciais

Membros das subfamílias Carollinae e Stenodermatinae, particularmente os gêneros *Carollia*, *Artibeus*, e *Sturnira* (Figura 2) foram selecionados como modelo para um estudo de longa duração sobre os vários aspectos de sua relação com os óleos essenciais de seus frutos preferidos (*Piper*, *Ficus* e *Solanum*, respectivamente) e a dispersão de sementes por meio de suas fezes.

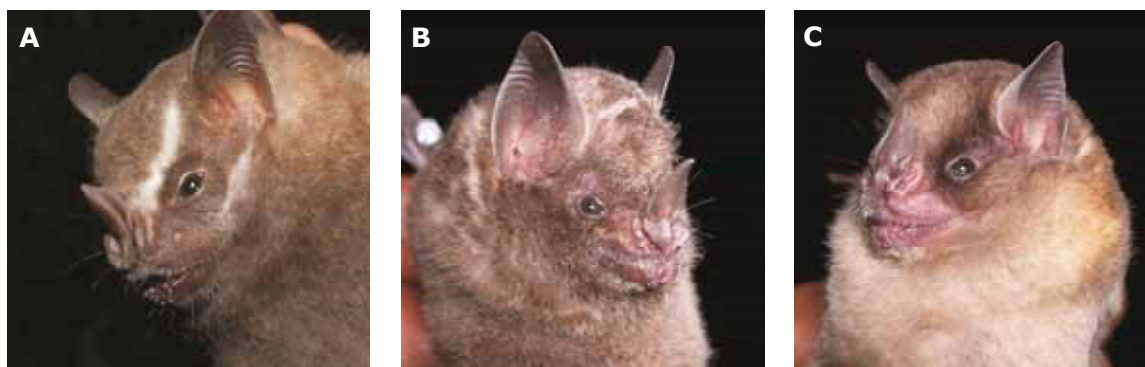


Figura 2. Três das espécies de filostomídeos selecionadas como modelo para o estudo da relação entre óleos de frutos essenciais de frutos quiropterocóricos e os morcegos que os consomem e dispersam suas sementes, sendo (A) *Artibeus lituratus* (Foto: G.V.B.), (B) *Carollia perspicillata* (Foto: M.A.Mello) e (C) *Sturnira lilium* (Foto: M.A.Mello).

Desde o ano 2000, diversos testes de atratividade dos morcegos aos óleos têm sido por mim realizados em campo, abrangendo os seguintes ecossistemas: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Mista (ambos associados à Floresta Atlântica) e Floresta Amazônica. No entanto, os primeiros experimentos foram desenvolvidos em uma paisagem fragmentada no município de Fênix (23°56'S-51°56'W), noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil.

Muito dessa escolha deve-se às particularidades da região, que abriga o Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo e outros remanescentes da Floresta Atlântica com variados tamanhos (máximo 800 ha cada) e graus de isolamento. A matriz alterada é representada por matas ciliares degradadas, terras cultivadas (milho, soja e cana-de-açúcar, principalmente) e pastagens tradicionais (Mikich & Silva 2001, Mikich & Oliveira 2003). Ademais, o local é caracterizado por uma grande quantidade de trabalhos desenvolvidos desde a década de 1980, incluindo os de interações entre animais e plantas (ex.: Mikich 2001, Mikich & Silva 2001, Mikich *et al.* 2003, Bianconi 2003, Bianconi *et al.* 2004). A pesquisa, que tem como pano de fundo as interações entre morcegos e frutos quiropterocóricos, tomou

como base o estudo florístico e fenológico realizado na região por Mikich & Silva (2001) e os estudos com quirópteros realizados por Mikich (2002), e Bianconi (2003), Bianconi *et al.* (2004).

Inicialmente, ocorreram coletas de frutos zoocóricos maduros e imaturos dos gêneros *Ficus* (Moraceae), *Piper* (Piperaceae) e *Solanum* (Solanaceae), cuja extração dos óleos essenciais foi realizada por meio das técnicas de aeração e hidrodestilação. Na seqüência foram realizados os primeiros testes de campo com o objetivo de avaliar a atratividade dos óleos essenciais, mais especificamente do óleo de *Piper gaudichaudianum*.

Para os testes, realizados no Parque Vila Rica, foram utilizadas 12 redes-de-neblina instaladas seqüencialmente em ziguezague ao longo de uma estrada interna, em cujas margens *P. gaudichaudianum* e outras espécies deste gênero são abundantes e/ou relativamente comuns (p. ex., *P. hispidum*, *P. diospyrifolium*, *P. crassinervium* e *P. amalago*). Cada rede recebeu, na sua porção central, um fruto mimético confeccionado com espuma de floricultura, impregnado a cada noite com gotas de óleo essencial (diluído em água destilada, na proporção de 17,5 mg/ml) de frutos maduros de *P. gaudichaudianum* intercalados com frutos miméticos embebidos em água destilada. Assim, todas as redes possuíam o mesmo atrativo visual (fruto mimético), mas somente as redes pares possuíam um atrativo odorífero (óleo essencial). Os resultados, disponíveis em Mikich *et al.* (2003), demonstraram claramente que os principais consumidores de frutos de piperáceas, *Carollia perspicillata*, foram atraídos pelo óleo essencial, resultando em uma captura superior nas redes com os óleos. Desta forma, foi possível provar que os morcegos podem ser atraídos pelo óleo essencial no interior de remanescentes florestais, onde há fontes de alimento natural disponível, e que a captura pode ser dirigida a uma espécie (ou gênero) de morcego em particular em função de sua preferência por alguns frutos.

O mesmo protocolo experimental foi aplicado na Floresta Ombrófila Mista (= Floresta com Araucária), durante campanhas breves e dedicadas sobretudo ao levantamento da quiropterofauna e seus ectoparasitas (Bianconi *et al.* 2003, Graciolli & Bianconi 2007) no município de Fazenda Rio Grande (25°39'S e 49°16'W), sudeste do estado do Paraná. Apesar do esforço amostral empregado nos testes (apenas duas noites, em junho de 2002), o número de capturas foi pequeno, porém maior nas redes com óleo de *Piper gaudichaudianum*. A única espécie capturada foi *Sturnira lilium*, considerada o filostomídeo frugívoro mais comum na área.

Posteriormente, em 2003, como forma de verificar a relevância das conclusões e as generalidades dos resultados para outros ecossistemas florestais, foram realizados novos testes de atração, agora na Amazônia Central, mas especificamente na Reserva 1501 do PDBFF/INPA (*Smithsonian Institution*) – área de mata contínua de Floresta Amazônica, a 80 km de Manaus (2°24'S e 59°52'W). Para tanto, foram utilizadas dez redes-de-neblina dispostas em cinco pares alternados, distantes 20 metros entre si, ao longo de uma estrada abandonada. Para aleatorizar qual rede pareada receberia o fruto mimético com óleo essencial, no caso *Piper hispidum* (coletados na Floresta Atlântica do Paraná), foi realizado sorteio diário. Mais uma vez, os resultados (Rocha-Mendes *et al.* 2003) foram significativamente positivos para as redes com óleo, havendo maior atração de *Carollia* spp. (*C. brevicauda* e *C. perspicillata*).

Estes dados abriram duas perspectivas importantes: (1) os óleos essenciais desses frutos podem ser empregados em estudos de auto-ecologia de morcegos, mais especificamente naqueles onde se deseja aumentar a taxa de captura de algumas espécies; (2), se os óleos puderem atrair morcegos também em áreas que apresentam baixa disponibilidade natural de recursos (alimento), então existe a possibilidade de atraí-los para áreas completamente alteradas, onde poderiam desempenhar um papel importante na regeneração natural por meio da dispersão de sementes.

Esta possibilidade foi trabalhada no **Capítulo 1** da presente tese. Nele, constam os resultados de seqüências de testes realizados fora dos remanescentes florestais, mais especificamente a 50 m de distância do Parque Vila Rica (área cultivada com soja e milho) – ou seja, um ambiente sem disponibilidade de recursos naturais (alimento, poleiros, abrigos) para morcegos frugívoros. Intencionalmente, foram utilizados óleos essenciais provenientes de frutos maduros de diferentes espécies (gêneros *Piper* e *Ficus*), buscando avaliar quais os morcegos mais capturados. As amostras fecais dos indivíduos foram qualitificadas para verificar se a atração ocorreria em espécimes recentemente alimentados em áreas florestais próximas.

Em seguida, a eficiência do atrativo odorífero foi novamente testada em áreas abertas da região, porém como o uso de unidades de indução. Estas unidades, tratadas no **Capítulo 2**, consistem em parcelas contendo septos de borracha impregnados com essas substâncias, as quais são liberadas continuamente. Nessa altura, já se partia da idéia de que os óleos atrairiam morcegos até mesmo para áreas abertas, e que muitos deles defecariam no local. Porém, para pôr essa sugestão à prova, foi montado um experimento que

avaliasse a movimentação dos morcegos em unidades com e sem o atrativo, permitindo testar a hipótese de que as unidades com o odor de frutos teriam maior movimentação de indivíduos, mantendo-os por mais tempo em vôo sobre a parcela. O potencial de chegada de sementes foi inferido por meio da análise da dieta de morcegos frugívoros capturados em uma área florestal contígua.

A variação registrada entre os deslocamentos dos morcegos frugívoros mais comuns na região (*Artibeus lituratus* e *Carollia perspicillata*) durante um curto programa de marcação-recaptura (Bianconi *et al.* 2006), aliada aos dados interespecíficos de atração registrados pelo Capítulo 1, inevitavelmente conduziram a uma nova pergunta relacionada à ferramenta proposta: “quais as espécies de morcegos respondem melhor aos óleos em áreas abertas, afastadas da floresta?”. Havia sugestões de que a atração das espécies ao odor de frutos estaria relacionada aos diferentes padrões de deslocamento e uso do hábitat fragmentado, e que estes padrões seriam relacionados à disponibilidade diferencial dos recursos alimentares (preferenciais) na paisagem. Esta inquietude conduziu a elaboração do **Capítulo 3**. Por meio de dois métodos distintos (marcação-recaptura e radiotelemetria) as seguintes hipóteses foram testadas: (1) *Carollia perspicillata* manteria uma área restrita de forrageio, demonstrando maior fidelidade a certos hábitats, dada provavelmente pela abundância de seus frutos preferidos (piperáceas). Por outro lado, *Artibeus lituratus* possuiria grande área de forrageio, menor fidelidade e, conseqüentemente, se deslocaria com maior freqüência entre os remanescentes de vegetação, cruzando constantemente a matriz aberta na busca por seus frutos preferenciais (*Ficus* spp.), de menor densidade, frutificação “big bang” e assincrônica (veja Morrison 1978, Janzen, 1979, Thies & Kalko 2004); (2) independentemente do comportamento das espécies, a matriz agropecuária da região não representaria uma barreira para seus movimentos.

Este capítulo foi concebido não só para responder a questão lançada pelo desenvolvimento da ferramenta “óleos essenciais na atração de morcegos”; em outros termos, ele seria relevante na medida em que se propõe a compreender os efeitos da fragmentação sobre as espécies potencialmente dispersoras de sementes.

Abordagens como as do Capítulo 3 são raras no Neotrópico (Schultze *et al.* 2000, Galindo-González *et al.* 2000, Estrada & Coates-Estrada 2001, Evelyn & Stiles 2003, Galindo-González & Sosa 2003, Medina *et al.* 2007, Loayza & Loiselle 2008) e/ou necessitam de um maior detalhamento de suas informações. No Brasil, em particular, elas praticamente inexistem. Todo o conhecimento disponível sobre

os padrões de movimento de morcegos frugívoros no uso do hábitat fragmentado são dadas para áreas naturais da Amazônia Central (Bernard & Fenton 2003) e, de forma primária, para a área de estudo aqui proposta (Bianconi *et al.* 2006).

Pelo exposto, espera-se que esta tese seja entendida como algo além de uma fundamentação ao caráter prático-funcional da nova (e promissora) ferramenta destinada à restauração do ambiente natural. Que seu fim conservacionista sobressaia também ao tangenciar os impactos da fragmentação da Floresta Atlântica brasileira sobre um dos grupos mais importantes no processo de manutenção e regeneração das florestas tropicais, os filostomídeos frugívoros.

Referências bibliográficas

- Aide, T.M.; Cavelier, J. 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology* 2(4): 219-229.
- Altringham, J. D.; Fenton, M. B. 2003. Sensory Ecology and Communication in the Chiroptera, p.90-118. *In*: T. H. Kunz & M. B. Fenton (Eds.). *Bat Ecology*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Arteaga, L.L.; Aguirre, L.F.; Moya, M.I. 2006. Seed rain produced by bats and birds in Forest islands in a Neotropical Savanna. *Biotropica* 38(6): 718-724.
- August, P.V. 1981. Fig fruit consumption and seed dispersal by *Artibeus jamaicensis* in the Llanos of Venezuela. *Biotropica* 13(1): 70-76.
- Baker, R. J.; Hooper, S. R.; Porter, C. A.; Van den Bussche, R. A. 2003. Diversification among New World leaf-nosed bats: an evolutionary hypothesis and classification inferred from digenomic congruence of DNA sequence. *Occasional Papers* 230: 1-32.
- Barclay, R.M.R.; Brigham, R.M. 1996. Bats and Forest Symposium, October 19-21, 1995, Victoria, British Columbia, Canada. Working Paper 23/1996, Research Branch, BCMOF, Victoria, BC.
- Bernard, E.; Fenton, M.B. 2003. Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 35(2): 262-277.
- Bhatnagar, K.P. 1975. Olfaction in *Artibeus jamaicensis* and *Myotis lucifugus* in the context of vision and echolocation. *Experientia* 31(7):856.
- Bhatnagar, K.P.; Kallen, F.C. 1974. Morphology of the nasal cavities and associated structures in *Artibeus jamaicensis* and *Myotis lucifugus*. *American Journal of Anatomy* 139(2): 167-190.

- Bhatnagar, K.P.; Kallen, F.C. 1975. Quantitative observations on the nasal epithelia and olfactory innervation in bats. *Acta Anatomica* 91(2): 272-282.
- Bianconi, G.V. 2003. Diversidade e deslocamentos de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em remanescentes florestais do noroeste do Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B.; Maia, B.H.L.N.S.; Teixeira, S.D.; Marques, F.A. 2008. A ecologia química da interação morcego-planta: proposta de uma nova ferramenta para restauração florestal e estudos de auto-ecologia, p. 369-374. *In*: S.M. Pacheco, R.V. Marques & C.E.L. Esbérard (Eds.). *Morcegos no Brasil: biologia, sistemática, ecologia e conservação*. Armazém Digital, Porto Alegre.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B., Pedro, W.A. 2004. Diversidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em remanescentes florestais do município de Fênix, noroeste do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21(4): 943-954.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B.; Pedro, W.A. 2006. Movements of bats (Mammalia, Chiroptera) in Atlantic Forest remnants in southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(4): 1199-1206.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B.; Teixeira, S.D.; Maia, B.H.L.N.S. 2007. Attraction of fruit-eating bats with essential oils of fruits: a potential tool for forest restoration. *Biotropica* 39(1): 136-140.
- Bianconi, G.V.; Napoli, R.P.; Carneiro, D.C.; Miretkzi, M. 2003. A Fazenda Gralha Azul e a conservação dos morcegos da floresta com araucária no Paraná. *Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia Ubea PucRS* 2(1): 62.
- Bizerril, M.X.A.; Raw, A. 1998. Feeding behaviour of bats and the dispersal of *Piper arboreum* seeds in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 14(1): 109-114.
- Bonaccorso, F. J.; Gush, T. J. 1987. Feeding behaviour and foraging strategies of captive phyllostomid fruit bats: an experimental study. *Journal of Animal Ecology* 56(3): 907-920.
- Bonaccorso, F.J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences* 24(4): 359-408.
- Brooke, A.P. 1990. Tent selection, roosting ecology and social-organization of the tent-making bat, *Ectophylla alba*, in Costa Rica. *Journal of Zoology* 221(1): 11-19.

- Brosset, A.P.; Charles-Dominique, P. 1990. The bats from French Guiana: a taxonomic, faunistic and ecological approach. *Mammalia* 54(4): 509-559.
- Brosset, A.; Charles-Dominique, P.; Cockle, A.; Cosson, J.F.; Masson, D. 1996. Bat communities and deforestation in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology* 74(11): 1974-1982.
- Campanili, M.; Prochnow, M. 2006. Mata Atlântica, uma rede pela floresta. RMA, Brasília. 332p.
- Carolyn, S.F.; Wilson, D.E. 1991. *Platyrrhinus helleri*. *Mammalian Species* 373: 1-5.
- Charles-Dominique, P. 1986. Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: *Cecropia*, birds and bats in French Guyana, p. 119-135. *In*: A. Estrada & T.H. Fleming (Eds.). *Frugivores and seed dispersal*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Cosson, J.; Pons, J.; Masson, D. 1999. Effects of forest fragmentation on frugivorous and nectarivorous bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 15(4): 515-534.
- Dumont, E. R. 2003. Bats and Fruit: An ecomorphological approach, p. 398-429. *In*: T. H. Kunz & B. Fenton (Eds.). *Bat Ecology*. University of Chicago Press, Chicago.
- Eisenberg, J.F.; Redford, K.H. 1999. *Mammals of the Neotropics, The Central Neotropics*. Volume 3: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. University of Chicago Press, Chicago. 609 p.
- Estrada, A.; Coates-Estrada, R. 2001. Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 24(1): 94-102.
- Estrada, A.; Coates-Estrada, R. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in a agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 103(2): 237-245.
- Evelyn, M.J.; Stiles, D.A. 2003. Roosting requirements of two frugivorous bats (*Sturnira lilium* and *Artibeus intermedius*) in fragmented Neotropical Forest. *Biotropica* 35(3):405-418.
- Fenton, M.B.; Acharya, L.; Audet, D.; Hickey, M.B.C.; Merriman, C.; Obrist, M.K.; Syme, D.M. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica* 24(3): 440-446.

- Ferreira, J.T.B.; Correa, A.G.; Vieira, P.C. 2001. Produtos naturais no controle de insetos. EdUFSCar, São Carlos. 176p.
- Fleming, T.H. 1988. The short-tailed fruit bat: a study of plant-animal interactions. University of Chicago Press, Chicago. 365p.
- Fleming, T.H. 1985. Coexistence of five sympatric *Piper* (Piperaceae) species in a tropical dry forest. *Ecology* 66(3): 688-700.
- Fleming, T.H.; Heithaus, E.R. 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of tropical forests. *Biotropica* 13(suppl.): 45-53.
- Fonseca, C.E.L.; Ribeiro, J.P.; Cavalcante de Souza, R.P.R.; Balbino, V.K. 2001. Recuperação da vegetação de matas de galeria: estudos de caso no Distrito Federal e entorno, p. 815-870. *In*: J.P. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva (Eds.). Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria. Embrapa Cerrados, Planaltina.
- Francke, W.; Schultz, S. 1999. Pheromones, p. 197-251. *In*: S.D. Barton & K. Nakanishi (Eds.). Comprehensive natural products. University of Reading, Reading.
- Galindo-González, J.; Guevara, S.; Sosa, V.J. 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in grazing pastures: their importance in restoring tropical rain forest in Mexico. *Conservation Biology* 14(6): 1693-1703.
- Galindo-González, J.; Sosa, V.J. 2003. Frugivorous bats in isolated trees and riparian vegetation associated with human-made pastures in a fragmented tropical landscape. *The Southwestern Naturalist* 48(4): 579-589.
- Gandolfi, S.; Rodrigues, R.R.; Martins, S.V. 2007. Theoretical bases of the forest ecological restoration, p. 27-60. *In*: R.R. Rodrigues, S.V. Martins & S. Gandolfi (Eds.). High diversity forest restoration in degraded areas. Nova Science Publishers, Inc., New York.
- Gardner, A.L. 2007. Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats. University of Chicago Press, Chicago and London. 669p.
- Giannini, N.P. 1999. Selection of diet and elevation by sympatric species of *Sturnira* in an Andean rainforest. *Journal of Mammalogy* 80(4): 1186-1195.
- Giannini, N.P.; Kalko, E.K. 2004. Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos* 105(2): 209-220.

- Gomes, L.G.L.; Oostra, V.; Nijman, A.M.C.; Kappelle, M. 2008. Tolerance of frugivorous birds to habitat disturbance in a tropical cloud forest. *Biological Conservation* 141(3): 860-871.
- Graciolli, G.; Bianconi G. V. 2007. Moscas ectoparasitas (Diptera, Streblidae e Nycteribiidae) em morcegos (Mammalia, Chiroptera) em área de Floresta com Araucária no Estado do Paraná, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24(1): 246-249.
- Grisson-Pigé, L.; Edwards A.A.; Hossaert-Mckey, M. 1999. Interspecies variation in floral fragrances emitted by tropical *Ficus* species. *Phytochemistry* 52(7): 293-1299.
- Grisson-Pigé, L.; Hossaert-Mckey, M.; Bessière, J. 2002a. Specific attraction of fig pollinating wasps: role of the volatile compounds released by tropical figs. *Journal of Chemical Ecology* 28(2): 283-295.
- Grisson-Pigé, L.; Hossaert-Mckey, M.; Greeff, J.M.; Bessière, J. 2002b. Fig volatile compounds: a first comparative study. *Phytochemistry* 61(1): 61-71.
- Handley Jr., C.O.; Morrison, D.W. 1991. Foraging behavior, p. 137-140. *In*: C.O. Handley Jr., D.E. Wilson & A.L. Gardner (Eds.). *Demography and natural history of the common fruit bat, *Artibeus jamaicensis*, on Barro Colorado Island, Panamá*. Smithsonian Contributions to Zoology 511: 1-173.
- Harborne, J.B. 1993. *Introduction to ecological biochemistry*. 4thed. Academic Press, London. 318p.
- Harborne, J.B. 1999. Plant Chemical Ecology, p. 137-196. *In*: S.D. Barton & K. Nakanishi (Eds.). *Comprehensive natural products*. University of Reading, Reading.
- Heithaus, E.R.; Fleming, T.H.; Opler, P.A. 1975. Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal Tropical Forest. *Ecology* 56(4): 841-854.
- Henry, M.; Jouard, S. 2007. Effect of bat exclusion on patterns of seed rain in tropical rainforest in French Guiana. *Biotropica* 39(4): 510-518.
- Holmes, S. 1985. *Henderson's dictionary of biological terms*. Longman Group Limited, Essex. 510p.
- Humphrey, S.R.; Bonaccorso, F.J. 1979. Population and community ecology, p. 409-441. *In*: R.J. Baker, J.K. Jones Jr. & D.C. Carter (Eds.). *Biology of bats of the New World family Phyllostomidae, part III*. Special Publications Museum Texas Tech University, Lubbock.

- Iudica, C. A.; Bonaccorso, F. J. 1997. Feeding of the bat, *Sturnira lilium*, on fruits of *Solanum riparium* influences dispersal of this pioneer tree in forests of northwestern Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 32(1): 4-6.
- Janzen, D.H. 1979. How to be a fig. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10: 13-51.
- Jordano, P. 2000. Fruits and frugivory, p. 125-165. *In*: M. Fenner (Ed.). *The ecology of regeneration in plant communities*, 2nd ed. CAB Publ., Wallingford, UK.
- Jordano, P.; Galetti, M.; Pizo, M.A.; Silva, W.R. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação, p. 411-436. *In*: C.F.D. Rocha, H.G. Bergallo, M.A.S. Alves & M.V. Sluys (Eds.). *Biologia da Conservação: essências*. Rima Editora, São Carlos.
- Kalko, E.K.V.; Handley Jr., C.O. 2001. Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure and implications for conservation strategies. *Plant Ecology* 153(1-2): 319-333.
- Kalko, E.K.V.; Herre, E.A.; Handley Jr., C.O. 1996. Relation of fig fruit characteristics to fruit-eating bats in the New and Old World tropics. *Journal of Biogeography* 23(4): 565-576.
- Kéita, S.M.; Vincent, C.; Schmit, J.P.; Ramaswamy, S.; Bélanger, A. 2000. Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 36(4): 355-364.
- Kelm, D.H.; Wiesner, K.R.; von Helversen, O. 2008. Effects of artificial roosts for frugivorous bats on seed dispersal in a neotropical forest pasture mosaic. *Conservation Biology* 22(3): 733-741.
- Koopman, K.F. 1993. Order Chiroptera, p. 137-241. *In*: D.E. Wilson & D. Reeder (Eds.). *Mammals species of the World: a taxonomic and geographic reference*. 2nd ed. Smithsonian Institution Press, Washington-London.
- Korine, C.; Kalko, E.K.V. 2005. Fruit detection and discrimination by small fruit-eating bats (Phyllostomidae): Echolocation call design and olfaction. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59(1): 12-23.
- Korine, C.; Kalko, E.K.V.; Herre, E.A. 2000. Fruit characteristics and factors affecting fruit removal in a Panamanian community of strangler figs. *Oecologia* 123(4): 560-568.

- Kunz, T.H.; Fenton, M. B. 2003. Bat Ecology. The University of Chicago Press, Chicago. 779p.
- Laska, M. 1990a. Olfactory discrimination ability in short-tailed fruit bat, *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae). Journal of Chemical Ecology 16(12): 3291-3299.
- Laska, M. 1990b. Olfactory sensitivity to food odor components in the short-tailed fruit bat, *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae, Chiroptera). Journal of Comparative Physiology A 166(3): 395-399.
- Laska, M.; Schmidt, U. 1986. Untersuchungen zur olfaktorischen orientierung bei der Brillenblattnase, *Carollia perspicillata* (Chiroptera). Zeitschrift für Säugetierkunde 51(3): 129-138.
- Lim, B.K.; Engstrom, M.D. 2001. Bat Community Structure at Iwokrama Forest, Guyana. Journal of Tropical Ecology 17(5): 647-665.
- Loayza, A.; Loiselle, B. A. 2008. Preliminary information on the home range and movement patterns of *Sturnira lilium* (Phyllostomidae) in a naturally fragmented landscape in Beni, Bolivia. Biotropica 40(5): 630-635
- Mann, G. 1951. Esquema ecologico de selva, sabana y cordillera em Bolívia. Universidad de Chile, Santiago. 236p.
- Marinho-Filho, J.S. 1991. The coexistence of two frugivorous bat species and the phenology of their food plants in Brazil. Journal of Tropical Ecology 7(1): 59-67.
- McLellan, L. J. 1984. A morphometric analysis of *Carollia* (Chiroptera: Phyllostomidae). American Museum Novitates 2791:1-35.
- Medellín, R.A.; Gaona, O. 1999. Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats of Chiapas, Mexico. Biotropica 31(3): 478-485.
- Medina, A.; Harvey, C.A.; Merlo, D.S.; Vílchez, S.V.; Hernández, B. 2007. Bat diversity and movement in an agricultural landscape in Mantiguás, Nicaragua. Biotropica 39(1): 120-128.
- Mello, M.A.R.; Kalko, E.K.V.; Silva, W.R. 2008. Movements of the bat *Sturnira lilium* and its role as a seed disperser of Solanaceae in the Brazilian Atlantic Forest. Journal of Tropical Ecology 24(2): 225-228.
- Meyer, C.F.J.; Kalko, E.K.V.; Kerth, G. 2009. Small-Scale fragmentation effects on local genetic diversity in two phyllostomid bats with different dispersal abilities in Panama. Biotropica 41(1): 95-102.

- Mikich, S.B. 2001. Frugivoria e dispersão de sementes em uma pequena reserva isolada do Estado do Paraná, Brasil. Tese (Doutorado em Zoologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Mikich, S.B. 2002. A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(1): 239-249.
- Mikich, S.B.; Bianconi, G.V.; Maia, B.H.L.N.S.; Dias, S.T. 2003. Attraction of the Fruit-Eating Bat *Carollia perspicillata* to *Piper gaudichaudianum* essential oil. *Journal of Chemical Ecology* 29(10): 2379-2383.
- Mikich, S.B.; Bianconi, G. V. 2005. Potencializando o papel dos morcegos frugívoros na recuperação de áreas degradadas. *Boletim de pesquisa florestal - Unidade Regional de Pesquisa Florestal* 1(51): 155-164.
- Mikich, S.B.; Oliveira, K.L. 2003. Revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo. *Mater Natura, FNMA, Curitiba*. 452p.
- Mikich, S.B.; Silva, S.M. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 15(1): 89-113.
- Morrison, D.W. 1978. Foraging ecology and energetics of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 59(4): 716-723.
- Morrison, D.W. 1980. Efficiency of food utilization by fruit bats. *Oecologia* 45(2): 270-273.
- Neuweiler, G. 2000. *The Biology of Bats*. Oxford Univ. Press, New York. 320p.
- Oprea, M.; Wilson, D. 2008. *Chiroderma doriae* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian Species* 816: 1-7.
- Palmerim, J.M.; Gorchov, D.L.; Stoleson, S. 1989. Trophic structure of a neotropical frugivore community: is there competition between birds and bats? *Oecologia* 79(3): 403-411.
- Pedro, W. A. 1998. Diversidade de morcegos em habitats florestais fragmentados do Brasil (Chiroptera; Mammalia). Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 128p.
- Pedro, W.A.; Passos, F.C.; Lim, B.K. 2001. Morcegos (Chiroptera; Mammalia) da Estação Ecológica de Caetetus, Estado de São Paulo. *Chiroptera Neotropical* 7(1-2): 136-140.

- Reis, A.; Zambonin, R.M.; Nakazono, E.M. 1999. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. Série Cadernos da Biosfera 14, São Paulo. 42p.
- Rieger, J.M.; Jakob, E.M. 1988. The use of olfaction in food location by frugivorous bats. *Biotropica* 20(2): 161-164.
- Rocha-Mendes, F. 2003. A utilização de óleo essencial de frutos maduros de *Piper hispidum* Swartz (Piperaceae) para atração e captura de morcegos filostomídeos (Chiroptera: Phyllostomidae), p. 83-85. *In*: Projeto Dinâmica de Fragmentos Florestais - PDBFF. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Ecologia da Floresta Amazônica.
- Sampaio, E.M.; Kalko, E.K.V.; Bernard, E.; Rodríguez-Herrera, B.; Handley Jr.; C.O. 2003. A Biodiversity Assessment of Bats (Chiroptera) in a Tropical Lowland Rainforest of Central Amazonia, Including Methodological and Conservation Considerations. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 38(1): 17-31.
- Schultze, M.D.; Seavy, N.E.; Whitacre, D.F. 2000. A comparison of the phyllostomid bat assemblages in undisturbed neotropical forest and in forest fragments of a Slash-and-Burn farming mosaic in Péten, Guatemala. *Biotropica* 32(1): 174-184.
- Silva, A.G.A.; Gaona, O.; Medellín, R.A. 2008. Diet and trophic structure in a community of fruit-eating bats in Lacandon forest, México. *Journal of Mammalogy* 89(1): 43-49.
- Simmons, N. B. 2005. Order Chiroptera, p. 312-529. *In*: D.E. Wilson & D.M. Reeder(Eds.). *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference*, 3rd ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Simmons, N.B.; Voss, R.S. 1998. The mammals of Paracou, French Guiana: a neotropical lowland rainforest. Part 1. Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 237: 1-219.
- Stockwell, E.F. 2001. Morphology and flight manoeuvrability in New World leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Zoology* 254(4): 505-514.
- Struebig, M.J.; Horsburgh, G.J.; Pandhal, J.; Triggs, A.; Zubaid, A.; Kingston, T.; Dawson, D.A.; Rossiter, S.J. 2008. Isolation and characterisation of microsatellite loci in the papillose woolly bat, *Kerivoula papillosa* (Chiroptera: Vespertilionidae). ***Conservation Genetics*** 9(3): 751-756.

- Suthers, R.A. 1970. Vision, olfaction, and taste, p. 265-309. *In*: W.A. Wimsatt (Ed.). *Biology of bats*. 2nd ed. Academic Press, New York.
- Terborgh, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forest. *Biotropica* 24(2): 283-292.
- Thies, W.; Kalko, E.K. 2004. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos* 104(2): 362-376.
- Thies, W.; Kalko, E.K.V.; Schnitzler, H.U. 1998. The roles of echolocation and olfaction in two neotropical fruit-eating bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea*, feeding on *Piper*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42(6): 397-409.
- Tres, D.R.; Sant'Anna, C.S.; Basso, S.; Langa, R.; Ribas Jr., U.; Reis, A. 2007. Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. *Revista Brasileira de Biociências* 5(1): 312-314.
- Uhl, C. 1997. Restauração de terras degradadas na Bacia Amazônica, p. 419-426. *In*: E.O. Wilson (Ed.). *Biodiversidade*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- van der Pijl, L. 1957. The dispersal of plants by bats (Chiropterochory). *Acta Botanica Neerlandica* 6: 291-315.
- van der Pijl, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. 3.ed. Springer-Verlag, New York. 214p.
- Viana, V.M.; Pinheiro, L.A.F.V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série Técnica IPEF* 12(32): 25-42.
- Willig, M.R.; Camilo, G.R.; Nobile, S.J. 1993. Dietary overlap in frugivorous and insectivorous bats from edaphic cerrado habitats of Brazil. *Journal of Mammalogy* 74(1): 117-128.
- Willig, M.R.; Presley, S.J.; Bloch, C.P.; Hice, C.L.; Yanoviak, M.M.; Díaz, M.M.; Chauca, L.A.; Pacheco, V.; Weaver, S.C. 2007. Phyllostomid bats of lowland Amazonia: effects of habitat alteration on abundance. *Biotropica* 39(6): 737-746.
- Wilson, D. E., Reeder, D. M. 2005. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. 3rd ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 2142 p.
- Wilson, D.E.; Ascorra, C.F.; Solari, S. 1996. Bats as indicators of habitat disturbance, p. 613-625. *In*: D.E. Wilson & A. Sandoval (Eds.). *Manu: The*

biodiversidade of southeastern Peru. Office of biodiversity programs. National Museum of Natural History – Smithsonian Institution, Washington.

Capítulo 1

Attraction of fruit-eating bats with essential oils of fruits: a potential tool for forest restoration¹

Abstract. Previous tests with essential oils from ripe chiropterochoric fruits suggested they can be used to attract and capture fruit-eating bats inside forest remnants. Here we evaluated the efficiency of these oils to attract frugivorous bats to open areas. We performed field tests with artificial fruits impregnated with essential oils of the genera *Piper* L. or *Ficus* L. that were attached to two groups of mist-nets set 50 m outside the border of a forest remnant. One group of artificial fruits received the corresponding oil isolated through hydrodistillation and the other received water only. Fruits with oils attracted significantly more fruit-eating bats, especially *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) that regularly crosses open habitats to reach other forest remnants. The highly significant attraction of *A. lituratus* by the oil of *Piper* was unexpected, since this bat is a specialist on *Ficus* fruits. We hypothesize that in habitats with no fruit available it is possible to attract frugivorous bats with the odor of several ripe fruit species. Furthermore, we verified that almost half of the individuals captured defecated seeds, indicating that the oils also attract recently fed bats, even when their preferred food is available nearby. This technique potentially may increase seed rain at specific locations, being particularly promising to restoration projects.

Keywords: Conservation biology, *Ficus*, forest regeneration, frugivory, fruit bats, Phyllostomidae, *Piper*, restoration ecology, seed dispersal.

¹ Capítulo disponível em: Bianconi, G.V.; Mikich, S.B.; Teixeira, S.B.; Maia, B.H.L.N.S. 2007. Attraction of fruit-eating bats with essential oils of fruits: a potential tool for forest restoration. Biotropica (Lawrence, KS), v. 39, p. 136-140.

Resumo. *Atração de morcegos frugívoros com óleos essenciais de frutos: uma ferramenta potencial para a restauração florestal.* Estudos anteriores realizados com óleos essenciais extraídos de frutos quiropterocóricos maduros sugerem que estes podem ser utilizados para atrair e capturar morcegos frugívoros no interior de remanescentes florestais. No presente trabalho nós avaliamos a eficiência destes óleos na atração de morcegos frugívoros para áreas abertas por meio de testes com dois grupos de redes-de-neblina instaladas a 50 m de distância de um fragmento florestal. Todas as redes receberam um fruto artificial (gêneros *Piper* L. ou *Ficus* L.) em sua porção mediana, mas apenas um dos grupos recebeu o óleo correspondente isolado por hidrodestilação; o outro recebeu somente água destilada. Os frutos com óleo atraíram significativamente mais morcegos frugívoros, especialmente *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818). A atração altamente significativa desta espécie pelo óleo de *Piper* foi inesperada, considerando que este morcego é especialista em frutos de *Ficus*. Conseqüentemente, nós sugerimos que em habitats com nenhum fruto disponível é possível atrair morcegos frugívoros com o odor de diversas espécies de frutos maduros. Além disso, quase a metade dos morcegos capturados defecou sementes, indicando que os óleos também atraem indivíduos que se alimentaram recentemente, até mesmo quando seu alimento preferencial encontra-se disponível nas proximidades. Esta técnica tem o potencial de incrementar a chuva de sementes em locais específicos, sendo particularmente promissora para projetos de restauração florestal.

Palavras-chave: conservação biológica, dispersão de sementes, ecologia da restauração, *Ficus*, frugivoria, morcegos frugívoros, Phyllostomidae, *Piper*, regeneração florestal.

Introduction

Fruit consumption and seed dispersal through bat feces are fundamental for the reproductive success of the consumed plants, the maintenance of forests, and the recovery of degraded areas (Fleming & Sosa 1994, Garcia *et al.* 2000). Through seed dispersal bats influence the structure of the vegetation of the plant species they consume and disperse (Fleming & Heithaus 1981). Such service is favored by the rapid passage of seeds through the gut of frugivorous bats (approximately 30 min for some species) (Fleming 1988), as well as the large distances that bats often travel, visiting different habitats and sites in a single night (e.g. Fleming 1988, Estrada & Coates-Estrada 2002, Bernard & Fenton 2003).

In the Neotropical region fruit-eating bats belong to the Family Phyllostomidae, which has 160 species (Simmons 2005) with high capacity of environmental perception. The importance of odor in the location of food resources by phyllostomid bats has been cited in the literature since the middle of the twentieth century (e.g. Mann 1951, van der Pijl 1957, Fleming 1988). Some authors (Rieger & Jacob 1988, Thies *et al.* 1998, Mikich *et al.* 2003, Korine & Kalko 2005) have shown that olfaction was the primary sense employed by some species to detect and/or locate ripe fruits. In addition, Mikich *et al.* (2003) verified that it was possible to attract *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) (short-tailed fruit bat) using just the essential oil isolated from ripe fruits of *Piper gaudichaudianum* Kunth (Piperaceae).

The fruit-eating bats of the genera *Artibeus* Leach, 1821, *Carollia* Gray, 1838 and *Sturnira* Gray, 1842 exhibit a strong preference for a restricted group of chiropterochoric fruits. According to previous studies (e.g. Bonaccorso 1979, Fleming 1985, Palmerim *et al.* 1989, Handley *et al.* 1991, Kalko *et al.* 1996, Iudica & Bonaccorso 1997, Wendeln *et al.* 2000), *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (great fruit-eating bat) prefers fruits of *Ficus* spp., while *Carollia perspicillata* prefers those of *Piper* spp., and *Sturnira lilium* (E. Geoffroy, 1810) (little yellow-shouldered bat) those of *Solanum* spp. Such preferences were also observed in the study area (Mikich 2002).

Based on the results obtained by Mikich *et al.* (2003), the use of the essential oils of these fruit species has the potential to attract fruit-eating bats to open or degraded forest areas, improving seed rain from bat feces and, consequently, accelerating plant succession. In this study we present the results of field tests designed to measure the efficiency of essential oils in the attraction of fruit-eating bats to agricultural fields surrounding Atlantic Forest habitat islands in southern Brazil.

Methods

Study Area

We conducted this study in an agricultural field (corn and soybean) located next to the Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo (PEVR) (23°55 S –51°57 W), Fênix, Paraná state, Southern Brazil. The PEVR is a small (354 ha) Atlantic Forest isolate limited by cultivated fields and two large rivers, the Ivaí and the Corumbataí. The relief is smooth and the mean altitude is 330 m; climate is *Cfa* (classification after Koeppen) with annual mean temperatures between 16 °C and 29 °C (ITCF 1987, Mikich & Oliveira 2003). Annual rainfall ranges between 1400 and 1500 mm, mostly concentrated between December and March (Mikich & Oliveira 2003).

At present, the study region, which was once covered by continuous forest, holds few forest isolates up to 800 ha surrounded by extensive areas of agriculture (especially corn and soybean) and degraded riparian forests. The limits of the PEVR with the cultivated areas that surround it are very abrupt, with no buffer zone, and the fields themselves lack bushes or trees. Detailed descriptions of our study area and its plant species, including phenological data, can be found in Mikich and Silva (2001) and Mikich and Oliveira (2003).

Plant species and phenology

The family Piperaceae (pepper family) has six genera and approximately 2000 species distributed both in the tropical and subtropical regions (Judd *et al.* 1999). Pepper plants of the pantropical genus *Piper* L. are shrubs or small trees relatively common as pioneer species in regeneration areas, but they also occur in forest understory, edges, and gaps (Fleming 1988, Thies *et al.* 1998). *Piper* fruits are typically chiropterocorous: they exhibit strong odor and dull color, are presented beyond the foliage (van der Pijl 1957, Yuncker 1972), and some species ripen in late afternoon (Thies *et al.* 1998, Thies & Kalko 2004, S.B.M. pers. obs.).

In the PEVR the genus *Piper* has nine species distributed along roads, trails, forest interior, and edges. *Piper gaudichaudianum*, one of the most abundant species in this preserve, has curved fruits measuring 100 x 6 mm, holding up to 2000 seeds of 1.0 x 0.8 mm. It has two annual peaks of fruit availability, the most intense one between November and February (wet season) and the other between May and July (dry season) (Mikich & Silva 2001). *Piper crassinervium* H.B. & K., less abundant in the study area, has fruits measuring 100 x 10 mm, containing up to 3000 seeds of 1.3 x 1.5 mm. It also exhibits two annual peaks of fruit

production, the first between March and May (beginning of the dry season), and the other between September and November (beginning of the wet season) (Mikich & Silva 2001).

The genus *Ficus* L. exhibits intrapopulation as well as intertree asynchronous flowering and fruiting, yet there is strong intratree synchronous flowering and fruiting, which produces a large fruit crop over a brief period of time (Morrison 1978, Janzen 1979, Cosson *et al.* 1999, Wendeln *et al.* 2000). According to Mikich and Silva (2001) there are six *Ficus* species in the PEVR, all low to medium density forest trees. *Ficus insipida* Willd. is one of the more common fig species in the study region. It has fruits measuring 24 x 23 mm, containing 100 to 300 seeds of 2.1 x 1.4 mm each. Fruits of this and/or other fig species are available all year round in the study region (Mikich & Silva 2001).

Essential oil isolation

We collected ripe chiropterochoric fruits in the PEVR, isolated the essential oils through hydrodistillation using a modified Clevenger for 4 hours, and stored the oils in frozen vials until the field tests. We used the essential oils of *Piper gaudichaudianum* in September 2002, October 2002 and January 2003, *P. crassinervium* in July 2002, and *Ficus insipida* in August 2002 and April 2003. The oils were always diluted in distilled water (approximately 17.5 mg/ml) and different species were used according to their availability in the laboratory.

Field experiment

We employed 10 mist-nets set 50 m away from the forest edge and parallel to it to evaluate the efficiency of the essential oils in the attraction of fruit-eating bats to open areas outside a forest remnant (PEVR). The nets were grouped into two sets of five, with 50 m between the sets, in order to verify whether the application of the oil in one set would produce a significant (X^2 test, $df = 1$) higher capture of fruit-eating bats. To avoid bias, each night a different set received the oil.

We shaped artificial fruits of the plant species tested in green foam and put one in the midpoint of each net. All nets, in both sets, received one artificial fruit but the fruits were impregnated with the corresponding essential oil in only one set; fruits of the other set were impregnated with distilled water only.

Since all mist-nets had an artificial fruit as a visual cue, we were able to measure the effect of odor alone in the capture of bats. We opened the nets (12 x 2.5 m, 60 mm mesh) at sunset, checked them every 15 minutes, and closed them after 6 hours of exposure. We performed the tests in July (one night), August (two), September (two) and October 2002 (three), plus January (one) and April 2003 (three), totaling 12 nights of test or 21600 m².h (see Straube & Bianconi 2002). We emphasize that this capture schedule (months and number of nights) was determined by the availability of intercrop bare soil (when the soybean or the corn were grown up we could not work), as well as climatic conditions since rain probably interferes with the oil efficiency. Consequently we conducted no test during rainy nights.

All captured bats were identified to species and had the net set recorded. Individuals were kept inside cotton bags for at least 2 h to collect fecal samples. Each sample was examined for seeds, which were isolated and identified based on a reference collection of the study area (Mikich 2001, 2002).

Results

We had captured 112 frugivorous bats belonging to six species: *Artibeus lituratus*, *A. jamaicensis* Leach, 1821, *A. fimbriatus* Gray, 1838, *Sturnira lilium*, *Carollia perspicillata*, and *Chiroderma villosum* Peters, 1860. All species except for *A. lituratus* ($N = 102$, 91% of all captures) were represented by few individuals (Table 1), thus preventing analysis of data for each species separately. All bat taxa, however, had higher capture rates in nets with oils. When all species were pooled, 79 fruit-eating bats were captured in nets with oil, while nets without oil captured only 33 ($\chi^2 = 18.89$, $P < 0.0001$).

For *A. lituratus*, we performed a specific analysis of the tests with *Ficus insipida* and *Piper gaudichaudianum* (number of captured individuals 65 and 35, respectively). Of the 65 *A. lituratus* captured during the tests with *F. insipida*, 42 (65%) were captured in nets with oil and 23 (35%) in nets without oil, indicating a significant ($\chi^2 = 5.55$, $P = 0.0184$) preference for the former. Moreover, of the 35 individuals captured with *P. gaudichaudianum* essential oil, 28 (80%) were captured in nets with oil and only seven in nets without it ($\chi^2 = 12.60$, $P = 0.0004$). Therefore, the use of essential oils of chiropterochoric fruits increased bat capture rate. Forty-seven out of the 102 *A. lituratus* captured during the tests defecated one or more seeds (up to 100) inside the cotton bags.

Seven (58%) of the 12 fecal samples from bats captured during the tests with the essential oil of *P. gaudichaudianum* contained seeds of *Ficus* spp. (*Ficus insipida*, *F. glabra* Vell. or *F. luschnathiana* Miq.), four samples (33%) contained seeds of *Cecropia glaziovii* Sneth., and one (9%) of *Maclura tinctoria* (L) D. Don ex Steud. Consumption of *Ficus* seeds by *A. lituratus* was also observed during the tests with *F. insipida* oil, since 25 (71%) out of 35 fecal samples examined had seeds of *Ficus* spp. (*Ficus insipida* or *F. guaranitica*), five (14%) had seeds of *Maclura tinctoria*, three (9%) of *Cecropia pachystachya* Trécul, and two (6%) of *Piper* sp. (*Piper hispidum* Sw. or *P. gaudichaudianum*).

Table 1. Number of frugivorous bats captured during field tests with essential oils of chiropterochoric fruits performed between July 2002 and April 2003 in a cultivated field next to the Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, Paraná state, Brazil.

Bat species	Plant species						Total
	<i>P. gaudichaudianum</i>		<i>P. crassinervium</i>		<i>Ficus insipida</i>		
	with oil	without oil	with oil	without oil	with oil	without oil	
<i>Artibeus lituratus</i>	28	7	1	1	42	23	102
<i>Artibeus jamaicensis</i>	1	0	0	0	1	0	2
<i>Artibeus fimbriatus</i>	0	0	0	0	1	1	2
<i>Sturnira lilium</i>	0	0	2	1	0	0	3
<i>Carollia perspicillata</i>	1	0	0	0	1	0	2
<i>Chiroderma villosum</i>	0	0	0	0	1	0	1
Total	30	7	3	2	46	24	112

Discussion

Although the use of the essential oils had produced differential capture rates, the highly significant attraction exhibited by *P. gaudichaudianum* oil upon *A. lituratus* was not expected since *Piper* spp. are not the preferred food item of this bat genus. Furthermore, when the essential oil of *P. gaudichaudianum* was previously used in tests performed within the PEVR (see Mikich *et al.* 2003), 67 *Artibeus* spp. were captured but exhibited no positive response to the oil.

Therefore, we believe that in habitats with no zoochoric fruit available, as in the agricultural land that surrounds the PEVR, fruit-eating bats are attracted by the odor of several fruit species, and not just preferred fruits. Inside the forest remnants, due to the higher diversity of chiropterochoric fruit, bats may be more selective with regard to food. An alternative explanation would be a temporary unavailability of *Ficus* fruits within the PEVR when the three tests with *P.*

gaudichaudianum oil were performed. Analysis of fecal samples of *A. lituratus* captured during the tests with *P. gaudichaudianum*, however, revealed that most samples contained seeds of three of the six *Ficus* species that exist in the PEVR. Additionally, high levels of fig consumption by *A. lituratus* observed during the tests with the oil of *F. insipida*, proved that one or more species of *Ficus* were available during the tests. The presence of seeds in the fecal samples of bats captured during the tests with the oils of chiropterochoric fruit species indicates that recently fed bats are attracted by such baits, making the proposed technique potentially effective in forest restoration programs.

Because fig production is asynchronous within populations and, in our study region, trees occur at low density in different forest fragments (Mikich & Silva 2001), we believe that the high number of the fig specialist (*A. lituratus*) captured in the cultivated field was associated with a foraging pattern that included frequent movements within and between forest fragments. The results obtained for *Carollia perspicillata* by Bianconi (2003), who conducted a bat-banding program in this region, revealed that this species has small feeding areas, probably in response to the abundance of preferred food items, like *Piper* spp. (Mikich & Silva 2001), inside the forest isolates. Such behavior could explain why few *C. perspicillata* were captured during the field tests, despite this species being common in the study region.

Although the tests were performed inside an agricultural field only 50 m away from a forest border, we believe the results may also be valid for larger distances since bats (especially larger species such as *Artibeus* spp.) frequently move between forest fragments (Cosson *et al.* 1999, Estrada & Coates-Estrada 2002, Bianconi *et al.* 2004). Preliminary results from other trials suggest that the oils attract bats even when applied as far as 700 m away from the forest.

The essential oils of chiropterochoric fruit species can be used to attract frugivorous bats to specific locations within an altered matrix, especially those species that often cross open areas to reach other forest isolates in the search of food and other resources. This finding could significantly increase the qualitative and quantitative seed rain within these habitats. Foraging bats attracted by the odor of a supposed food source (essential oil) would spend some time flying around the odor source, increasing the probability of defecating in the vicinity (considering that seed passage is relatively fast and that recently fed bats are attracted by the essential oils). Consequently, the proposed technique has potential use for the restoration of degraded forests within agricultural or pasture land, where the seed

bank is usually poor. Future isolation of the active ingredients will allow the wide use of the proposed technique in forest restoration programs.

Acknowledgments

We thank *Mater Natura*—Instituto de Estudos Ambientais and Fundo Estadual do Meio Ambiente for providing financial support to conduct these experiments; Instituto Ambiental do Paraná and Mr. A. Santiago Lago for permitting the development of this study in their properties; and Fabiana Rocha-Mendes, Carlos Eduardo Conte, Janael Ricetti, Reginaldo Assêncio Machado, and Peter for helping in the field work. We also thank two anonymous reviewers and Elisabeth Kalko for criticisms and suggestions on earlier drafts.

Literature Cited

- Bernard, E., and M. B. Fenton. 2003. Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 35(2): 262-277.
- Bianconi, G. V. 2003. Diversidade e deslocamentos de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em remanescentes florestais do noroeste do Paraná, Brasil. Máster thesis. Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.
- Bianconi, G. V., S. B. Mikich, and W. A. Pedro. 2004. Diversidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em remanescentes florestais do município de Fênix, noroeste do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21(4): 943-954.
- Bonaccorso, F. J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences* 24(4): 359-408.
- Cosson, J., J. Pons, and D. Masson. 1999. Effects of forest fragmentation on frugivorous and nectarivorous bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 15(4): 515-534.
- Estrada, A., and R. Coates-Estrada. 2002. Bats in continuous forests?, forest fragments and in a agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 103(2): 237-245.
- Fleming, T. H. 1985. Coexistence of five sympatric *Piper* (Piperaceae) species in a tropical dry forest. *Ecology* 66(3): 688-700.
- Fleming, T. H. 1988. *The Short-tailed Fruit Bat: a study in plant-animal interactions*. University of Chicago Press, Chicago.

- Fleming, T. H., and E. R. Heithaus. 1981. Frugivorous bats, seed shadows and the structure of tropical forests. *Biotropica* 13(Supplement): 45-53.
- Fleming, T. H., and V. J. Sosa. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy* 75(4): 845-851.
- Garcia, Q. S., J. L. P. Rezende, and L. M. S. Aguiar. 2000. Seed dispersal by bats in a disturbed area of Southeastern Brazil. *Revista de Biologia Tropical* 48(1): 125-128.
- Handley Jr., C. O., A. L. Gardner, and D. E. Wilson. 1991. Food habits. In C. O. Handley Jr., D. E. Wilson and A. L. Gardner (Eds.). *Demography and natural history of the common fruit bat, *Artibeus jamaicensis*, on Barro Colorado Island, Panamá*, pp. 141-146. Smithsonian Contributions to Zoology 511, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- ITCF (Instituto de Terras, Cartografia e Florestas). 1987. Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Rica do Espírito Santo, Fênix, PR. ITCF, Curitiba, Paraná.
- Iudica, C. A., and F. J. Bonaccorso. 1997. Feeding of the bat, *Sturnira lilium*, on fruits of *Solanum riparium* influences dispersal of this pionner tree in forests of northwestern Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 32(1): 4-6.
- Janzen, D. H. 1979. How to be a fig. *Annual Review of Ecology* 10(1): 13-51.
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellog, and P. F. Stevens. 1999. *Plant systematics: a phylogenetic approach*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA.
- Kalko, E. K. V., E. A. Herre, and C. O. Handley. 1996. The relation of fig fruit syndromes to fruit-eating bats in the New and Old World tropics. *Journal of Biogeography* 23(4): 565-576.
- Korine, C., and E. K. V. Kalko. 2005. Fruit detection and discrimination by small fruit eating bats (Phyllostomidae): echolocation call design and olfaction. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59(1): 12-23.
- Mann, G. 1951. *Esquema ecologico de selva, sabana y cordillera em Bolívia*. Universidad de Chile, Santiago.
- Mikich, S. B. 2001. *Frugivoria e dispersão de sementes em uma pequena reserva isolada do Estado do Paraná, Brasil*. PhD thesis. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- Mikich, S. B. 2002. A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(1): 239-249.
- Mikich, S. B., and S. M. Silva. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 15(1): 89-113.
- Mikich, S. B., and K. L. de Oliveira. 2003. Revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo. *Mater Natura/FNMA*, Curitiba.
- Mikich, S. B., G. V. Bianconi, B. H. L. N. S. Maia, and S. D. Teixeira. 2003. Attraction of the fruiteating bat *Carollia perspicillata* to *Piper gaudichaudianum* essential oil. *Journal of Chemical Ecology* 29(10): 2379-2383.
- Morrison, D. W. 1978. Influence of habitat on the foraging distances of the fruit bat, *Artibeus jamaicensis*. *Journal of Mammalogy* 59(3): 622-624.
- Palmerim, J. M., D. L. Gorchoy, and S. Stoleson. 1989. Trophic structure of a neotropical frugivore community: is there competition between birds and bats? *Oecologia* 79(3): 403-411.
- Rieger, J. M., and E. M. Jakob. 1988. The use of olfaction in food location by frugivorous bats. *Biotropica* 20(2): 161-164.
- Simmons, N. B. 2005. Order Chiroptera. In D. E. Wilson and D. M. Reeder (Eds.). *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference*, 3rd edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Straube, F. C., and G. V. Bianconi. 2002. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. *Chiroptera Neotropical* 8(1-2): 150-152.
- Thies, W., E. K. V. Kalko, and H. U. Schnitzler. 1998. The roles of echolocation and olfaction in two Neotropical fruit-eating bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea*, feeding on *Piper*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42(6): 397-409.
- Thies, W., and E. K. V. Kalko. 2004. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos* 104(2): 362-376.
- van der Pijl, L. 1957. The dispersal of plants by bats (chiropterochory). *Acta Botanica Neerlandica* 6(1): 291-315.

- Wendeln, M. C., J. R. Runkle, and E. K. V. Kalko. 2000. Nutritional values of 14 fig species and bat feeding preferences in Panama. *Biotropica* 32(3): 489-501.
- Yuncker, T. G. 1972. The Piperaceae of Brazil I. *Piper*. *Hoehnea* 2: 19-366.

Capítulo 2

Atração de morcegos com óleos essenciais de frutos em áreas degradadas da Floresta Atlântica do sul do Brasil

Abstract. *Attraction of bats to degraded areas of South Atlantic Forest in Brazil with fruit essential oils.* In this study we evaluate the effectiveness of using fruit essential oils to attract bats to degraded areas within the Brazilian South Atlantic Rain Forest. We installed eight 20 x 20 m induction units (IU), each consisted of rubber septum impregnated with essential oils from ripe chiropterochoric fruits, and the respective control units (without the oil) in a number of locations in a pasture and agricultural field (corn, soybean) in the Brazilian South Atlantic Forest. We tested the hypothesis that areas with IU impregnated with the fruit odor would have larger animal activity for a longer period of time when compared to the control units. To test this hypothesis we monitored, on a monthly basis, bat flight activity with night vision infrared visors in each location from August 2006 to July 2007. We also verified the probability of arrival of chiropterochoric seeds by analyzing the diet of frugivorous bats captured in a contiguous forest area. The initial hypothesis that units with odor would lead to a greater activity of animals was confirmed. Capture data indicated a rich community of fruit-eating phyllostomid bats, and dietary analysis revealed a huge potential for dispersion of a vast amount of seeds from different plant species at the IU. Although our study does not reveal with certainty which species are attracted to the oil, the flying patterns coincide with those described for the foraging behavior of fruit-eating phyllostomid. Furthermore, the fact that the bats spend more time flying around the odor source, when compared to flying time around control units, suggest an increase in seed rain. Taken together, these results suggested that the use of essential oils from chiropterochoric fruits odor induces a qualitative and quantitative increase in seed dispersal in areas that otherwise would have been remained as an agricultural matrix.

Keywords: bat attraction, diet of frugivorous bats, forest conservation and restoration, fruit-eating bats, fruit odors, seed dispersal.

Resumo. Neste estudo nós avaliamos a eficiência dos óleos essenciais de frutos quiropterocóricos maduros na atração de morcegos para áreas degradadas da Floresta Atlântica do sul do Brasil. Para tanto, nós instalamos oito unidades de indução (UI) (20 x 20 m), que consistem em parcelas contendo um septo de borracha cada, impregnados com óleos de frutos, e seus respectivos controles (UC) (sem atrativo odorífero) contíguos, em pontos selecionados na matriz de pasto e agricultura (soja e milho). Nós testamos a hipótese de que as UI teriam maior movimentação de indivíduos, quando comparadas às UC. A frequência de sobrevôos de morcegos em cada parcela foi avaliada mensalmente (Agosto de 2006 a Julho de 2007) por meio de sessões de observação (visual e direta) com visores de infravermelho. O potencial de chegada de sementes quiropterocóricas nesses locais foi inferido por meio da análise da dieta de morcegos frugívoros capturados em uma área florestal contígua. A hipótese inicial de que as unidades com odor de frutos teriam maior atividade de morcegos foi confirmada. Os dados de captura indicaram uma quiropteroфаuna diversificada em filostomídeos frugívoros, e a análise da dieta um alto potencial de dispersão de uma grande quantidade de sementes de diferentes espécies de plantas. Embora nosso estudo não revele claramente quais as espécies atraídas pelos óleos, os padrões de vôo observados coincidem com aqueles descritos para o comportamento de forrageio de alguns filostomídeos frugívoros. Além disso, o fato dos morcegos gastarem mais tempo voando em torno da fonte de odor, quando comparado com as UC, sugere um aumento na chuva de sementes no local. Juntos, esses resultados sugeriram que os óleos essenciais de frutos quiropterocóricos maduros induzem a um aumento qualitativo na dispersão de sementes em áreas que, de outra forma, manter-se-iam como uma matriz agropecuária.

Palavras-chave: atração de morcegos, conservação e restauração florestal, dieta de morcegos frugívoros, dispersão de sementes, morcegos frugívoros, odor de frutos.

Introdução

A fragmentação dos habitats é uma das principais causas do decréscimo da biodiversidade nas regiões tropicais (Terborgh 1992, Janzen 1994). Este é um fenômeno invariavelmente associado à expansão demográfica, marcada pelo avanço das fronteiras agrícolas e da pecuária sobre as florestas nativas (Viana *et al.* 1997).

Quando a supressão florestal se dá de forma extensiva e rápida em habitats heterogêneos e com alto nível de endemismo, os efeitos são desastrosos (Wilson *et al.* 1996). Cenários como estes costumam evidenciar declínios acentuados na abundância e riqueza de diversos grupos de organismos, ou até mesmo processos de extinção em massa (Terborgh 1992, Ehrlich 1997, Myers 1997).

Considerado um dos ecossistemas mais ricos do mundo em espécies e endemismos, a Floresta Atlântica sofre a pressão de um enorme contingente populacional (mais de 120 milhões de pessoas) e os impactos de suas ações (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2008). Hoje, mais de 92% (cerca de 1.200.000 km²) da paisagem original (Campanili & Prochnow 2006) é tipicamente representada por mosaicos de pasto e agricultura que cercam remanescentes florestais, em geral pequenos. As consequências dessa conversão florestal são grandes e comprometem não só a diversidade biológica. Problemas socialmente relevantes têm sido considerados no contexto, como por exemplo, a depreciação do solo, a diminuição na qualidade e disponibilidade de água, ou mesmo a ocupação de áreas impróprias para agricultura e/ou protegidas por lei (e.g. Urban 1998, Braga *et al.* 2002, Miranda & Gambarini 2003, Young & Lustosa 2003). São questões como estas que incentivam alguns pesquisadores a buscar estratégias para a restauração da paisagem e a manutenção mínima dos processos ecológicos (e.g. Reis *et al.* 1999, 2003, Tres *et al.* 2007, Bianconi *et al.* 2007, Viani *et al.* 2007, Kelm *et al.* 2008).

Os mecanismos de dispersão de sementes e a distância para uma boa fonte de propágulos são fatores limitantes à recuperação florestal em áreas abertas (Aide & Cavelier 1994, Uhl 1997, Galindo-González *et al.* 2000, Jordano *et al.* 2006). Em algumas situações, a chegada de propágulos é tão pequena que qualquer fator intrínseco à paisagem (i.e. taxa de predação, competição com a vegetação já estabelecida, clima e solo adversos) pode comprometer os processos de germinação e o estabelecimento de plântulas (v. Gandolfi *et al.* 2007, Uhl 1997). Dentre os agentes dispersores, os vertebrados se destacam por sua marcada influência nas características florísticas, estruturais e funcionais das comunidades vegetais, inclusive em áreas restauradas (Silva

2003, Gandolfi *et al.* 2007). Estima-se que de 50 a 90% das árvores e quase todos os arbustos nas florestas tropicais possuem frutos adaptados (zoocóricos) para atrair vertebrados (Howe & Westley 1988). Embora vários grupos animais (aves, primatas, ungulados, morcegos) possam se comportar como vetores de sementes (Jordano 2000), os morcegos frugívoros se destacam pela forma complexa com que interagem com a paisagem, incluindo a fragmentada (Estrada & Coates-Estrada 2002, Bianconi *et al.* 2006, Medina *et al.* 2007). Sabe-se, por exemplo, que alguns morcegos da família Phyllostomidae percorrem longas distâncias entre seu local de abrigo diurno e o sítio de alimentação (Fleming & Heithaus 1981). Por defecarem enquanto voam, podem influenciar sobremaneira a distribuição espacial das sementes em áreas de pastagens e agriculturas abandonadas, exercendo, assim, importante papel em sua recuperação (Marinho-Filho 1991, Galindo-González *et al.* 2000).

Há várias sugestões na literatura de que o olfato seja o principal sentido utilizado por algumas espécies dessa família para detectar e/ou localizar frutos maduros (Rieger & Jacob 1988, Thies *et al.* 1998, Mikich *et al.* 2003, Korine & Kalko 2005, Bianconi *et al.* 2007). Mikich *et al.* (2003) e Bianconi *et al.* (2007) confirmaram esta hipótese para *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) e *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) – espécies comuns na região neotropical e exímias dispersoras de plantas pioneiras (Fleming 1988, Willig *et al.* 2000, Giannini & Kalko 2004) – por meio de experimentos com óleos essenciais isolados de frutos quiropterocóricos. Os primeiros resultados dessa pesquisa demonstraram ser possível atrair e capturar indivíduos de *C. perspicillata* no interior de florestas, quando redes-de-neblina são tratadas com óleos isolados de seus frutos preferenciais, no caso, piperáceas (Mikich *et al.* 2003). Posteriormente, Bianconi *et al.* 2007 comprovaram a eficiência dos óleos (gêneros *Piper* L., *Solanum* L. e *Ficus* L.) na atração e captura de espécies frugívoras em áreas degradadas, desprovidas de recursos e a diferentes distâncias de remanescentes florestais.

Com base nesses estudos, os autores propuseram uma nova ferramenta para conservação, na qual os morcegos frugívoros poderiam ser atraídos para áreas degradadas por meio dos óleos essenciais, o que incrementaria a chuva de sementes e, conseqüentemente, aceleraria o processo de sucessão florestal. A idéia parte do princípio de que os animais, uma vez atraídos pelo odor de uma suposta fonte de alimento (óleo essencial), gastariam algum tempo em vôo em torno dessa fonte, aumentando a probabilidade de defecação na área – um “serviço” favorecido pela elevada capacidade de deslocamento de muitas espécies frugívoras (Estrada & Coates-Estrada 2002, Bernard & Fenton 2003,

Bianconi *et al.* 2006) e pela rápida passagem das sementes por seu trato digestivo (Fleming 1988).

Neste artigo, nós testamos a eficiência dos óleos essenciais de frutos quiropterocóricos maduros, também em áreas abertas, porém com o uso de unidades de indução. Estas unidades consistem em parcelas contendo septos de borracha impregnados com essas substâncias, as quais são liberadas continuamente (ver métodos para maiores detalhes). No experimento, nós avaliamos a movimentação dos morcegos em unidades com e sem o atrativo, e testamos a hipótese de que as unidades com o odor de frutos teriam maior movimentação de indivíduos, mantendo-os por mais tempo em vôo sobre a parcela. O potencial de chegada de sementes quiropterocóricas nesses locais foi inferido por meio da análise da dieta de morcegos frugívoros capturados em uma área florestal contígua.

Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo (PVR) (23°55'S-51°57'W) e áreas de pasto e agricultura abandonadas (23°56'S-51°56'W) em seu entorno, no município de Fênix, estado do Paraná, sul do Brasil (Figura 1), no período de agosto de 2006 a julho de 2007. A altitude média da região é de 330 m e o clima é Cfa ou subtropical úmido mesotérmico (classificação de Koeppen), com temperaturas médias anuais entre 16 °C e 29 °C e precipitação anual entre 1.400 e 1.500 mm. Apresenta tendência de concentração de chuvas entre os meses de dezembro e março, sem estação seca definida (ITCF 1987, Mikich & Oliveira 2003).

A vegetação remanescente está inserida nos domínios da Floresta Atlântica (*lato sensu*), em seu ecossistema Floresta Estacional Semidecidual (Veloso *et al.* 1992). São fragmentos de diferentes tamanhos (menores que 600 ha), estruturas e históricos de exploração, isolados por extensas áreas agrícolas (milho, soja e cana-de-açúcar), algumas pastagens e matas ciliares degradadas. O PVR possui 354 ha de floresta secundária, limitada pela matriz alterada e pelos rios Ivaí e Corumbataí (Figura 1). Em função do tempo de desenvolvimento (aproximadamente 380 anos), a vegetação assemelha-se em muitos aspectos às florestas primárias alteradas da região. Para uma descrição mais detalhada, incluindo composição de espécies, fenologia e histórico de ocupação, ver Mikich & Silva (2001) e Mikich & Oliveira (2003).

Espécie de planta e isolamento do óleo essencial

Óleos essenciais foram isolados de frutos maduros de *Piper gaudichaudianum* (Kunth) (Piperaceae) coletados à medida que estavam disponíveis no PVR. O gênero *Piper* é tipicamente quiropterocórico, exibindo forte odor, coloração discreta, exposição além das folhas (van der Pijl 1957, Yuncker 1972), e algumas espécies amadurecem no final da tarde (Thies & Kalko 2004, S.B.Mikich com.pess.). Nos remanescentes florestais da região, é representado por nove espécies distribuídas ao longo de estradas, trilhas, clareiras e interior da floresta (Mikich & Silva 2001). Segundo os autores, *P. gaudichaudianum* é uma das espécies mais comuns na área de estudo, tendo seu principal pico de frutificação entre novembro e fevereiro, seguido por um pico secundário, entre maio e julho. A escolha desta planta ocorreu em função de seu registro freqüente de consumo pelos morcegos frugívoros da região (cf. Mikich 2002, Bianconi *et al.* 2004, Bianconi *et al.* 2006) e pela boa base de dados químicos e ecológicos levantados, como a identificação de seus componentes (Teixeira 2003) e resultados positivos na atração e captura de morcegos em experimentos com óleos essenciais (Mikich *et al.* 2003, Bianconi *et al.* 2007).

O isolamento do óleo foi realizado por meio de técnica de hidrodestilação com um aparelho de Clevenger modificado segundo a farmacopéia alemã (Deutsches Arzneibuch 10, 1991), processando-se 300 gramas de fruto por 4 horas. O produto de cada extração foi armazenado em ampola e preservado em freezer até o seu uso. Todo procedimento foi realizado por químicos da *Embrapa Florestas*, sob a coordenação da Dra. Maria Lucia Ferreira Simeone.

Protocolo experimental

As unidades de indução (UI) consistiram de estações de cheiro, onde um septo de borracha natural (Aldrich® Z100714 - 7 mm) foi impregnado com óleo essencial diluído em éter (aproximadamente 17,5 mg/ml) e pendurado numa estaca de bambu (altura aproximada de 1,8 m) no centro da unidade. O protocolo consistiu na instalação de oito dessas unidades (20 x 20 m) e seus respectivos controles (UC) (sem atrativo odorífero) contíguos, em pontos selecionados na matriz de pasto e agricultura (soja e milho) (Figura 1). As distâncias entre as unidades variaram de 310 a 2410 m e destas para o PVR, de 470 a 2340 m.

Buscando avaliar a freqüência de sobrevôos de morcegos em cada parcela, sessões de observação (visual e direta) com visores de infravermelho (ATN Night

Scout e filmadora Sony DCR-HC28) foram conduzidas mensalmente por um único observador, durante quatro noites. Mesmo assumindo que os septos liberariam continuamente o odor de frutos maduros por alguns dias, a troca do atrativo foi efetuada nos primeiros minutos que antecederam as observações mensais, potencializando seu efeito.

O esforço ocorreu preferencialmente em noites consecutivas de lua minguante ou nova, entre a terceira e a sexta hora após o ocaso – período considerado como de maior atividade de filostomídeos frugívoros (e.g. Reis 1984, Pedro & Taddei 2002, Aguiar & Marinho-Filho 2004), inclusive para a área de estudo (dados pessoais). Duas amostras (20 min cada) descontínuas por unidade foram tomadas a cada mês, invertendo-se a ordem de início. Sempre que possível a frequência e os detalhes do comportamento de forrageio dos morcegos (p.ex.: tipo de vôo, direção, tempo) foram documentados (cf. Thies *et al.* 1998, Korine & Kalko 2005).



Figura 1. Localização geográfica das oito unidades experimentais (quadrados) instaladas em áreas de pastagem e agricultura, e da parcela florestal (círculo) (Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo) amostrada com redes-de-neblina, no município de Fênix, estado do Paraná, sul do Brasil, no período de agosto de 2006 a julho de 2007.

Captura de morcegos e análise da dieta

Para avaliar a composição e a dieta de morcegos frugívoros nas proximidades das unidades experimentais, simultaneamente foram conduzidas capturas com redes-de-neblina no PVR. Para tanto, utilizou-se dez redes (12 x 2,5 m, nylon, cor preta) dispostas de forma linear e seqüencial numa trilha pré-existente em seu interior; estas foram abertas ao entardecer, revisadas em intervalos de 20-30 minutos e fechadas após seis horas de exposição. Assim, foram acumuladas 24 sessões de rede (duas sessões por mês), num esforço de captura de 43.200 m².h, calculado de acordo com Straube & Bianconi (2002).

Os animais obtidos foram identificados, mantidos em sacos de algodão por no mínimo quatro horas para coleta de fezes e, posteriormente, soltos no mesmo local da captura. As amostras fecais foram triadas e suas sementes identificadas no menor nível taxonômico possível, utilizando como base uma coleção de referência disponível para a área de estudo.

Análise dos dados

Tratamentos estatísticos preliminares não revelaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as variáveis (mês, amostras/unidade e localização espacial das parcelas), sendo os dados então agrupados para análise. A comparação entre as freqüências de sobrevivências nas UI e controles foi realizada por meio de testes de diferenças entre médias, não paramétricos, assumindo que as parcelas eram pareadas (Wilcoxon pareado) (Zar 1999). As análises e a confecção dos gráficos foram efetuadas no programa Statistica (Statsoft) e os resultados foram considerados significativos quando o $P < 0,05$.

Resultados

Sobrevivências nas unidades experimentais

O protocolo proposto permitiu registrar um número elevado de sobrevivências de morcegos nas unidades experimentais, bem como documentar alguns comportamentos de forrageio frente ao atrativo odorífero. Ao final do estudo, foram realizados 7680 minutos de observações, com 320 minutos mensais em cada conjunto de unidade (UI e UC). O número total de sobrevivências foi de 1522, sendo o valor acumulado para as UI ($n = 1005$) significativamente maior ($Z = 3,06$, $P = 0,002$) do que o observado para as unidades controle ($n = 517$). A figura 2 apresenta as freqüências médias de sobrevivências de morcegos nas UI e UC.

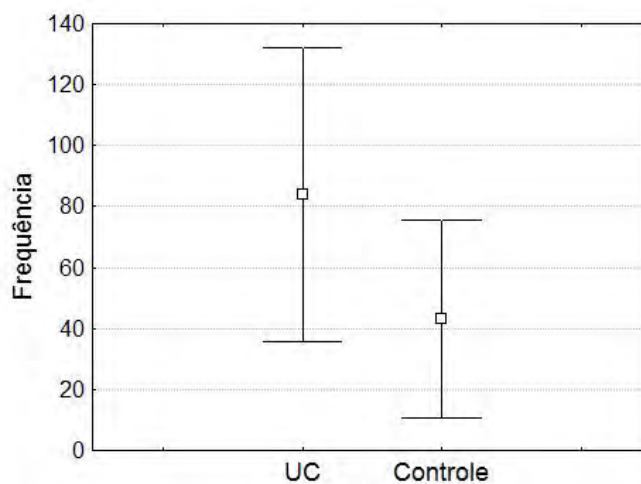


Figura 2. Frequências médias de sobrevôos de morcegos nas unidades experimentais UI e UC, com seus respectivos desvios padrões, observadas no período de agosto de 2006 a julho de 2007.

Por várias ocasiões foi possível registrar reações positivas dos morcegos ao atrativo (septo com óleo). Em vôos exploratórios (de 1 a 4 m de altura) ($n = 64$), alguns indivíduos descreveram círculos concêntricos no entorno da parcela, reduzindo o raio de circunferência até sua aproximação final ao septo. O tempo anotado para este comportamento variou de 1 a 4 minutos por indivíduo (média = 1,5; $dp = 0,9$; $n = 12$). Noutros casos ($n = 147$), foram realizadas investidas diretas ao atrativo, em vôos retilíneos e rápidos (de 3 a 5 metros de altura), finalizados em movimentos abruptos, quase verticais sobre o poste. Cabe também destacar um movimento exploratório (~ 3 m de altura) com duração de 1 minuto no interior de uma UI. Neste, o morcego descreveu dois círculos tangentes entre si, totalizando sete investidas ao septo. Comportamentos similares não foram exibidos nas parcelas controle, estando os registros limitados a vôos de passagem, muitas vezes em direção à UI.

Morcegos capturados e dieta

As capturas realizadas em área florestal (PVR) próxima às unidades experimentais indicaram uma quiropteroфаuna taxonomicamente diversificada, especialmente em representantes frugívoros. Foram obtidos 273 indivíduos de nove espécies, todos pertencentes à família Phyllostomidae; destes, 268 (98,2%) de sete espécies são frugívoros (tabela 1). *Artibeus lituratus* foi o morcego mais comum, com 64,8% da amostragem, seguido por *Carollia perspicillata*, com 21,6%. Juntos, eles somaram 86,4% do total de capturas, cabendo ao restante (*A. fimbriatus*

Gray, 1838, *A. jamaicensis* Leach, 1821, *Sturnira lilium* (E. Geoffroy, 1810), *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810), *Vampyressa pusilla* (Wagner, 1843), *Micronycteris megalotis* (Gray, 1842) e *Chiroderma villosum* Peters, 1860) 13,6% (tabela 2).

Tabela 1. Espécies, dieta, número e abundância relativa de morcegos capturados em área florestal próxima às unidades experimentais (UI e UC), no período de agosto de 2006 a julho de 2007.

Espécies de morcegos	Dieta ¹	Nº. de Indivíduos (%)
<i>Micronycteris megalotis</i> (Gray, 1842)	ins	1 (0,4)
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	fru	59 (21,6)
<i>Artibeus fimbriatus</i> Gray, 1838	fru	19 (7,0)
<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821	fru	5 (1,8)
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	fru	177 (64,8)
<i>Chiroderma villosum</i> Peters, 1860	fru	1 (0,4)
<i>Sturnira lilium</i> (E. Geoffroy, 1810)	fru	5 (1,8)
<i>Vampyressa pusilla</i> (Wagner, 1843)	fru	2 (0,7)
<i>Desmodus rotundus</i> (E. Geoffroy, 1810)	san	4 (1,5)
Total		273

¹ Dieta: ins (insetívora), fru (frugívora), san (sanguinívora).

Foram colecionadas 123 amostras fecais de seis espécies frugívoras: *A. lituratus* (n = 76), *C. perspicillata* (n = 32), *A. fimbriatus* (n = 9), *S. lilium* (n = 4), *A. jamaicensis* (n = 1) e *V. pusilla* (n = 1) que permitiram o registro de 4.139 sementes de diferentes espécies (tabela 3). A maioria das amostras (n = 104; 74,8%) continha apenas um tipo de semente; o número médio de sementes por amostra foi de 33,7 (dp = 85,5). Com base na coleção de referência, sementes de 15 plantas foram identificadas ao nível de espécie, duas ao nível de gênero e uma em família (tabela 3). A amostra representou três categorias sucessionais, com maior proporção (73,3%) de espécies pioneiras (árvores e arbustos).

Tabela 2. Plantas, categorias sucessionais e número de sementes (frequência relativa) registradas nas fezes de cinco espécies de filostomídeos frugívoros capturados em área florestal próxima às unidades experimentais (UI e UC), no período de agosto de 2006 a julho de 2007.

Espécies de plantas	Categoria sucessional ¹	Sementes por espécie de morcego ² (%)					
		A.l.	C.p.	A.f.	A.j.	S.l.	V.p.
CECROPIACEAE							
<i>Cecropia glaziouii</i> Sneth.	pi	12,0	0,2				
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	pi	16,7	0,1	60,1			
MORACEAE							
<i>Ficus glabra</i> Vell.	si	18,6		4,1			83,3
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat.	st	11,2	0,8				
<i>Ficus insipida</i> Willd.	sc	19,6	0,1				
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq) Miq.	si	4,6					
<i>Ficus monckii</i> Hass.	sc	4,7		31,7			
<i>Maclura tinctoria</i> (L.)	si	2,1	0,3	1,0	100,0		
SOLANACEAE							
<i>Solanum argenteum</i> Dunal	pi		0,1				
<i>Solanum caavurana</i> Vell.	pi	10,2	2,7				
<i>Solanum</i> sp.	pi		0,6				
PASSIFLORACEAE							
não identificada	sc					22,7	
PIPERACEAE							
<i>Piper amalago</i> L.	pi		0,2				
<i>Piper crassinervium</i> H.B. & K.	pi			2,6			
<i>Piper diospyrifolium</i> Kunth	pi		0,1				
<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth	pi	0,2	70,9			72,7	
<i>Piper hispidum</i> Sw.	pi	0,1	23,9			4,6	16,7
<i>Piper</i> sp.	pi			0,5			
Total de sementes (n)		1.639	2.230	193	5	66	6
Total de amostras (n)		76	32	9	1	4	1

¹Categoria sucessional (cf. Gandolfi *et al.* 1995): pi (pioneira), si (secundária inicial), st (secundária tardia), sc (sem classificação) (Gandolfi *et al.* 1995, Martins & Rodrigues 2002, Cardoso-Leite *et al.* 2004, Martins *et al.* 2004, Rodrigues *et al.* 2005, Hardt *et al.* 2006).

²Respectivamente: *Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata*, *A. fimbriatus*, *A. jamaicensis*, *Sturnira lilium* e *Vampyressa pusilla*.

Discussão

A hipótese inicial de que as unidades com o odor de frutos teriam maior movimentação de indivíduos, mantendo-os por mais tempo em vôo sobre a parcela foi confirmada. Os dados de captura e dieta indicaram uma comunidade rica em filostomídeos frugívoros, com potencial de dispersão de um grande número de sementes de diversas espécies de plantas nas UI.

Os resultados confirmam estudos prévios onde a eficiência dos óleos havia sido verificada por meio de testes com frutos artificiais fixados em redes-de-neblina, dentro e fora de fragmentos florestais (Mikich *et al.* 2003 e Bianconi *et al.* 2007, respectivamente). Nos ensaios conduzidos por Mikich *et al.* (2003) no PVR, *C. perspicillata* foi quem melhor respondeu ao óleo de *P. gaudichaudianum*, mesmo havendo, na ocasião, grande disponibilidade de recursos no ambiente. Bianconi *et al.* (2007), por sua vez, usando óleos de *P. gaudichaudianum*, *P. crassinervium* e *Ficus insipida* em áreas agrícolas, tiveram *A. lituratus* como a espécie mais atraída, independente do óleo essencial utilizado. Neste caso, os autores sugeriram que em locais sem recursos disponíveis (i.e. abrigos, alimento), os morcegos podem ser atraídos por odores de frutos que não estão entre seus itens preferidos. Eles também destacaram que a maioria dos indivíduos capturados continham em suas fezes sementes de diversas espécies de plantas, validando assim o potencial da técnica para a restauração de ambientes degradados.

Mas quais espécies de morcegos respondem melhor aos óleos em áreas abertas, afastadas da floresta? Bianconi *et al.* (2007) relatam a captura de seis espécies frugívoras (*Artibeus lituratus*, *A. jamaicensis*, *A. fimbriatus*, *Sturnira lilium*, *C. perspicillata*, *Chiroderma villosum*) em redes tratadas com óleos essenciais na paisagem agrícola (soja e milho). Segundo os autores, a atração nesses ambientes estaria associada aos padrões de forrageio adotados pelas espécies, privilegiando aquelas que incluem movimentos freqüentes entre fragmentos florestais. Um trabalho de longa duração (sete anos) e grande escala (10 fragmentos florestais) realizado na área de estudo, indica que alguns filostomídeos (p.ex.: *Artibeus* spp., *Carollia perspicillata*) cruzam constantemente a matriz agropecuária (Bianconi *et al.* 2006, Capítulo 3 desta tese). Esta tendência foi igualmente encontrada em habitats fragmentados do México, Costa Rica, Nicaraguá e Amazônia Central, inclusive para outros representantes das subfamílias Stenodermatinae e Carollinae (e.g. *Sturnira lilium*, várias espécies de *Artibeus* e *Carollia*) (Galindo-González *et al.* 2000, Estrada & Coates-Estrada 2002, Bernard & Fenton 2003, Galindo-González & Sosa 2003, Medina *et al.* 2007, Kelm *et al.* 2008).

A alta mobilidade demonstrada por algumas espécies está relacionada, entre outros fatores, à disponibilidade de recursos alimentares na paisagem (Heithaus *et al.* 1975, Morrison 1978). Por exemplo, representantes dos gêneros *Sturnira* e *Carollia* que, respectivamente, respondem aos padrões de frutificação de solanáceas e piperáceas (Fleming 1988, Palmeirim *et al.* 1989, Thies & Kalko 2004, Mello *et al.* 2008), podem forragear em diferentes fragmentos florestais (Bianconi *et al.* 2006, Medina *et al.* 2007). Em outros casos, hão de estabelecer poleiros diurnos e/ou noturnos em pontos estratégicos da matriz, por vezes localizados no

meio de cultivos agrícolas ou pastagens abandonadas (Kelm *et al.* 2008, Capítulo 3 desta tese). O melhor exemplo nesse sentido é dado para as espécies de *Artibeus*. Reconhecidas por seu grande potencial de voo e preferência acentuada por *Ficus* spp., estes morcegos utilizam-se de vastas extensões de hábitat na procura por alimento (e.g. Fleming & Heithaus 1981, Medina *et al.* 2007). Se considerarmos que figueiras são encontradas em baixa densidade, possuem frutificação assincrônica, disponibilizando uma grande quantidade de frutos por um período curto de tempo (Morrison 1978, Cosson *et al.* 1999), podemos esperar movimentos freqüentes de *Artibeus* spp. em paisagens fragmentadas (Stockwell 2001, Bianconi *et al.* 2006).

Embora nossos experimentos não revelem claramente quais as espécies atraídas para as UI, os padrões de voo observados coincidem com aqueles descritos para o forrageio de alguns filostomídeos frugívoros. Por exemplo, movimentos exploratórios (busca) e de aproximação em círculos concêntricos ao alimento (manipulado ou não) são igualmente documentados para as subfamílias Stenodermatinae e Carrollinae (p.ex. *Carollia perspicillata*, *C. castanea* H. Allen, 1890, *Artibeus* spp., *Vampyressa pusilla*) em condições naturais e cativeiro (Kalko *et al.* 1996, Thies *et al.* 1998, Korine & Kalko 2005). As reações positivas dos morcegos ao atrativo odorífero (septo com óleo) reforçam a importância do olfato como principal sentido empregado por algumas espécies para localizar frutos maduros (e.g. Rieger & Jacob 1988, Thies *et al.* 1998, Mikich *et al.* 2003, Bianconi *et al.* 2007). Além disso, o fato de gastarem algum tempo em torno da fonte de odor aumenta a probabilidade de defecação de sementes no local.

Os dados de captura mostrados neste estudo são diretamente relacionados com o caráter prático-funcional da ferramenta, uma vez que indicam uma taxocenose rica em morcegos frugívoros. A dominância de *A. lituratus* e *C. perspicillata* (juntas representando 86,4% da amostragem), seguidas por outros filostomídeos frugívoros (*A. fimbriatus*, *A. jamaicensis* e *Sturnira lilium*), concorda com os padrões observados para diversos fragmentos de Floresta Atlântica (e.g. Muller & Reis 1992, Reis & Muller 1995, Pedro *et al.* 2001). Os resultados também se aproximam daqueles obtidos para vários ecossistemas neotropicais igualmente fragmentados, onde a guilda de frugívoros é excepcionalmente bem representada por Stenodermatinae e Carrollinae (e.g. Brosset *et al.* 1996, Wilson *et al.* 1996, Estrada & Coates-Estrada 2002, Giannini & Kalko 2004, Willig *et al.* 2007).

Grande parte dos indivíduos transportavam sementes em suas fezes, a maioria de espécies pioneiras. Estas plantas, de crescimento rápido, podem atuar como facilitadoras no processo de colonização (dispersão e estabelecimento) por

espécies secundárias (Muñiz-Castro *et al.* 2006). Ademais, seu desenvolvimento em pontos isolados da matriz pode aumentar a chuva de sementes zoocóricas dispersadas por outros vertebrados (Guevara *et al.* 1992, McClanahan & Wolfe 1993, Galindo-González *et al.* 2000, Galindo-González & Sosa 2003).

As plantas consumidas estão de acordo com os estudos anteriores sobre a dieta das espécies (Acosta y Lara 1950, Handley *et al.* 1991, Marinho-Filho 1991, Galetti & Morellato 1994, Giannini & Kalko 2004, Aguiar & Marinho-Filho 2007, Silva *et al.* 2008), inclusive para área de estudo (Mikich 2002). A marcada preferência de *Artibeus* spp. por frutos de Cecropiaceae e Moraceae e *C. perspicillata* por aqueles de Piperaceae é amplamente citada na literatura (Heithaus *et al.* 1975, Morrison 1978, Bonaccorso 1979, August 1981, Charles-Dominique 1986, Fleming 1988, Palmeirim *et al.* 1989, Kalko *et al.* 1996, Thies & Kalko 2004, Silva *et al.* 2008). Há evidências de que relações como essas contribuam para distribuição espacial e estrutura genética das plantas, influenciando a dinâmica populacional da floresta neotropical (Fenton *et al.* 1992, Garcia *et al.* 2000, Slauson 2000, Mello *et al.* 2008).

Assim, considerando: (1) a efetividade dos óleos essenciais na atração dos morcegos nas áreas de pastagem e agricultura, (2) a representatividade de filostomídeos frugívoros (espécies e indivíduos) em fragmentos florestais, e (3) seu comportamento de forrageio, dieta e potencial de dispersão de sementes, podemos concluir que os odores de frutos quiropterocóricos promovem um aumento qualitativo da chuva de sementes em locais pré-definidos da matriz agropecuária. Seu uso faria com que os morcegos gastassem algum tempo em torno da fonte de odor, defecando sementes importantes no processo de sucessão florestal. A técnica tem grande potencial para a regeneração natural auxiliada por dispersores e, conseqüentemente, para o restabelecimento de algumas parcelas perdidas da Floresta Atlântica, como matas ripárias ou reservas que precisam ser estabelecidas em áreas de agricultura ou pastagem.

Agradecimentos

À *Embrapa Florestas* (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) pelo apoio e auxílio financeiro, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado. Ao proprietário da Fazenda Corumbataí, Dr. Rogério Bittencourt, pela autorização de trabalho e concessão de áreas para instalação das parcelas experimentais e ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pelo suporte logístico. Ao Fabrício A. Hansel e Dra. Maria Lúcia Ferreira Simeone

(*Embrapa Florestas*) pela assistência na extração dos óleos essenciais, e Adriana Ayub pelo auxílio na identificação das amostras de fezes dos morcegos. Ao Urubatan S. Suckow pelo indispensável papel nas observações e na triagem de material; à Fabiana Rocha-Mendes, Rodrigo P. Di Napoli e aos meus orientadores/colaboradores, Ariovaldo P. Cruz Neto e Sandra Bos Mikich, pelas sugestões e contribuições à versão preliminar deste capítulo. À Camila Almeida pela confecção do abstract.

Referências bibliográficas

- Acosta y Lara, E. 1950. Quirópteros de Uruguay. Comunicaciones Zoologicas del Museo de História Natural de Montevideo 3(58): 1-74.
- Aguiar, L.M.S.; Marinho-Filho, J. 2007. Bat frugivory in a remnant of Southeastern Brazilian Atlantic forest. *Acta Chiropterologica* 9(1): 251-260.
- Aguiar, L.M.S.; Marinho-Filho, J. 2004. Activity patterns of nine phyllostomidae bat species in a fragment of Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21(2): 385-390.
- Aide, T.M.; Cavelier, J. 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology* 2(4): 219-229.
- August, P.V. 1981. Fig fruit consumption and seed dispersal by *Artibeus jamaicensis* in the Llanos of Venezuela. *Biotropica* 13(1): 70-76.
- Bernard, E.; Fenton, M.B. 2003. Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 35(2): 262-277.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B.; Pedro, W.A. 2004. Diversidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em remanescentes florestais do município de Fênix, noroeste do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21(4): 943-954.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B.; Pedro, W.A. 2006. Movements of bats (Mammalia, Chiroptera) in Atlantic Forest remnants in southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(4): 1199-1206.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B.; Teixeira, S.D.; Maia, B.H.L.N.S. 2007. Attraction of fruit-eating bats with essential oils of fruits: a potential tool for forest restoration. *Biotropica* 39(1): 136-140.
- Bonaccorso, F.J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences* 24(4): 359-408.

- Braga, R.A.P.; Cabral, J.J.S.P.; Montenegro, S.M.G.L.; Perrier Jr., G.S. 2002. Conservação dos recursos hídricos em brejos de altitude – o caso de Brejo dos Cavalos, Caruaru, PE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 6(3): 539-546.
- Brosset, A.; Charles-Dominique, P.; Cockle, A.; Cosson, J.F. ; Masson, D. 1996. Bat communities and deforestation in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology* 74(11): 1974-1982.
- Campanili, M.; Prochnow, M. 2006. Mata Atlântica, uma rede pela floresta. RMA, Brasília. 332p.
- Cardoso-Leite, E.; Covre, T.B.; Ometto, R.G.; Cavalcanti, D.C.; Pagani, M.I. 2004. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em Rio Claro/SP, como subsídio à recuperação da área. *Revista do Instituto Florestal* 16(1): 31-41.
- Charles-Dominique, P. 1986. Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: *Cecropia*, birds and bats in French Guyana, p. 119-135. *In*: A. Estrada & T.H. Fleming (Eds.). *Frugivores and seed dispersal*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Cosson, J.; Pons, J.; Masson, D. 1999. Effects of forest fragmentation on frugivorous and nectarivorous bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 15(4): 515-534.
- Deutsches Arzneibuch 10 (farmacopéia alemã DAB 10). 1991. Gehaltsbestimmung des á therischen Öles in Drogen. *Grundlfg*. Vol 1, V. 4.5.8.
- Ehrlich, P.R. 1997. A perda da diversidade - causas e conseqüências, p. 27-35. *In*: E.O. Wilson (Org.). *Biodiversidade*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- Estrada, A.; Coates-Estrada, R. 2002. Bats in continuos forest, forest fragments and in a agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 103(2): 237-245.
- Fenton, M.B.; Acharya, L.; Audet, D.; Hickey, M.B.C.; Merriman, C.; Obrist, M.K.; Syme, D.M. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica* 24(3): 440-446.
- Fleming, T.H. 1988. *The short-tailed fruit bat: a study of plant-animal interactions*. University of Chicago Press, Chicago. 365p.
- Fleming, T.H.; Heithaus, E.R. 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of tropical forests. *Biotropica* 13(suppl.): 45-53.

- Fundação SOS Mata Atlântica/INPE. 2008. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período de 2000-2005. Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo. 157p.
- Galetti, M.; Morellato, L.P.C. 1994. Diet of the large fruit-eating bat *Artibeus lituratus* in a forest fragment in Brazil. *Mammalia* 58(4): 661-665.
- Galindo-González, J.; Guevara, S.; Sosa, V.J. 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in grazing pastures: their importance in restoring tropical rain forest in Mexico. *Conservation Biology* 14(6):1693-1703.
- Galindo-González, J.; Sosa, V.J. 2003. Frugivorous bats in isolated trees and riparian vegetation associated with human-made pastures in a fragmented tropical landscape. *The Southwestern Naturalist* 48(4): 579-589.
- Gandolfi, S.; Leitão Filho, H.F.; Bezerra, C.L.F. 1995. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Revista Brasileira de Biologia* 55(4): 753-767.
- Gandolfi, S.; Rodrigues, R.R.; Martins, S.V. 2007. Theoretical bases of the forest ecological restoration, p. 27-60. *In*: R.R. Rodrigues, S.V. Martins & S. Gandolfi (Eds.). *High diversity forest restoration in degraded areas*. Nova Science Publishers, Inc., New York.
- Garcia, Q.S.; Rezende, J.L.P.; Aguiar, L.M.S. 2000. Seed dispersal by bats in a disturbed area of southeastern Brazil. *Revista de Biologia Tropical* 48(1): 125-128.
- Giannini, N.P.; Kalko, E.K. 2004. Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos* 105(2): 209-220.
- Guevara, S.; Meave, J.; Moreno-Casasola, P.; Laborde, J. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* 3(5): 655-664.
- Handley Jr., C.O.; Morrison, D.W. 1991. Foraging behavior, p. 137-140. *In*: C.O. Handley Jr., D.E. Wilson & A.L. Gardner (Eds.). *Demography and natural history of the common fruit bat, Artibeus jamaicensis, on Barro Colorado Island, Panamá*. *Smithsonian Contributions to Zoology* 511: 1-173.
- Hardt, E.; Pereira-Silva, E.F.L.; Zakia, M.J.B.; Lima, W.P. 2006. Plantios de restauração de matas ciliares em minerações de areia da bacia do rio Corumbataí: eficácia na recuperação da biodiversidade. *Scientia Florestalis* 70: 107-123.

- Heithaus, E.R.; Fleming, T.H.; Opler, P.A. 1975. Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. *Ecology* 56(4): 841-854.
- Howe, H.F.; Westley, L.C. 1988. Ecological relationships of plants and animals. Oxford University Press, New York. 288p.
- ITCF. 1987. Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Rica do Espírito Santo, Fênix, PR. Instituto de Terras Cartografia e Florestas, Curitiba. 86p.
- Janzen, D.H. 1994. Priorities in tropical biology. *Trends in Ecology and Evolution* 9(10): 365-367.
- Jordano, P. 2000. Fruits and frugivory, p.125-165. *In*: M. Fenner (Ed.). The ecology of regeneration in plant communities, 2nd ed. CAB Publ., Wallingford, UK.
- Jordano, P.; Galetti, M.; Pizo, M.A.; Silva, W.R. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação, p. 411-436. *In*: C.F.D. Rocha, H.G. Bergallo, M.A.S. Alves & M.V. Sluys (Eds.). *Biologia da Conservação: essências*. Rima Editora, São Carlos.
- Kalko, E.K.V.; Herre, E.A.; Handley Jr., C.O. 1996. Relation of fig fruit characteristics to fruit-eating bats in the New and Old World tropics. *Journal of Biogeography* 23(4): 565-576.
- Kelm, D.H.; Wiesner, K.R.; von Helversen, O. 2008. Effects of artificial roosts for frugivorous bats on seed dispersal in a neotropical forest pasture mosaic. *Conservation Biology* 22(3): 733-741.
- Korine, C.; Kalko, E.K.V. 2005. Fruit detection and discrimination by small fruit-eating bats (Phyllostomidae): echolocation call design and olfaction. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59(1): 12-23.
- Marinho-Filho, J.S. 1991. The coexistence of two frugivorous bat species and the phenology of their food plants in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7(1): 59-67.
- Martins, S.V.; Colletti Jr., R.; Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. 2004. Colonization of gaps produced by death of bamboo clumps in a semideciduous mesophytic forest in south-eastern Brazil. *Plant Ecology* 172(1): 121-131.
- Martins, S.V.; Rodrigues, R.R. 2002. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. *Plant Ecology* 163(1): 51-62.
- McClanahan, T.R.; Wolfe, R.W. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. *Conservation Biology* 7(2): 279-289.

- Medina, A.; Harvey, C.A.; Merlo, D.S.; Vílchez, S.V.; Hernández, B. 2007. Bat diversity and movement in an agricultural landscape in Mantiguás, Nicaragua. *Biotropica* 39(1): 120-128.
- Mello, M.A.R.; Kalko, E.K.V.; Silva, W.R. 2008. Movements of the bat *Sturnira lilium* and its role as a seed disperser of Solanaceae in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology* 24(2): 225-228.
- Mikich, S.B. 2002. A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(1): 239-249.
- Mikich, S.B.; Bianconi, G.V.; Maia, B.H.L.N.S.; Teixeira, S.D. 2003. Attraction of the fruit-eating bat *Carollia perspicillata* to *Piper gaudichaudianum* essential oil. *Journal of Chemical Ecology* 10(2): 207-217.
- Mikich, S.B.; Oliveira, K.L. 2003. Revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo. *Mater Natura; FNMA, Curitiba*. 452p.
- Mikich, S.B.; Silva, S.M. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 15(1): 89-113.
- Miranda, E.E.; Gambarini, A. 2003. Natureza, conservação e cultura: ensaio sobre a relação do homem com a natureza no Brasil. *Metalivros, São Paulo*. 179p.
- Morrison, D.W. 1978. Foraging ecology and energetics of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 59(4): 716-723.
- Muller, M.F.; Reis, N.R. 1992. Partição de recursos alimentares entre quatro espécies de morcegos frugívoros (Chiroptera, Phyllostomidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 9(3/4): 345-355.
- Muñiz-Castro, M.A.; Williams-Linera, G.; Benayas, J.M.R. 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 22(4): 431-440.
- Myers, N. 1997. Florestas tropicais e suas espécies, sumindo, sumindo...?, p. 36-45. *In: E.O. Wilson (Org.). Biodiversidade. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro*.
- Palmerim, J.M.; Gorchov, D.L.; Stoleson, S. 1989. Trophic structure of a neotropical frugivore community: is there competition between birds and bats? *Oecologia* 79(3): 403-411.

- Pedro, W.A.; Passos, F.C.; Lim, B.K. 2001. Morcegos (Chiroptera; Mammalia) da Estação Ecológica de Caetetus, Estado de São Paulo. *Chiroptera Neotropical* 7(1-2): 136-140.
- Pedro, W.A.; Taddei, V.A. 2002. Temporal distribution of five bat species (Chiroptera, Phyllostomidae) from Panga Reserve, south-eastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(3): 951-954.
- Reis, A.; Bechara, F.C.; Espíndola, M.B.; Vieira, N.K.; Souza, L.L. 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza e Conservação* 1(1): 28-36.
- Reis, A.; Zambonin, R.M.; Nakazono, E.M. 1999. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. *Série Cadernos da Biosfera* 14, São Paulo. 42p.
- Reis, N.R. 1984. Estrutura de comunidades de morcegos na região de Manaus, Amazonas. *Revista Brasileira de Biologia* 44(3): 247-254.
- Reis, N.R.; Muller, M.F. 1995. Bat diversity of forest and open areas in a subtropical region of South Brazil. *Ecologia Austral* 5(1): 31-36.
- Rieger, J.M.; Jakob, E.M. 1988. The use of olfaction in food location by frugivorous bats. *Biotropica* 20(2): 161-164.
- Rodrigues, R.R.; Martins, S.V.; Matthes, L.A.F. 2005. Post-fire regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil, p.1-19. *In*: A.R. Burk (Org.). *New research of forest ecosystems*, 1 ed. Nova Science Publishers, New York.
- Silva, A.G.A.; Gaona, O.; Medellín, R.A. 2008. Diet and trophic structure in a community of fruit-eating bats in Lacandon forest, México. *Journal of Mammalogy* 89(1): 43-49.
- Silva, W.R. 2003. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração, p. 77-90. *In*: P.Y. Kageyama, R.E. Oliveira, L.F.D. Moraes, V.L. Engel & F.B. Gandara (Orgs.). *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, Botucatu.
- Slauson, L.A. 2000. Pollination biology of two chiropterophilous agaves in Arizona. *American Journal of Botany* 87(6): 825-836.
- Statsoft, Inc. Statistica 6.0. Tulsa, OK, c1984-2001. Pacote estatístico.
- Stockwell, E.F. 2001. Morphology and flight manoeuvrability in New World leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Zoology* 254(4): 505-514.

- Straube, F.C.; Bianconi, G.V. 2002. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. *Chiroptera Neotropical* 8(1-2): 150-152.
- Teixeira, S.D. 2003. Estudo fitoquímico de *Piper gaudichaudianum*. Tese de Doutorado (Química). Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Terborgh, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forest. *Biotropica* 24(2): 283-292.
- Thies, W.; Kalko, E.K. 2004. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos* 104(2): 362-376.
- Thies, W.; Kalko, E.K.V.; Schnitzler, H.U. 1998. The roles of echolocation and olfaction in two neotropical fruit-eating bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea*, feeding on *Piper*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42(6): 397-409.
- Tres, D.R.; Sant'Anna, C.S.; Basso, S.; Langa, R. ; Ribas Jr., U.; Reis, A. 2007. Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. *Revista Brasileira de Biociências* 5(1): 312-314.
- Uhl, C. 1997. Restauração de terras degradadas na Bacia Amazônica, p. 419-426. *In: E.O. Wilson (Org.). Biodiversidade*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- Urban, T. 1998. Saudade do Matão: lembrando a história da conservação da natureza no Brasil. Editora da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza; Fundação MacArthur. Curitiba. 374p.
- van der Pijl, L. 1957. The dispersal of plants by bats (Chiropterochory). *Acta Botanica Neerlandica* 6(1): 291-315.
- Veloso, H.P.; Oliveira-Filho, L.C.; Vaz, A.M.S.F.; Lima, M.P.M.; Marquete, R.; Brazão, J.E.M. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Manuais técnicos em geociências, 1. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 93p.
- Viana, V.M.; Tabanez, A.A.J.; Batista, L.F. 1997. Dynamics and restoration of forest fragments in Brazilian Atlantic moist forest, p.351-365. *In: W.F. Laurance & R.O. Bierregaard Jr. (Eds.). Tropical forest remnants: ecology, management,*

and conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press, Chicago and London.

- Viani, R.A.G.; Nave, A.G.; Rodrigues, R.R. 2007. Transference of seedlings and aloctone young individuals as ecological restoration methodology, p. 145-170. *In*: R.R. Rodrigues & S.V. Martins (Eds.). High diversity forest restoration in degraded areas. Nova Science Publishers, Inc., New York.
- Willig, M.R.; Presley, S.J.; Bloch, C.P.; Hice, C.L.; Yanoviak, M.M.; Díaz, M.M.; Chauca, L.A.; Pacheco, V.; Weaver, S.C. 2007. Phyllostomid bats of lowland Amazonia: effects of habitat alteration on abundance. *Biotropica* 39(6): 737-746.
- Willig, M.R.; Presley, S.J.; Owen, R.D.; López-González, C. 2000. Composition and structure of bat assemblages in Paraguay: a subtropical-temperate interface. *Journal of Mammalogy* 81(2): 386-401.
- Wilson, D.E.; Ascorra, C.F.; Solari, S. 1996. Bats as indicators of habitat disturbance, p. 613-625. *In*: D.E. Wilson & A. Sandoval (Eds.). *Manu: The biodiversidade of southeastern Peru*. Office of biodiversity programs. National Museum of Natural History – Smithsonian Institution, Washington.
- Young, C.E.F.; Lustosa, M.C.J. 2003. A questão ambiental no esquema centro-periferia. *Economia* 4(2): 201-221.
- Yuncker, T.G. 1972. The Piperaceae of Brazil I. *Piper*. *Hoehnea* 2: 19-366.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4^a ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 663p.

Capítulo 3

Movimentos e uso do hábitat fragmentado por *Artibeus lituratus* e *Carollia perspicillata* (Mammalia: Chiroptera) na Floresta Atlântica do sul do Brasil

Abstract. *Movements and habitat use by Artibeus lituratus and Carollia perspicillata (Mammalia: Chiroptera) in the Atlantic Forest, South Brazil.* Despite many evidences on the role of frugivorous phyllostomids in the maintenance and recovery of Neotropical ecosystems, very little is known on how these bats survive, interact and, most important, how they move in fragmented forests. Using mark/recapture and radiotelemetry techniques we investigated habitat use and movements of *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) and *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) in fragments isolated by agricultural fields in the Atlantic forest of south Brazil. The main hypothesis, based on the availability of food, was that *C. perspicillata* had more restricted foraging areas and higher habitat fidelity, while *A. lituratus* had lower habitat fidelity, larger foraging areas and use different forest fragments. We also proposed that independently of the foraging pattern, the agropecuary matrix did not represent a barrier to the movements of these species. We marked 1302 *A. lituratus* and 501 *C. perspicillata* (between 2002 and 2008); for the radiotelemetry experiments, 16 individuals of each species were selected and monitored in two sessions (August-October/2007 – March and April/2008). The results revealed high mobility of these species, both inside and between the forest remnants, with simultaneous use of different habitat attributes (fragments, agropecuary matrix, orchards, artificial structures, rivers, etc.). The results generated by radiotelemetry did not support the hypothesis that *C. perspicillata* had restricted foraging areas; however the higher fidelity to some habitats, particularly riparian areas, was confirmed by the many recaptures obtained in the same site of the first capture, with a increase in habitat use directly related to fruit density. On the other hand, the hypothesis that *A. lituratus* had low fidelity to the fragments and large foraging areas was largely corroborated. So, the use of fragmented ecosystems by these phyllostomids seems to be the result of an equation involving roosts and foraging opportunities. In spite of being a harsh environment, the regional agropecuary matrix does not seem to inhibit the movement of these seed dispersing bat species what it is important for restoration strategies based on zoochorous dispersal.

Keywords: ecological matrix, foraging behavior, forest fragmentation, mark/recapture, Phyllostomidae, radio-tracking, rural landscapes, tropical forest.

Resumo. Apesar das várias evidências sobre o papel dos filostomídeos frugívoros no processo de manutenção e recuperação dos ecossistemas neotropicais, pouco se sabe como esses morcegos persistem, interagem e, principalmente, se movem em uma paisagem fragmentada. Por meio das técnicas de marcação-recaptura e radiotelemetria, nós investigamos o uso do hábitat e os deslocamentos de *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) e *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) em fragmentos de Floresta Atlântica no sul Brasil, isolados por uma matriz agropecuária. A hipótese principal, baseada na disponibilidade de recursos alimentares, foi que *C. perspicillata* manteria uma área mais restrita de forrageio, demonstrando maior fidelidade a determinados hábitats, enquanto que *A. lituratus* possuiria grande área de forrageio, menor fidelidade e, conseqüentemente, utilizaria de forma conjunta diversos remanescentes florestais. Sugerimos também que independente do padrão de forrageio, a matriz agropecuária não representaria uma barreira para o movimento dessas espécies. A amostra total de indivíduos marcados (julho de 2002 a janeiro de 2008) consistiu em 1.302 *A. lituratus* e 501 *C. perspicillata*; para a radiotelemetria, foram selecionados 16 exemplares de cada espécie, monitorados em duas sessões (agosto a outubro/2007 - março e abril/2008). Os resultados revelaram uma alta mobilidade de ambas as espécies, dentro e entre os remanescentes florestais, com a utilização conjunta de diferentes elementos da paisagem (fragmentos, matriz agropecuária, pomares, estruturas artificiais, rios, etc.). As localizações geradas pela radiotelemetria não suportam a hipótese inicial de que *C. perspicillata* manteria áreas restritas de forrageio; no entanto, a maior fidelidade a determinados hábitats, em especial formações aluviais, foi comprovada pelas muitas recapturas na mesma parcela de anilhamento, com um aumento na frequência de uso em relação à sua densidade de frutos. Para *A. lituratus*, as duas técnicas reforçam a hipótese inicial de baixa fidelidade aos hábitats e grande área de forrageio. O uso de ecossistemas fragmentados por esses filostomídeos frugívoros parece ser o produto de oportunidades de forrageio e abrigo. Embora inóspita, a matriz agropecuária da região parece não inibir os deslocamentos das espécies, o que é importante para as estratégias de restauração baseadas na dispersão zoocórica.

Palavras-chave: comportamento de forrageio, floresta tropical, fragmentação florestal, marcação/recaptura, matriz ecológica, Phyllostomidae, radiotelemetria.

Introdução

A degradação florestal gera efeitos múltiplos e desastrosos na estrutura e no funcionamento da paisagem, comprometendo uma de suas principais funções, a de conexão entre as comunidades (Hilty *et al.* 2006). Embora vários grupos animais sejam vulneráveis à conversão de habitats naturais em pastagens, agricultura ou outras matrizes alteradas, suas respostas são variáveis, determinadas de acordo com a estrutura da área e com os fatores comportamentais intrínsecos de cada espécie (Graham 2001). Em cenários onde o que remanesce são pequenos e isolados fragmentos, a capacidade de deslocamento e o potencial de adaptação dos organismos definem sua sobrevivência e a própria dinâmica do ambiente (Kozakiewicz & Szacki 1995, Slauson 2000, Yabe & Marques 2001).

Morcegos neotropicais costumam responder de formas distintas a pressões ecológicas em seus ecossistemas (Estrada *et al.* 1993, Galindo-González & Sosa 2003, Faria & Baumgarten 2007). Aparentemente, alguns gêneros da família Phyllostomidae (p.ex.: *Glossophaga* E. Geoffroy, 1818, *Carollia* Gray, 1838, *Sturnira* Gray, 1842 e *Artibeus* Leach, 1821) possuem maior flexibilidade em utilizar ou transpor áreas perturbadas (Estrada & Coates-Estrada 2002, Medina *et al.* 2007, Kelm *et al.* 2008, Meyer *et al.* 2009). Estudos relatam espécies cruzando áreas abertas para alcançar árvores isoladas (Galindo-González *et al.* 2000, Galindo-González & Sosa 2003), freqüentando estreitos corredores ripários, cercas vivas e pequenas manchas florestais (Estrada *et al.* 1993, Schulze *et al.* 2000, Estrada & Coates-Estrada 2002, Medina *et al.* 2007) e/ou colonizando estruturas artificiais (poleiros) disponíveis na paisagem (Kelm *et al.* 2008). Quando esses movimentos são feitos por grupos potencialmente dispersores de sementes e de pólen, caso desses filostomídeos, eles podem influenciar na distribuição e estrutura genética das plantas (Galindo-González *et al.* 2000, Galindo-González & Sosa 2003, Quesada *et al.* 2004, Medina *et al.* 2007).

Para algumas subfamílias de Phyllostomidae, os deslocamentos na matriz alterada parecem estar fortemente associados à oferta de recursos, em especial o alimento (Galindo-González *et al.* 2000, Galindo-González & Sosa 2003). Por exemplo, os padrões de frutificação e distribuição de duas famílias de plantas, Piperaceae e Moraceae (*Ficus* L., em particular), parecem influenciar o comportamento de forrageio e uso do habitat por espécies de Carolinae e Stenodermatinae, respectivamente (Galindo-González & Sosa 2003, Faria & Baumgarten 2007). Considerando que a fragmentação florestal afeta a abundância e a distribuição espacial (*patchness*) de recursos na paisagem, torna-se

fundamental interpretar como esses frugívoros persistem, interagem e, principalmente, se movem através do novo ambiente. Abordagens nesse contexto são raras, podendo citar os estudos para áreas antropizadas do México (Galindo-González *et al.* 2000, Estrada & Coates-Estrada 2002, Galindo-González & Sosa 2003, Evelyn & Stiles 2003), Nicaraguá (Medina *et al.* 2007), Guatemala (Schulze *et al.* 2000) e Guiana Francesa (Cosson *et al.* 1999), e aqueles para fragmentos, embora naturais, da Bolívia (Loayza & Loiselle 2008) e Amazônia central (Bernard & Fenton 2003). Para a Floresta Atlântica, quase todas as discussões são sobre os efeitos da degradação do ecossistema sobre a diversidade das assembléias (e.g. Pedro 1998, Bianconi *et al.* 2004, Faria 2006); um único trabalho recente avaliou as respostas dos morcegos a diferentes configurações de uma paisagem dominada por plantações de cacau ("cabruças") no sul da Bahia, nordeste do Brasil (Faria & Baumgarten 2007).

Estudos de marcação e recaptura de algumas espécies de filostomídeos em fragmentos florestais cercados por matriz agropecuária, no sul do Brasil, sugerem dois padrões distintos de uso de hábitat (Bianconi *et al.* 2006). Para *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), especula-se que esta espécie manteria uma área restrita de forrageio, determinada provavelmente pela abundância do seu alimento preferencial, as plantas do gênero *Piper* L. (Piperaceae). Piperáceas são arbustos ou pequenas árvores pioneiras, tipicamente quiropterocóricas, ocorrendo no interior, bordas e clareiras florestais (Fleming 1988, Dumont 2003, Thies & Kalko 2004). De forma geral, apresentam alta densidade de indivíduos e espécies, frutificando sequencialmente ao longo do ano (Fleming 1988, Mikich & Silva 2001). O segundo padrão se refere a espécies do gênero *Artibeus* (*A. lituratus* (Olfers, 1818), *A. fimbriatus* Gray, 1838, *A. jamaicensis* Leach, 1821), que teriam alta mobilidade e grande área de forrageio, provavelmente relacionada à exploração conjunta das florestas da região na busca por seu alimento preferido, *Ficus* (Moraceae). Este gênero é encontrado em baixa densidade, possui frutificação assincrônica, disponibilizando uma grande quantidade de frutos por um período curto de tempo (Morrison 1978). Se os padrões de produção e a especificidade de dispersores de piperáceas contrastam fortemente com aqueles de plantas "big-bang", tais como *Ficus* (s. Thies & Kalko 2004), então eles poderiam explicar variações entre os movimentos de forrageio de *Carollia* spp. e *Artibeus* spp.

Neste capítulo, são avaliados os deslocamentos e o uso de uma paisagem fragmentada por *C. perspicillata* e *A. lituratus* através de dois métodos distintos, marcação-recaptura e radiotelemetria. Foram selecionadas espécies que: (1) permitiriam confirmar os padrões de uso do hábitat sugeridos por Bianconi *et al.* (2006); (2) são dominantes na região de estudo (Bianconi *et al.* 2004),

amplamente representadas em ecossistemas neotropicais fragmentados (Wilson *et al.* 1996, Estrada & Coates-Estrada 2002, Willig *et al.* 2007), incluindo a Floresta Atlântica (Muller & Reis 1992, Reis *et al.* 1996, Pedro *et al.* 2001); e (3) são consideradas exímias dispersoras de plantas pioneiras (Fleming 1988, Willig *et al.* 2000, Giannini & Kalko 2004), inclusive em áreas abertas (Galindo-González *et al.* 2000, Galindo-González & Sosa 2003).

A hipótese principal, baseada na disponibilidade de recursos alimentares, é que *C. perspicillata* mantém uma área mais restrita de forrageio e maior fidelidade a determinados habitats, enquanto que *A. lituratus* possui grande área de forrageio, menor fidelidade e, conseqüentemente, utiliza de forma conjunta diversos remanescentes florestais. Outra hipótese é que, independente do padrão de forrageio das espécies, a matriz agropecuária da região não representa uma barreira para seus movimentos. Os resultados são úteis para a compreensão dos efeitos da fragmentação sobre morcegos dispersores de sementes, podendo servir como base para programas de restauração de ecossistemas.

Métodos

Área de estudo

Os fragmentos florestais estudados localizam-se nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil (23°55'S-51°57'W e 23°47'S-51°54'W) (Figura 1). O relevo é plano a suave ondulado e a altitude média é de 650 m (ITCF 1987). O clima é Cfa ou sub-tropical úmido mesotérmico (classificação de Koeppen), com temperaturas médias anuais entre 16 °C e 29 °C e precipitação anual entre 1.400 e 1.500 mm. Apresenta tendência de concentração de chuvas entre os meses de dezembro e março, sem estação seca definida (ITCF 1987, Mikich & Oliveira 2003).

A área está inserida nos domínios da Mata Atlântica *sensu lato*, mais especificamente em seu ecossistema floresta estacional, sendo reconhecidas para região, duas formações, a floresta submontana (áreas mais altas, relativamente distantes dos grandes rios) e a floresta aluvial (margens dos rios, sofrendo, em períodos chuvosos, influência de suas cheias) (Veloso *et al.* 1992). O que resta da vegetação são fragmentos com diferentes tamanhos (menores que 600 ha), estruturas e históricos de exploração, isolados por extensas áreas agrícolas (milho, soja e cana-de-açúcar), algumas pastagens e matas ciliares degradadas. Para uma descrição mais detalhada da área de estudo, incluindo padrões de floração e frutificação, composição de espécies e histórico de ocupação dos fragmentos, ver Mikich & Silva (2001) e Mikich & Oliveira (2003).

Parcelas amostrais

Os morcegos foram capturados e marcados em dez parcelas de 1 ha (100 x 100 m), estabelecidas nos seguintes fragmentos florestais: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo (parcelas P1, P2 e P3), Cagibi I (C1), Cagibi II (C2), e Guajuvira (G1 e G2), no município de Fênix; e Santa Vitória I (V1), Santa Vitória II (V2), e Barbacena (B1), no município de São Pedro do Ivaí (Figura 1). Cinco dessas parcelas (P1, C2, G1, G2 e V1) foram instaladas às margens de dois grandes rios (Ivaí e Corumbataí) e, portanto, são representadas exclusivamente pela floresta aluvial; a outra metade representa a floresta submontana. As parcelas mais próximas foram G1 e G2, distantes cerca de 0,7 km, e as mais distantes P3 e B1, com 13,2 km entre elas. Um maior detalhamento da paisagem é apresentado na legenda da Figura 1.

Esforço de captura e técnica de marcação

A técnica de anilhamento foi utilizada para avaliar a fidelidade e os deslocamentos de *Artibeus lituratus* e *Carollia perspicillata* entre os fragmentos florestais. Altas taxas de recaptura foram interpretadas como um comportamento de maior fidelidade à área de estudo ou para com habitats específicos (cf. Heithaus & Fleming 1978, Fleming 1988). Os animais foram capturados em redes-de-neblina com periodicidade mensal, sendo realizadas, por campanha, duas noites de captura em cada uma das dez parcelas amostrais (Figura 1). Em todos os casos, foram utilizadas 10 redes-de-neblina (12 x 2,5 m, nylon, cor preta) dispostas de forma linear e seqüencial no centro de cada parcela. Estas foram abertas ao entardecer, revisadas em intervalos de 20-30 minutos e fechadas após seis horas de exposição. Os animais foram identificados, marcados no antebraço com anilhas de alumínio numeradas (Etiquetal®) e, por fim, liberados no local da captura (cf. diretrizes da American Society of Mammalogists – ASM, Gannon *et al.* 2007).

Os fragmentos de São Pedro do Ivaí (parcelas V1, V2 e B1) foram avaliados no período de fevereiro de 2006 a janeiro de 2007 e os de Fênix (P3, G2 e C2) de fevereiro de 2006 a janeiro de 2008. Assim, foram acumuladas 216 sessões de rede, num esforço de captura de 388.800 m².h, calculado de acordo com Straube & Bianconi (2002). Esforços anteriores para o anilhamento das espécies ocorreram no município de Fênix (P1, P2, G1 e C1), entre julho de 2002 e outubro de 2004, sendo conduzidas 96 sessões de redes que totalizaram 172.800 m².h e a marcação de 635 morcegos, incluindo 387 *A. lituratus* e 114 *C. perspicillata* (Bianconi *et al.* 2004, 2006). Os dados completos das capturas e marcações, incluindo os de outras espécies, podem ser vistos no Anexo I.

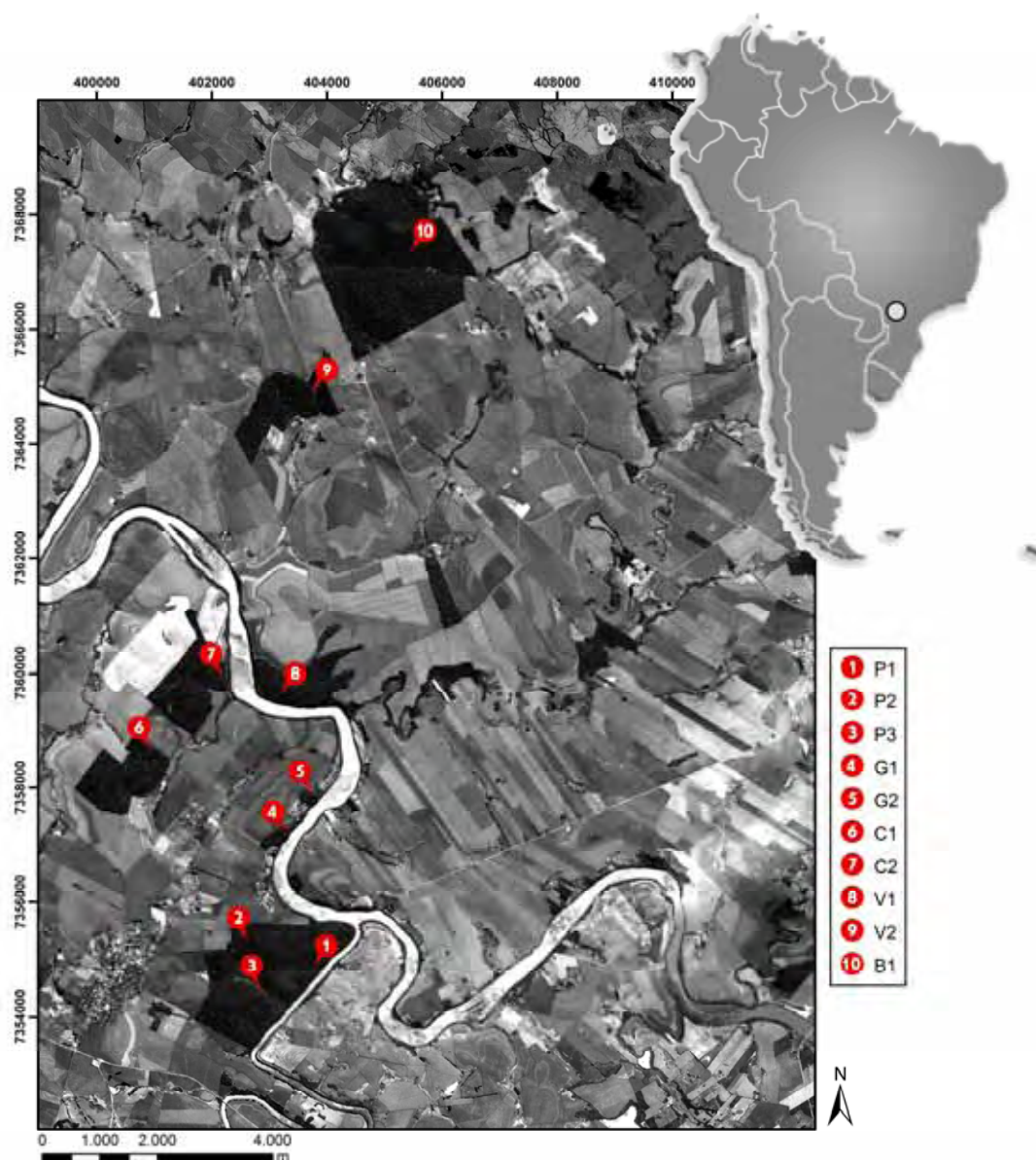


Figura 1. Área utilizada para o estudo dos movimentos de *Artibeus lituratus* e *Carollia perspicillata* na Floresta Atlântica dos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil. A figura mostra as dez parcelas amostrais (1, 4, 5, 7 e 8 em floresta aluvial e 2, 3, 6, 9 e 10 em submontana) utilizadas para a captura/marcação das espécies em sete fragmentos florestais, e os limite da área de monitoramento por radiotelemetria. De baixo para cima e da esquerda para a direita estão: (i) o Parque Vila Rica do Espírito Santo (354 ha), próximo à área urbana do município de Fênix e limitado por áreas de cultivo (milho ou soja) e pelos rios Ivaí e Corumbataí; (ii) Guajuvira (24 ha), limitado por pastagens, culturas (milho e soja) e pelo rio Ivaí, é totalmente representado por floresta aluvial e possui um estreitamento em sua porção mediana, onde se mistura a um pomar com frutíferas exóticas; (iii) Cagibi I e II (181 e 141 ha, respectivamente), limitados por áreas cultivadas (milho e soja) e pastagens, além do rio Ivaí, que acompanha uma pequena porção da Cagibi II; (iv) Santa Vitória I (130 ha), limitado por cultivos diversos (milho, soja, cana-de-açúcar) e pelo rio Ivaí; (v) Santa Vitória II (135 ha), limitado por cultivos agrícola (cana-de-açúcar), e por estradas de terra; e (vi) Barbacena (550 ha), limitado por plantios de cana-de-açúcar, por uma rodovia (PR-457) e pelo ribeirão Axel.

Avaliação da densidade de espécies de Piperaceae e de Ficus spp.

Para determinar se a fidelidade das espécies estaria ou não relacionada à disponibilidade de seus recursos preferenciais, o parâmetro fitossociológico densidade foi calculado para Piperaceae e *Ficus* spp. (Moraceae) de acordo com Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) e Matteucci & Colma (1982). No período de junho a dezembro de 2006, oito das dez parcelas amostrais utilizadas para a captura-recaptura dos morcegos (P1, P2, P3, G2, C2, V1, V2 e B1), tiveram os indivíduos adultos de Piperaceae identificados e contados em uma faixa de 25 x 100 m alocadas no centro da parcela. Posteriormente, as densidades obtidas foram extrapoladas para a área total da parcela, ou seja, 100 x 100 m (1 ha). Em função da baixa densidade natural, a avaliação das espécies de *Ficus* foi realizada em transecções ao longo de trilhas, estradas e bordas dos sete fragmentos florestais, amostrando-se todos os indivíduos adultos localizados numa faixa de 50 m para cada lado do transecto ou da borda da floresta para o seu interior. Os valores de densidade obtidos para *Ficus* spp. foram extrapolados para a área de cada fragmento. Havendo dúvidas quanto à identificação das espécies, o material reprodutivo foi coletado e encaminhado para especialistas do herbário do Museu Botânico de Curitiba (MBM).

Radiotelemetria

Buscando avaliar os movimentos e o uso do hábitat fragmentado pelas espécies, foram conduzidas duas sessões de radiotelemetria com um intervalo aproximado de seis meses entre elas, sendo a primeira de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007 e a segunda de 15 de março a 20 de abril de 2008. A área amostral teve como limite um retângulo com cerca de 25.000 ha, representado por toda a Figura 1.

Ao todo, 32 indivíduos adultos não reprodutivos (cf. Racey 1988 e Anthony 1988) foram selecionados para representar quatro remanescentes florestais (Parque Vila Rica, Guajuvira, Santa Vitória II, Barbacena) aleatoriamente sorteados na região, sendo um casal de cada espécie (*A. lituratus* e *C. perspicillata*), por fragmento, em cada sessão. Os animais foram equipados com rádio-transmissores (respectivamente, LB-2 e BD-2, Holohil Systems, Ltd., Canada) colados em sua pele na linha média dorsal, com adesivo de secagem instantânea; o peso dos transmissores (0,70-1,95 g e 0,45-0,55 g) não excedeu 5% do peso dos animais (média de 68 g, $\pm$ 5,6 para *A. lituratus* e 14 g, $\pm$ 1,5 para *C. perspicillata*). Posteriormente, os indivíduos foram liberados no mesmo local da captura. Todos os procedimentos foram de acordo com as diretrizes da ASM (Gannon *et al.* 2007).

Diariamente, a pé ou de carro, todas as estradas e trilhas pré-existentes dentro, no entorno e entre os fragmentos florestais da região foram percorridas. As localizações dos morcegos foram obtidas por triangulações (duas ou mais “posições” direcionais obtidas a partir de pontos – coordenadas – distantes), respeitando-se um intervalo máximo de 3 minutos entre a tomada de posições para um mesmo indivíduo. Por diversas ocasiões, foi possível a utilização simultânea de três receptores portáteis (modelos R-1000, Communications Specialists Inc., USA e TR-5, Telonics, Inc., USA) equipados com antenas direcionais (Yagi 3 elementos e “H” - RA-14K-H, Telonics, Inc., USA). Para tanto, contou-se com o apoio de rádio-comunicadores (HTs), estando os observadores posicionados em diferentes pontos da matriz e/ou dos fragmentos. A direção (azimute) do sinal foi anotada com bússola de precisão de 1 grau (modelo KB-20, Suunto, Finlândia) e o ponto do observador registrado com aparelho de GPS (Garmin Etrex e Etrex Vista). Testes anteriores demonstraram que o alcance dos rádios (400-700 m na floresta e 500-1000 m na matriz) era suficiente para detectar qualquer indivíduo dentro do retângulo amostral, fator facilitado pelo relevo da região (plano e suave ondulado) e pelos muitos acessos existentes (inclusive dentro dos fragmentos). Partindo disso, assumiu-se que a ausência de sinais representava deslocamento do indivíduo para fora da área de estudo.

O receptor foi programado para um período de escaneamento de 3-4 segundos por frequência. Devido à grande extensão da área, cada animal encontrado na noite foi monitorado por um período relativamente curto de tempo, mas suficiente para o registro de boas angulações. No cômputo, vários azimutes foram anotados, permitindo sua posterior triagem com base no menor intervalo de tempo entre os registros, e nas melhores angulações. Quando possível, abrigos diurnos e noturnos foram localizados utilizando-se a triangulação e a aproximação progressiva à fonte de sinais (*homing in on the animal s.* Kenward 2001).

A busca pelos sinais ocorreu por pelo menos 30 dias consecutivos para cada indivíduo de *A. lituratus* e 20 dias para *C. perspicillata*, a partir do dia de soltura (exceto nos casos em que os transmissores foram recuperados antes, caídos no solo). Esse período equivale ao tempo limite ou médio de vida esperado para os transmissores, segundo o seu fabricante. Os dados da noite da captura não foram considerados para evitar possíveis distúrbios aos morcegos relacionados à sua manipulação. Ao final do estudo foram percorridos 11.950 km em 86 dias de procura pelos indivíduos, sendo 52 dias na primeira sessão (ca. 6.600 km) e 34 dias na segunda (ca. 5.350 km). O monitoramento ocorreu durante toda a noite (do crepúsculo vespertino ao matutino) e em algumas horas do dia, quando se

buscou a localização de abrigos, num esforço médio aproximado de 15 horas diárias de atividades.

Análise dos dados

Os dados de radiotelemetria foram processados no software Loas 4.0 (Ecological Software SolutionsTM 2007), utilizando-se os métodos *Maximum Likelihood Estimator* e *Best Biangulation*; as localizações indicadas foram lançadas em base cartográfica, no programa ArcGis v 9.1 (ESRI 2005). Tratamentos estatísticos preliminares não revelaram diferenças significativas (Teste Kruskal-Wallis; $P > 0,05$) entre os sexos e as sessões de monitoramento, no que se refere às frequências de encontro dos indivíduos, sendo os dados então agrupados para análise. As distâncias de vôo foram calculadas por meio das recapturas em parcelas diferentes (considerando as distâncias lineares entre elas) e da distância linear entre as localizações extremas geradas para os indivíduos monitorados via radiotelemetria. As áreas mínimas de vida foram calculadas pelo método do Mínimo Polígono Convexo (MPC) (White & Garrott 1990). Para avaliar uma possível relação entre a fidelidade das espécies aos fragmentos (*A. lituratus*) ou às parcelas (*C. perspicillata*), foram gerados gráficos de dispersão utilizando a porcentagem de recapturas no local de origem e a densidade de *Ficus* spp. e Piperaceae, respectivamente.

Resultados

Marcação e recaptura

No período de fevereiro de 2006 a janeiro de 2008 foram capturados e marcados 1581 morcegos de seis espécies (Anexo I), sendo a maioria *Artibeus lituratus* (82,3% do total; 915 marcações) e *Carollia perspicillata* (385 marcações). Considerando os esforços anteriores de anilhamento (Bianconi *et al.* 2004, 2006), a amostra total de indivíduos marcados consistiu em 1.302 *A. lituratus* e 501 *C. perspicillata*.

Para *A. lituratus*, a taxa de recaptura foi de apenas 2,2% (29 dos 1.302 indivíduos marcados), havendo cinco espécimes recapturados duas vezes. A espécie também exibiu um baixo número e percentual de animais recapturados na mesma parcela de anilhamento (Tabela 1). O intervalo médio entre marcações e recapturas foi de 242 dias, variando de 1 a 1.507 dias (4,3 anos), valor máximo registrado para uma fêmea (P2 para P3). Dos espécimes de *C. perspicillata* marcados ($n = 501$), 116 foram recapturados uma única vez (taxa de 23,1%) e 23 duas ou mais vezes (16 duplas

recapturas, cinco triplas, uma quádrupla e uma quántupla). A maioria das recapturas ($n = 81$, 70%) e múltiplas recapturas ($n = 15$, 65%) ocorreram na mesma parcela de anilhamento, com destaque para aquelas em formações aluviais (Tabela 2). O intervalo médio entre marcações e recapturas foi de 140,6 dias, variando de 1 a 1.697 (4,6 anos), valor extremo também registrado para uma fêmea (G1 para P3).

Tabela 1. Percentual (e número) de indivíduos/espécie recapturados na mesma parcela de anilhamento estabelecidas em fragmentos de Floresta Atlântica localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil.

Parcela de recaptura (formação florestal)	Espécie de morcego	
	<i>Artibeus lituratus</i>	<i>Carollia perspicillata</i>
P1 (aluvial)	0 ($n = 0$)	24,4 ($n = 8$)
P2 (submontano)	0,9 ($n = 1$)	10,3 ($n = 3$)
P3 (submontano)	1,2 ($n = 5$)	11,9 ($n = 12$)
G1 (aluvial)	2,6 ($n = 2$)	25,7 ($n = 9$)
G2 (aluvial)	0 ($n = 0$)	3,4 ($n = 1$)
C1 (submontano)	1,7 ($n = 2$)	11,8 ($n = 2$)
C2 (aluvial)	0 ($n = 0$)	12,9 ($n = 4$)
V1 (aluvial)	1,2 ($n = 2$)	19,4 ($n = 7$)
V2 (submontano)	0 ($n = 0$)	26,2 ($n = 21$)
B1 (submontano)	1,4 ($n = 2$)	12,7 ($n = 14$)
Média	0,9	15,9

Densidade de Piperaceae e Ficus spp. versus recapturas dos morcegos

Foram marcados 261 indivíduos de *Ficus* spp. nos sete fragmentos florestais, representando sete espécies (Tabela 2). Os percentuais de indivíduos de *A. lituratus* recapturados no mesmo fragmento de anilhamento não demonstraram qualquer relação com a densidade local de figueiras (Figura 2).

Tabela 2. Riqueza e densidade (por hectare) de *Ficus* spp. em sete fragmentos de Floresta Atlântica do sul do Brasil, utilizados para marcação e recaptura de morcegos.

Espécie	Densidade de indivíduos por hectare para cada fragmento ¹						
	PVR	CA1	CA2	GUA	SV1	SV2	BAR
<i>Ficus glabra</i> Vell.	0,407	0,636	0,954	0,750	0,700	0,830	0,249
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat.	0,370	0,108	0,162	0	0,200	0	0,067
<i>Ficus insipida</i> Willd.	1,019	0,436	0,290	0,541	0,400	1,666	0,316
<i>Ficus monckii</i> Hass.	0,019	0	0	0	0	0	0
<i>Ficus</i> sp.1	0,019	0	0	0	0	0	0
<i>Ficus</i> sp.2	0	0	0	0,208	0	0	0
<i>Ficus</i> sp.3	0	0	0,0434	0	0	0	0
Total	1,834	1,180	1,449	1,499	1,300	2,496	0,632

¹ PVR: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, CA1: Cagibi I, CA2: Cagibi II, GUA: Guajuvira, SV1: Santa Vitória I, SV2: Santa Vitória II, BAR: Barbacena.

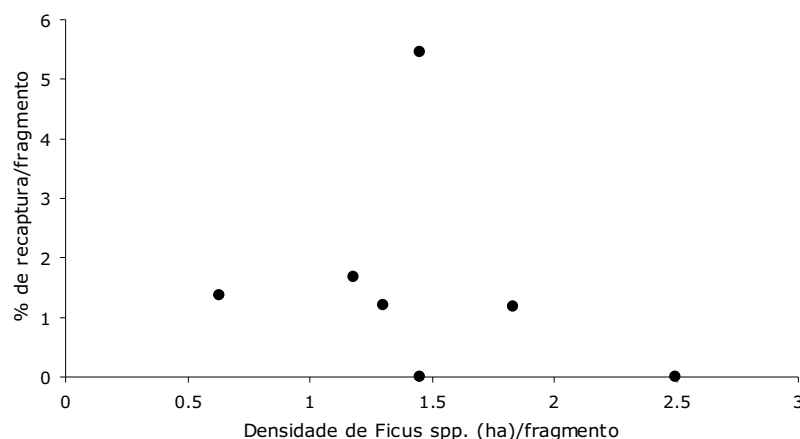


Figura 2. Percentual de indivíduos de *Artibeus lituratus* recapturados em seus fragmentos de origem, em relação à densidade (em indivíduos/hectares) de *Ficus* spp. por fragmento.

Foram marcados 2.547 indivíduos de Piperaceae nas oito parcelas amostrais, representando dois gêneros (*Piper* L. e *Ottonia* Miq.) e dez espécies (Tabela 3). *Carollia perspicilata*, além de exibir a maioria das recapturas e múltiplas recapturas na mesma parcela de anilhamento, demonstrou, de forma geral, um discreto aumento nas freqüências de recaptura em relação à densidade de piperáceas, em especial para formações aluviais (Figura 3).

Tabela 3. Riqueza e densidade de Piperaceae em oito parcelas amostrais de 1 ha utilizadas para marcação e recaptura de morcegos em fragmentos de Floresta Atlântica do sul do Brasil.

Espécie	Densidade de indivíduos por parcela amostral							
	P1	P2	P3	G2	C2	V1	V2	B1
<i>Piper amalago</i> L.	36	120	60	200	260	152	316	380
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	20	8	4	40	16	4	8	0
<i>Piper crassinervium</i> H.B. & K.	72	4	0	0	0	0	4	32
<i>Piper dyospyrifolium</i> Kunth	12	1.732	396	32	56	324	112	540
<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth	312	304	264	268	52	352	952	40
<i>Piper hispidum</i> Sw.	548	236	300	112	156	88	576	408
<i>Piper lindbergii</i> C.DC.	0	16	0	16	20	24	0	4
<i>Piper</i> sp.1	0	12	72	0	0	0	16	0
<i>Piper</i> sp.2	60	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ottonia</i> sp.	8	0	0	8	12	0	4	8
Total	1.068	2.432	1.096	676	572	944	1.988	1.412

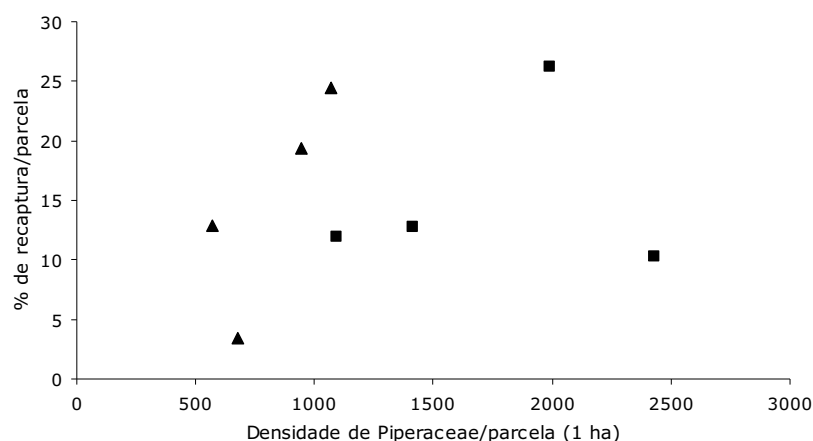


Figura 3. Percentual de indivíduos de *Carollia perspicillata* recapturados em seus locais de origem, representados por parcelas aluviais (triângulos) e submontano (quadrados), em relação à densidade (em indivíduos / 1 hectare) de piperáceas por parcela.

Movimentos

Ao todo, foram registrados 78 deslocamentos entre parcelas, sendo 20 para *A. lituratus* e 58 para *C. perspicillata*. Setenta e três destes (93,6% do total) ocorreram entre diferentes fragmentos florestais, nas mais variadas combinações e sentidos (Figuras 4 e 5; Anexo II). Destacam-se, no entanto, os movimentos preferenciais de *C. perspicillata* entre V2 e B1 (21 dos seus 54 registros inter fragmentos; 38,9%) (Figura 5).

As distâncias lineares de deslocamento, obtidas com base na marcação e recaptura, variaram de 0,9 (P2 – P3, intrafragmentos) a 13,2 km (B1 – P3, inter fragmentos) para *A. lituratus*, e de 0,7 (G1 – G2, intrafragmentos) a 13,2 km (B1 – P3, inter fragmentos) para *C. perspicillata*.

Radiotelemetria

Um total de 988 sinais de ambas as espécies foram registrados; destes, 55% (n = 543) foram selecionados com base na sua qualidade, para análise dos movimentos, gerando 145 localizações para todos os morcegos marcados (81 para *A. lituratus* e 64 para *C. perspicillata*).



Figura 4. Movimentos de *Artibeus lituratus* ($n = 19$), registrados com base em marcação e recaptura, entre fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil, registrados no período de julho de 2002 a janeiro de 2008. Os nomes dos fragmentos e parcelas são listados na Figura 1 e nos métodos. O número de registros para cada direção é indicado no círculo próximo à ponta da flecha e não se referem a movimentos de um único indivíduo.



Figura 5. Movimentos de *Carollia perspicillata* ($n = 54$), registrados com base em marcação e recaptura, entre fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil, registrados no período de julho de 2002 a janeiro de 2008. Os nomes dos fragmentos e parcelas são listados na Figura 1. O número de registros para cada direção é indicado no círculo próximo à ponta da flecha e não se referem a movimentos de um único indivíduo.

Dos 16 *A. lituratus* equipados com rádio-transmissores, dez (62,5% do total) tiveram seus movimentos documentados, com duas a 23 localizações (média $8,9 \pm 6,9$); para os demais ($n = 6$) o sinal foi definitivamente perdido logo nos primeiros minutos após a soltura (Tabela 4), aparentemente devido a deslocamentos para fora da área de estudo, uma vez que não havia qualquer indício de mal funcionamento dos equipamentos, nem problemas quanto ao relevo da região. A inconstância no encontro de sinais foi uma característica marcante para a espécie, com indivíduos ora sendo detectados, ora não, por períodos de um a nove dias (média $2,8 \pm 2,3$).

Tabela 4. Indivíduos de *Artibeus lituratus* monitorados com rádio-transmissores em duas sessões: (1) 16 de agosto a 06 de outubro de 2007, (2) 15 de março a 20 de abril de 2008, em quatro fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil.

Ind.	Sexo	Local ¹	Sessão	Número de localizações	Intervalo de monitoramento ²	Área (ha) ³	Movimento (km) ⁴
AL1	F	PVR	1	5	10	22,2	1,8
AL2	M	PVR	1	10	11	23,9	2,3
AL3	F	GUA	1	17	34	14,7	0,9
AL4	M	GUA	1	0	0	-	-
AL5	F	SV2	1	3	3	4,2	0,7
AL6	M	SV2	1	23	30	15,3	0,6
AL7	F	BAR	1	0	0	-	-
AL8	M	BAR	1	0	0	-	-
AL9	F	PVR	2	0	0	-	-
AL10	M	PVR	2	0	0	-	-
AL11	F	GUA	2	3	4	8,2	0,9
AL12	M	GUA	2	0	0	-	-
AL13	F	SV2	2	1	1	-	-
AL14	M	SV2	2	7	8	9,7	0,4
AL15	F	BAR	2	3	10	3,1	0,7
AL16	M	BAR	2	16	25	31,4	1,0

¹ Local de captura e soltura – PVR: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, GUA: Guajuvira, SV2: Santa Vitória II, BAR: Barbacena.

² Período (dias) entre a segunda noite pós soltura e a última localização do indivíduo.

³ Área obtida por meio do método do Mínimo Polígono Convexo (MPC).

⁴ Distância linear entre as localizações extremas geradas para os indivíduos.

A amostra de dados indica variabilidade no uso do hábitat fragmentado e, em alguns casos, manutenção temporária de sítios de alimentação, com o estabelecimento de abrigos em áreas vicinais a estes. Indivíduos de *A. lituratus* foram localizados em ambiente florestal (interior e borda), pomares de frutíferas exóticas, sobre a matriz de soja e cana-de-açúcar, margem do rio Ivaí, e na área urbana (Figuras 6 a 11). Poleiros diurnos foram estabelecidos em borda e interior da floresta, com destaque para AL2 que, após permanecer por quatro dias consecutivos no Parque, foi encontrado na folhagem densa de uma mangueira

(*Mangifera* sp., ca.10 m de altura) no centro da cidade de Fênix (Figura 6). A partir de então, foi regularmente monitorado (sete dias consecutivos) em atividade de forrageio no perímetro do abrigo (< 180 m), alimentando-se de frutíferas exóticas e nativas (goiaba *Psidium guajava* L. - Myrtaceae, jaboticaba *Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg. - Myrtaceae, banana *Musa* sp. - Musaceae, e jerivá *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. - Arecaceae). AL3 passou a ocupar um abrigo diurno (não identificado) próximo ao ponto de soltura, sendo registrado no local por cinco dias consecutivos (Figura 7).

Um dos animais (AL6) marcados em Santa Vitória II, foi detectado por 23 dias consecutivos na divisa norte do fragmento; no mesmo período, utilizava um poleiro diurno (não identificado) em borda florestal a cerca de 500 m da área de forrageio (Figura 8). AL11 foi localizado por apenas três dias consecutivos, em seu fragmento de origem (Guajuvira) (Figura 9). Dois animais, AL14 e AL16, foram encontrados próximos ao local de soltura por sete e 12 dias consecutivos, respectivamente (Figuras 10 e 11). No caso particular de AL16, após dez dias de ausência, voltou a freqüentar a mesma porção florestal, quando seu transmissor foi encontrado caído no chão (25º dia) (Figura 11). O indivíduo AL15 foi localizado apenas em duas oportunidades, nos dois dias que se seguiram à soltura; seu transmissor foi igualmente recuperado (Figura 11).

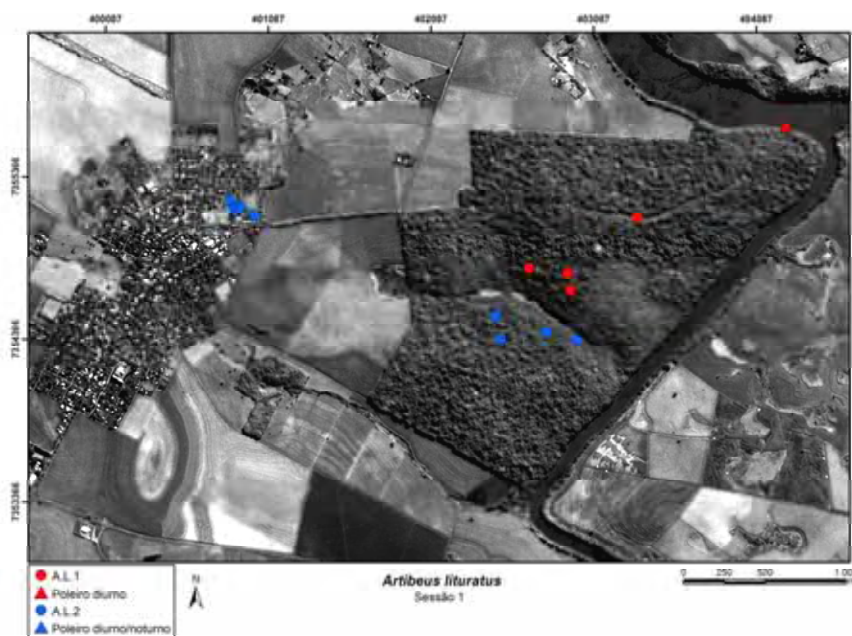


Figura 6. Localizações de dois indivíduos de *Artibeus lituratus* (pontos vermelhos: AL1, azuis: AL2) monitorados por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, na confluência dos rios Ivaí e Corumbataí, o perímetro urbano e áreas rurais do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil.



Figura 7. Localizações de um indivíduo de *Artibeus lituratus* (AL3) monitorado por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Guajuvira, na margem do rio Ivaí, e área rural, no município de Fênix, estado do Paraná, Brasil.

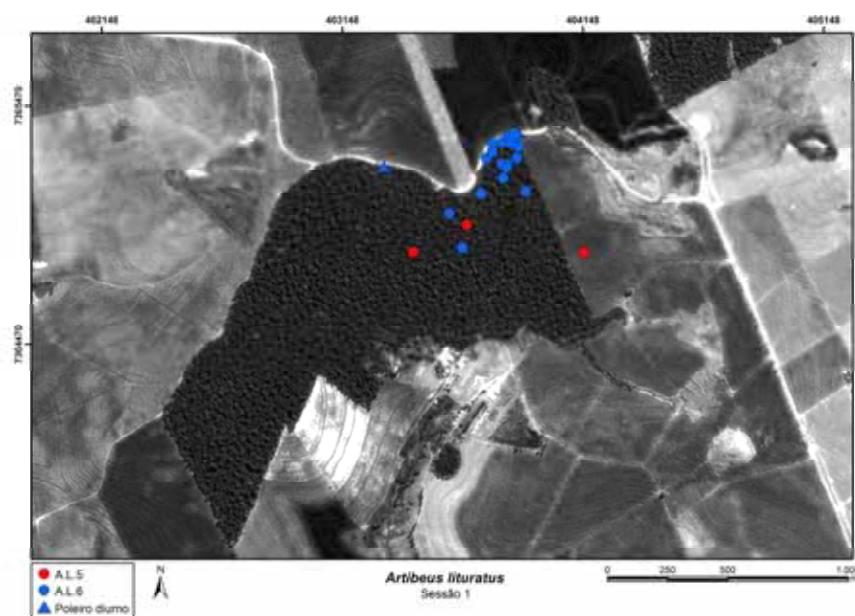


Figura 8. Localizações de dois indivíduos de *Artibeus lituratus* (pontos vermelhos: AL5, azuis: AL6) monitorados por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Santa Vitória II e área rural, no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil.



Figura 9. Localizações de um indivíduo de *Artibeus lituratus* (AL11) monitorado por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui o fragmento Guajuvira, na margem do rio Ivaí, e área rural do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil.

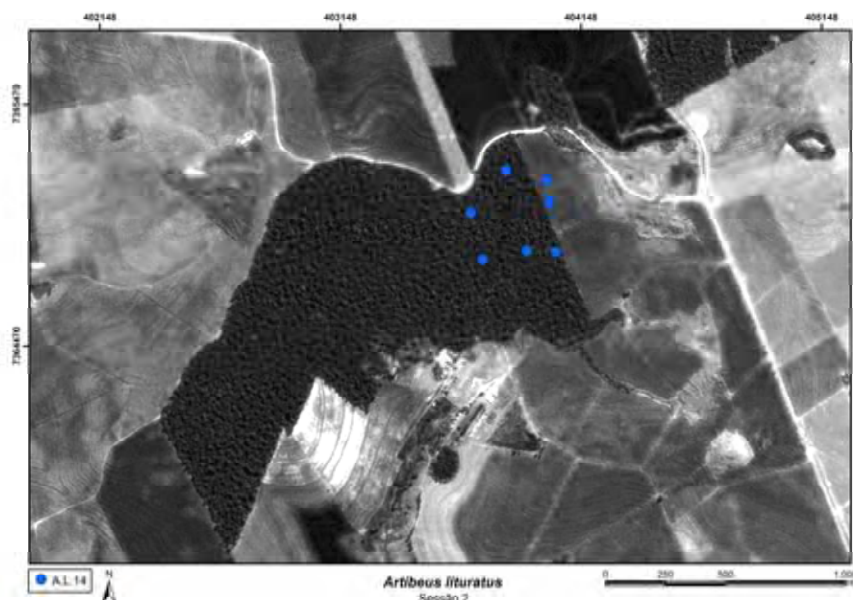


Figura 10. Localizações de um indivíduo de *Artibeus lituratus* (AL14) monitorado por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui o fragmento Santa Vitória II, no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil.

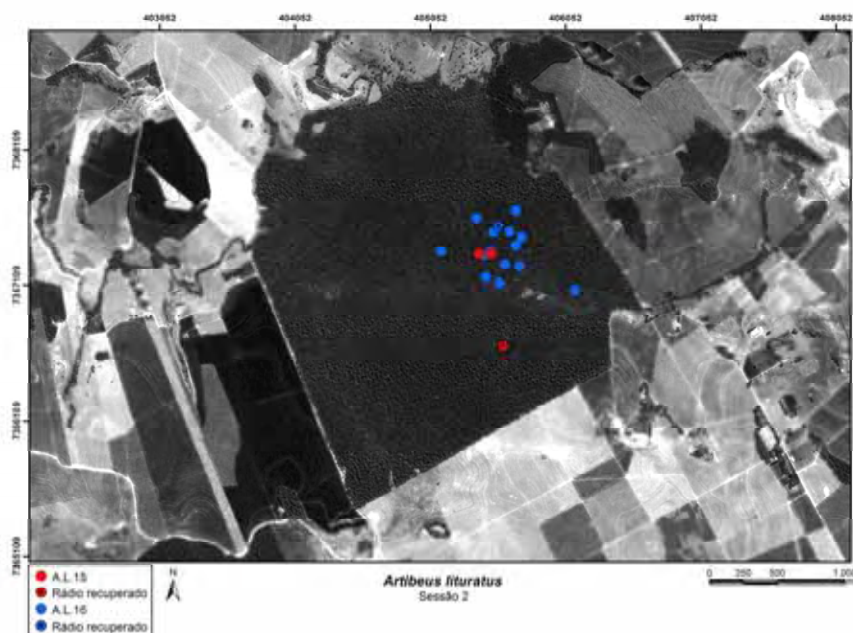


Figura 11. Localizações de dois indivíduos de *Artibeus lituratus* (pontos vermelhos: AL15, azuis: AL16) monitorados por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui o fragmento Barbacena e área rural, no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil.

Para *Carollia perspicillata*, foram documentados movimentos de 11 indivíduos (68,7% do total), localizados de 1 a 11 vezes (média $5,0 \pm 3,4$) (Tabela 5). Os sinais dos outros cinco indivíduos não foram mais encontrados poucos minutos após a soltura, sugerindo, como no caso de *A. lituratus*, deslocamentos para fora da área de estudo. Também houve inconstância no encontro por sinais, com indivíduos ausentes na área de estudo por períodos de 1 a 21 dias (média $4,5 \pm 6,14$).

Os resultados de *C. perspicillata* igualmente apontam para a variabilidade no uso hábitat fragmentado, com localizações freqüentes em ambientes não florestais, representados por plantios de soja, pomares e capoeiras, bem como a utilização conjunta de dois remanescentes (Figuras 12 a 16). Percebe-se o uso intenso e regular (de seis a dez dias consecutivos) de formações aluviais, incluindo o estabelecimento de dois abrigos diurnos (CP3) no barranco do rio Ivaí (dois dias consecutivos), na Guajuvira (Figura 12), e um (CP12) em árvore morta (um dia), no Parque Vila Rica (Figura 15). Por duas ocasiões, os sinais recebidos de CP12 indicaram deslocamentos entre esses dois remanescentes florestais (ambas as direções), com vôos muito próximos ao rio (Figura 15). No oitavo dia de monitoramento, seu transmissor foi encontrado em um regurgito de coruja (não identificada), indicando predação.

Outros poleiros foram registrados para bordas florestais (CP4 e CP14 – utilizados por apenas um dia) (Figuras 12 e 16) e em áreas intensamente antropizadas (Figuras 14 e 15). É o caso de CP9, que utilizou por dois dias um celeiro (propriedade rural) distante cerca de 2 km do local de soltura (Parque Vila Rica) (Figura 14), e CP11, que se abrigou por 15 dias em uma caixa de irrigação abandonada no meio da plantação de soja, distante cerca de 700 m de seu fragmento de origem (Guajuvira) (Figura 15). Os pontos anotados e as direções de vôo percebidas quando saía do abrigo sugerem uma área de forrageio superior a 500 hectares.

Tabela 5. Indivíduos de *Carollia perspicillata* monitorados por meio de rádio-transmissores em duas sessões: (1) 16 de agosto a 06 de outubro de 2007, (2) 15 de março a 20 de abril de 2008, em quatro fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil.

Ind.	Sexo	Local ¹	Sessão	Número de localizações	Intervalo de monitoramento ²	Área (ha) ³	Movimento (km) ⁴
CP1	F	PVR	1	1	2	-	-
CP2	M	PVR	1	1	1	-	-
CP3	F	GUA	1	11	34	8,6	0,6
CP4	M	GUA	1	7	10	44,6	1,8
CP5	F	SV2	1	0	0	-	-
CP6	M	SV2	1	0	0	-	-
CP7	F	BAR	1	3	10	3,1	0,7
CP8	M	BAR	1	0	0	-	-
CP9	F	PVR	2	5	7	104,9	2,6
CP10	M	PVR	2	2	2	-	0,4
CP11	F	GUA	2	10	17	129,7	2,8
CP12	M	GUA	2	8	8	246,5	4,3
CP13	F	SV2	2	2	2	-	1,7
CP14	M	SV2	2	5	18	14,7	1,0
CP15	F	BAR	2	0	0	-	-
CP16	M	BAR	2	0	0	-	-

¹ Local de captura e soltura – PVR: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, GUA: Guajuvira, SV2: Santa Vitória II, BAR: Barbacena.

² Período (dias) entre a segunda noite pós soltura e a última localização do indivíduo.

³ Área obtida por meio do método do Mínimo Polígono Convexo (MPC).

⁴ Distância linear entre as localizações extremas geradas para os indivíduos.



Figura 12. Localizações de dois indivíduos de *Carollia perspicillata* (pontos vermelhos: CP3, azuis: CP4) monitorados por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Guajuvira, na margem do rio Ivaí, e área rural do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil.



Figura 13. Localizações de um indivíduo de *Carollia perspicillata* (CP7) monitorados por radiotelemetria no período de 16 de agosto a 06 de outubro de 2007. A imagem inclui o fragmento Barbacena e área rural do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil.

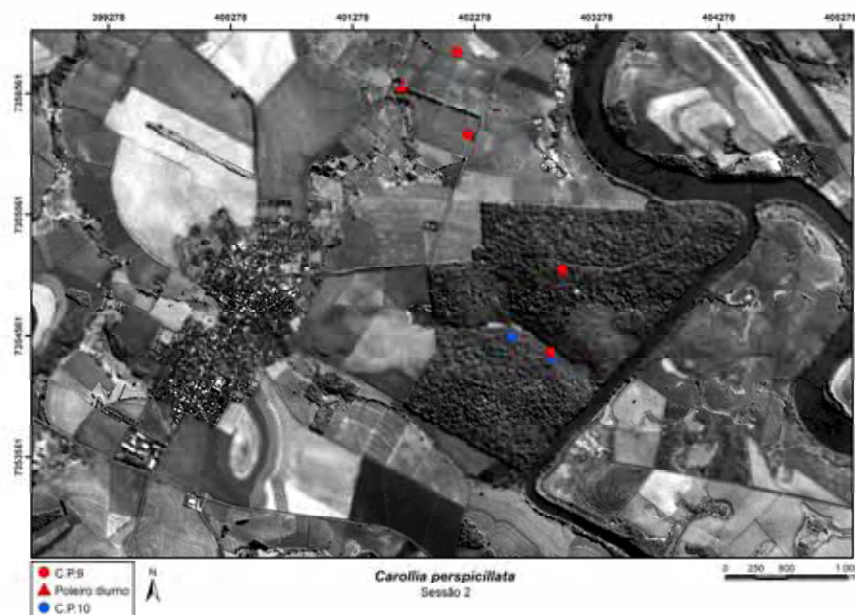


Figura 14. Localizações de dois indivíduos de *Carollia perspicillata* (pontos vermelhos: CP9, azuis: CP10) monitorados por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui o Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, na confluência dos rios Ivaí e Corumbataí, o perímetro urbano e áreas rurais do município de Fênix, estado do Paraná, Brasil.

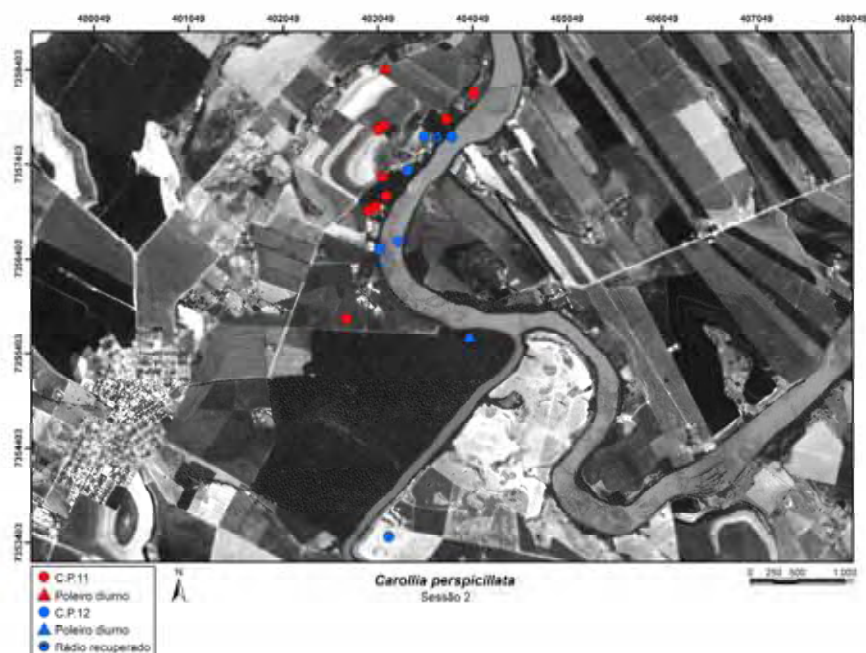


Figura 15. Localizações de dois indivíduos de *Carollia perspicillata* (pontos vermelhos: CP11, azuis: CP12) monitorados por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2008. A imagem inclui os fragmentos Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo (parte inferior) e Guajuvira, no município de Fênix, estado do Paraná, Brasil.



Figura 16. Localizações de dois indivíduos de *Carollia perspicillata* (pontos vermelhos: CP13, azuis: CP14) monitorados por radiotelemetria no período de 15 de março a 20 de abril de 2009. A imagem inclui o fragmento Santa Vitória II (parte inferior) e Barbacena (parte superior), no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, Brasil.

A distância média de deslocamento registrada para *A. lituratus*, com base na radiotelemetria, foi de 1,0 km, variando de 0,4 a 2,3 km (Tabela 4). *Carollia perspicillata* exibiu uma distância média de 1,7 km, variando de 0,4 a 4,3 km (Tabela 5). A amostra de indivíduos que permitiram o traçado de poligonais (i.e. com pelo menos três localizações) para cálculo da área foi equivalente a nove *A. lituratus* (56,2% do total) e sete *C. perspicillata* (43,7%). A área mínima de vida (MPC) obtida para as espécies variou de 3,1 a 31,4 ha para *A. lituratus* (em dez e 25 dias, respectivamente) (média $14,7 \pm 9,0$), e de 3,1 a 246,5 ha para *C. perspicillata* (10 e sete dias, respectivamente) (média $78,9 \pm 82,2$) (Tabelas 4 e 5).

Discussão

Os resultados indicaram uma alta mobilidade de ambas as espécies, dentro e entre os remanescentes florestais. Embora *Carollia perspicillata* não tenha mantido uma área restrita de forrageio, demonstrou fidelidade a determinados habitats. *Artibeus lituratus*, por sua vez, exibiu baixa fidelidade, grande área de forrageio e uso conjunto das florestas da região.

A pequena taxa de recaptura (2,2%) observada para *A. lituratus*, sugere uma grande área de vida e um comportamento de pouca fidelidade aos fragmentos. Este padrão foi inicialmente sugerido para região (marcação e recaptura) por Bianconi *et al.* (2006) e é reforçado pelo baixo percentual de indivíduos recapturados na mesma parcela de anilhamento (Tabela 1). Movimentos de filostomídeos frugívoros são freqüentemente interpretados com base na disponibilidade de alimento (Lemke 1984, Handley *et al.* 1991, Cosson *et al.* 1999, Mello *et al.* 2008). Sabe-se, por exemplo, que o gênero *Artibeus* é especialista no consumo de *Ficus* (Moraceae) (Fleming & Heithaus 1981, Handley *et al.* 1991, Galetti & Morellato 1994), respondendo intensamente aos seus padrões de frutificação (e.g. Fleming & Heithaus 1981, Medina *et al.* 2007). Se considerarmos que estas plantas são encontradas em baixa densidade (Tabela 1), possuem frutificação assincrônica, disponibilizando uma grande quantidade de frutos por um período curto de tempo (10 a 15 dias), podemos esperar uma alta mobilidade desses frugívoros na busca por áreas de alimentação (Morrison 1978, Bonaccorso & Gush 1987, Cosson *et al.* 1999, Stockwell 2001, Bianconi *et al.* 2006). Os resultados sugerem que a densidade de figueiras não determina o uso mais ou menos freqüente de um fragmento (Figura 2). Na região, onde pelo menos cinco espécies de *Ficus* são intensamente consumidas por *A. lituratus* e seus congêneres (*A. fimbriatus* e *A. jamaicensis*) (Mikich 2002, Capítulo II desta tese), a oferta de frutos dos indivíduos, que não é previsível dentro do espaço e tempo, é que deve determinar os deslocamentos e o uso do hábitat por esse filostomídeo.

Morrison (1980) identificou em Barro Colorado, grupos de *Artibeus lituratus* utilizando até onze abrigos em pouco mais de 30 dias, sendo a maioria deles mantidos por um ou dois dias. Ele também relata que alguns morcegos foram avistados 15 vezes durante 26 dias, utilizando quatro locais extremamente próximos (cerca de 50 m). Os poucos dados obtidos para a área de estudo estão de acordo com essas observações; primeiro porque a inconstância no encontro de alguns animais sugere que tenham estabelecido poleiros em áreas distintas, fora do retângulo amostral; segundo, porque houve fidelidade temporária a alguns sítios específicos da matriz alterada ou dos fragmentos, por períodos de cinco a 23 dias. Conforme destacado por outros autores (e.g. Morrison 1980, Schulze *et al.* 2000, Galindo-González *et al.* 2000), esse comportamento pode ocorrer em resposta à disponibilidade de frutos em árvores isoladas, os quais numa paisagem degradada assumem um papel importante para os morcegos, mantendo-os em pontos vicinais à fonte alimentar crítica, por alguns dias.

O fato da maioria dos indivíduos de *A. lituratus* monitorados por radiotelemetria terem desaparecido em definitivo ou por alguns períodos da região,

sugere uma área de vida claramente superior à máxima observada (31,4 ha). As distâncias obtidas por meio da técnica de anilhamento (i.e. com base nas distâncias entre as parcelas de marcação e recaptura) comprovam o uso conjunto dos fragmentos em uma matriz dominada por cultivos agrícolas, uma vez que 19 indivíduos cruzaram-na ao menos uma vez (Figura 4). Observações recentes sobre a recaptura de *Artibeus* spp. marcados em ilhas da costa atlântica brasileira reforçam essa idéia. Costa *et al.* (2006), por exemplo, registraram um deslocamento de 21,7 km para *A. fimbriatus*, sendo 17 km sobre o mar (matriz inóspita, para o grupo em questão); Menezes Jr. *et al.* (2008) relatam 34,7 km para *A. lituratus*, 0,5 km sobre o mar. Outras evidências nesse sentido são dadas com base em distâncias reais determinadas por radiotelemetria, como Morrison (1978), que relata para *A. jamaicensis* de Jalisco, México, deslocamentos diários de até 10 km.

A alta taxa de recaptura de *C. perspicillata* (23,1%), especialmente na parcela de origem, foi igualmente observada por Bianconi *et al.* (2006) e pode ser interpretada como maior fidelidade a determinados locais. Este frugívoro tem como principal estrato de forrageio o sub-bosque arbustivo da floresta (Fleming 1988, Cosson *et al.* 1999, Stockwell 2001), alimentando-se preferencialmente de piperáceas (Fleming 1988, Palmeirim *et al.* 1989, Mello *et al.* 2004, Giannini & Kalko 2004). Por serem esses frutos comuns, abundantes e previsíveis nos fragmentos estudados (veja Tabela 2), o forrageio deste *Carollinae* tende a ser mais localizado, espacial e temporalmente; condição que, na área, parece refletir em aumento da frequência de uso de determinadas parcelas, em relação à sua densidade de frutos (Figura 3).

Percebe-se uma preferência de *C. perspicillata* por ambientes aluviais. Além dos dados de recaptura, a constância de uso desses ambientes foi igualmente assinalada pela radiotelemetria, que localizou indivíduos em vôos muito próximos às margens dos grandes rios, com o estabelecimento de poleiros diurnos nesses locais. A maioria dos registros se deram para o fragmento Guajuvira (24 ha), que é totalmente representado por floresta aluvial e possui grande comprimento de borda. Tais preferências, em geral, são relacionadas a espécies insetívoras (Limpens & Kapteyn 1991) e revelam a importância desses corredores naturais (vegetação nativa ao longo de rios) para a dispersão dos morcegos. Bordas, por exemplo, podem representar uma ótima combinação de diversos fatores quando comparadas às clareiras abertas ou mesmo aos fragmentos florestais. Elas são menos desordenadas do que as florestas, facilitando o deslocamento e o forrageio dos morcegos; podem até mesmo ser utilizadas como corredores navegacionais,

como já sugerido para espécies insetívoras (Limpens & Kapteyn 1991, Crampton & Barclay 1996, Grindal 1996).

Dados recentes de marcação/recaptura para *C. perspicillata* e *Uroderma bilobatum* Peters, 1866 (Stenodermatinae), indicaram que, embora ambas as espécies voem sobre áreas abertas (ambiente aquático), *C. perspicillata* parece ser mais relutante em cruzar a matriz inóspita (Meyer & Kalko *in press*, *apud* Meyer *et al.* 2009). No presente estudo, apesar da tendência de fidelidade a alguns habitats, os resultados de radiotelemetria atestaram que este Carollinae pode se mover regularmente entre os blocos de vegetação, utilizando-os de forma cumulativa. Esta conclusão foi reforçada pelo programa de anilhamento que, ao longo de sete anos, registrou 54 movimentos entre os fragmentos florestais, alguns com distâncias superiores a 10 km (Figura 5). De acordo com Fleming (1988), a abundância e a distribuição espacial (*patchness*) de recursos, são fatores fundamentais a influenciar as distâncias e freqüências de vôo deste Carollinae nas florestas úmidas tropicais da Costa Rica. Segundo ele, quanto menor a disponibilidade de frutos no ambiente, maiores os deslocamentos entre as áreas de alimentação. A forte associação entre uso do ambiente e distribuição de piperáceas foi igualmente verificada em estudos no México (Galindo-González & Sosa 2003), Costa Rica (Heithaus & Fleming 1978, Fleming & Heithaus 1986, Fleming 1988, Fleming 1991), Guiana Francesa (Cosson *et al.* 1999) e Brasil (Faria & Baumgarten 2007). O fato é que, ainda que as piperáceas da região disponibilizem frutos ao longo de todo o ano, há marcada variação interespecífica na maturação (Mikich & Silva 2001) e elevada heterogeneidade na riqueza e densidade das espécies entre as parcelas (Tabela 2) – padrão extrapolável aos fragmentos. Esta condição, aliada à preferência de *C. perspicillata* por determinados frutos (Mikich 2002, Capítulo 2), pode justificar sua mobilidade por na paisagem fragmentada, refletida pelas grandes distâncias percorridas e áreas de vida observadas (Tabela 5).

Além dos ambientes florestais, indivíduos de *A. lituratus* e *C. perspicillata* foram localizados numa variedade de habitats antropizados. Este é um padrão comum em amostragens com redes-de-neblina em cenários tipicamente representados por mosaicos de pasto e agricultura que cercam pequenos remanescentes florestais no neotrópico (e.g. Estrada *et al.* 1993, Estrada & Coates-Estrada 2002, Galindo-González *et al.* 2000, Medina *et al.* 2007). Recentemente, na Nicarágua, Medina *et al.* (2007) registraram *A. lituratus* e outros congêneres (*A. jamaicensis*, *A. intermedius* J.A. Allen, 1897, *A. watsoni* Thomas, 1901) em todos os elementos de uma paisagem degradada (p.ex.: corredores ciliares, cercas vivas, pastagens com poucas e muitas árvores, etc). Faria & Baumgarten (2007), por exemplo, observaram uma alta freqüência de *C. perspicillata* em plantações de

cacau ('cabruças') na Floresta Atlântica do sul da Bahia. A justificativa para tanto quase sempre recai na distribuição e densidade de recursos, especialmente o alimento. O estabelecimento de poleiros diurnos pode igualmente ser justificado pela disposição de áreas de alimentação (Fleming 1988, Thies *et al.* 2006); embora a importância relativa de outros fatores, como riscos de predação (Fenton *et al.* 1994), controle de parasitas e microclima (Lewis 1995), também devam ser considerados. Chama a atenção o encontro de dois abrigos artificiais no meio da matriz agropecuária. Suas distâncias para os fragmentos implicavam em deslocamentos consideráveis através da matriz desprotegida, o que remete a potenciais problemas relacionados à predação.

Como já visto em outros estudos (e.g. Estrada *et al.* 1993, Estrada & Coates-Estrada 2002, Galindo-González *et al.* 2000, Medina *et al.* 2007, Faria & Baumgarten 2007), o uso da paisagem fragmentada por morcegos neotropicais é basicamente o produto de oportunidades de forrageio e abrigo. Embora não seja possível entender completamente o papel desses recursos para *A. lituratus* e *C. perspicillata* na área de estudo, sua disponibilidade demonstrou ser significativa no processo. Se lembrarmos que o grau de conectividade entre diferentes elementos da paisagem é reduzido nos mosaicos que cercam os fragmentos de Floresta Atlântica no Brasil, podemos esperar mudanças nos padrões de dispersão e uso do hábitat pelos filostomídeos frugívoros.

As localizações geradas pela radiotelemetria não apoiam a hipótese inicial de que *C. perspicillata* mantém uma área restrita de forrageio; no entanto, a fidelidade a determinados habitats foi comprovada pelas muitas recapturas na mesma parcela de anilhamento. Para *A. lituratus*, as duas técnicas (marcação-recaptura e radiotelemetria) reforçam a hipótese inicial de baixa fidelidade aos habitats, grande área de forrageio e uso conjunto das florestas da região. Embora inóspita, a matriz agropecuária da região parece não inibir os deslocamentos de ambas as espécies, que são tidas como relevantes no processo de dispersão de sementes e, conseqüentemente, na recuperação de áreas degradadas.

Agradecimentos

À *Embrapa Florestas* (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) pelo suporte logístico e financeiro ao projeto. Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP), Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Paraná (SEMA), Fundo Estadual do Meio Ambiente (FEMA), Mater Natura - Instituto de Estudos Ambientais, Setor de Gestão Ambiental da Empresa Vale do Ivaí S/A, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São

Paulo (FAPESP – processo 2007/03506-1), e Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da UNESP Rio Claro por outros auxílios. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado. À Polícia Militar do Paraná (DPM de São Pedro do Ivaí e Força Verde, Pelotão de Maringá) por sua atuação e apoio às atividades de campo. Ao Alexandre C. de Azevedo, Anderson C. Branco, Arthur A. Bispo de Oliveira, Carlos E. Conte, Carlos R. Brocardo, Carolina R. C. Müller, Daniel C. Carneiro, Dorival J. Sete, Fábio Z. Farneda, Janael Ricetti, Fabiana R. Mendes, Lays C. Parolin, Leonardo R. Deconto, Leonardo G. D. Gustman, Paul F. Colas-Rosas, Rodrigo P. Di Napoli, Urubatan S. Suckow, Wagner R. Lacerda e Zaqueu pelo auxílio nas atividades de campo desde o ano de 2002. Ao Marco A. Mello, Cecília Kierulff, Henrique O. Filho, Fabiana R. Mendes, Urubatan S. Suckow, Camila Almeida e, especialmente, Sandra B. Mikich e Ariovaldo P. Cruz Neto pelas contribuições e comentários às versões preliminares do capítulo.

Referências bibliográficas

- Anthony, E.L.P. 1988. Age determination in bats, p. 47-58. *In*: Kunz, T.H. (Ed.). Ecological and behavioral methods for the study of bats. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., London.
- Bernard, E; Fenton, M.B. 2003. Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 35(2): 262-277.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B., Pedro, W.A. 2004. Diversidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em remanescentes florestais do município de Fênix, noroeste do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 2(4): 943-954.
- Bianconi, G.V.; Mikich, S.B.; Pedro, W.A. 2006. Movements of bats (Mammalia, Chiroptera) in Atlantic Forest remnants in southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(4): 1199-1206.
- Bonaccorso, F.J.; Gush, T.J. 1987. Feeding behaviour and foraging strategies of captive phyllostomid fruit bats: an experimental study. *Journal of Animal Ecology* 56(3): 907-920.
- Cosson, J.; Pons, J.; Masson, D. 1999. Effects of forest fragmentation on frugivorous and nectarivorous bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 15(4): 515-534.

- Costa, L.M.; Prata, A.F.D.; Moraes, D.; Conde, C.F.V.; Jordão-Nogueira, T.; Esbérard, C.E.L. 2006. Deslocamento de *Artibeus fimbriatus* sobre o mar. *Chiroptera Neotropical* 12(2): 289-290.
- Crampton, L.H.; Barclay, R.M.R. 1996. Habitat selection by bats in fragmented and unfragmented aspen mixedwood stands of different ages, p. 238-259. *In*: R.M.R. Barclay & R. Mark Brigham (Eds.). *Bats and Forest Symposium*, October 19-21, 1995. Work Pap., Victoria, British Columbia, Canada.
- Dumont, E.R. 2003. Bats and Fruit: An ecomorphological approach, p. 398-429. *In*: Kunz, T.H. & B. Fenton (Eds.). *Bat Ecology*: University of Chicago Press, Chicago.
- Estrada, A.; Coates-Estrada, R. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in a agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 103(2): 237-245.
- Estrada, A.; Coates-Estrada, R.; Merritt Jr., D. 1993. Bats species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 16(4): 309-318.
- Evelyn, M.J.; Stiles, D.A. 2003. Roosting requirements of two frugivorous bats (*Sturnira lilium* and *Artibeus intermedius*) in fragmented neotropical forest. *Biotropica* 35(3): 405-418.
- Faria, D. 2006. Phyllostomid bats of a fragmented landscape in the north-eastern Atlantic forest, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 22(5): 531-542.
- Faria, D.; Baumgarten, J. 2007. Shade cacao plantations (*Theobroma cacao*) and bat conservation in southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 16(2): 291-312.
- Fenton, M.B.; Rautenbach, I.L.; Smith, S.E.; Swanepoel, C.M.; Grosell, J.; van Jaarsveld, J. 1994. Raptors and bats: threats and opportunities. *Animal Behavioral* 48(1): 9-18.
- Fleming, T.H.; Heithaus, E.R. 1986. Seasonal foraging behavior of the frugivorous bat *Carollia perspicillata*. *Journal of Mammalogy* 67(4): 660-671.
- Fleming, T.H. 1988. The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions. University of Chicago Press, Chicago. 365p.
- Fleming, T.H. 1991. The relationship between body size, diet, and habitat use in frugivorous bats, genus *Carollia* (Phyllostomatidae). *Journal of Mammalogy* 72(3): 493-501.

- Fleming, T.H.; Heithaus, E.R. 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of a tropical forest. *Biotropica* 13(2): 45-53.
- Galetti, M.; Morellato, L.P.C. 1994. Diet of the large fruit-eating bat *Artibeus lituratus* in a forest fragment in Brazil. *Mammalia* 58(4): 661-665.
- Galindo-González, J.; Guevara, S.; Sosa, V.J. 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in grazing pastures: their importance in restoring tropical rain forest in Mexico. *Conservation Biology* 14(6):1693-1703.
- Galindo-González, J.; Sosa, V.J. 2003. Frugivorous bats in isolated trees and riparian vegetation associated with human-made pastures in a fragmented tropical landscape. *The Southwestern Naturalist* 48(4): 579-589.
- Gannon, W.L.; Sikes, R.S.; Animal care and use committee of the American Society of Mammalogists. 2007. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *Journal of Mammalogy* 88(3): 809-823.
- Giannini, N.P.; Kalko, E.K. 2004. Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos* 105(2): 209-220.
- Graham, C.H. 2001. Factors influencing movement patterns of Kell-billed Toucans in a fragmented tropical landscape in Southern Mexico. *Conservation Biology* 15(6): 1789-1798.
- Grindal, S.D. 1996. Habitat use by bats in fragmented forests, p.260-272. *In*: R.M.R. Barclay & R. Mark Brigham (Eds.). *Bats and Forest Symposium*, October 19-21, 1995. Work Pap., Victoria, British Columbia, Canada.
- Handley Jr., C.O.; Wilson, D.E.; Gardner, A.L. 1991. Demography and natural history of the common fruit bat, *Artibeus jamaicensis*, on Barro Colorado Island, Panamá. *Smithsonian Contributions to Zoology* 511, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Heithaus, E.R.; Fleming, T.H. 1978. Foraging movements of a frugivorous bat, *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae). *Ecological Monographs* 48(2): 127-143.
- Hilty, J.A.; Lidicker Jr., W.Z.; Merenlender, A.M. 2006. *Corridor Ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Island Press, Washington, Covelo, London. 323p.
- ITCF. 1987. *Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Rica do Espírito Santo, Fênix, PR*. Instituto de Terras Cartografia e Florestas, Curitiba. 86p.

- Kelm, D.H.; Wiesner, K.R.; von Helversen, O. 2008. Effects of artificial roosts for frugivorous bats on seed dispersal in a neotropical forest pasture mosaic. *Conservation Biology* 22(3): 733-741.
- Kenward, R.E. 2001. A manual for wildlife radio tagging. Academic Press, San Diego. 311p.
- Kozakiewicz, M.; Szacki, J. 1995. Movements of small mammals in a landscape: patch restriction or nomadism?, p. 78-94. *In*: W.Z. Lidicker Jr. (Ed.). *Landscape approaches in mammalian ecology and conservation*. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN.
- Lemke, T.O. 1984. Foraging ecology of the long-nosed bat, *Glossophaga soricina*, with respect to resource availability. *Ecology* 65(2): 538-548.
- Lewis, S.E. 1995. Roost fidelity of bats: a review. *Journal of Mammalogy* 76(2): 481-496.
- Limpens, H.J.G.A.; Kapteyn, K. 1991. Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis* 29: 39-48.
- Loayza, A.P.; Loiselle, B.A. 2008. Preliminary information on the home range and movement patterns of *Sturnira lilium* (Phyllostomidae) in naturally fragmented landscape in Bolivia. *Biotropica* 40(5): 630-635.
- Matteucci, S.D.; Colma, A. 1982. Metodologia para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la OEA, Washington. 169p.
- Medina, A.; Harvey, C.A.; Merlo, D.S.; Vílchez, S.V.; Hernández, B. 2007. Bat diversity and movement in an agricultural landscape in Mantiguás, Nicaragua. *Biotropica* 39(1): 120-128.
- Mello, M.A.; Schittini, G.M.; Selig, P.; Bergallo, H.G. 2004. Seasonal variation in the diet of the bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) in an Atlantic Forest area in southeastern Brazil. *Mammalia* 68(1): 49-55.
- Mello, M.A.R.; Kalko, E.K.V.; Silva, W.R. 2008. Movements of the bat *Sturnira lilium* and its role as a seed disperser of Solanaceae in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology* 24(2): 225-228.
- Menezes Jr., L.F.; Duarte, A.C.; Novaes, R.L.M.; Façanha, A.C.; Peracchi, A.L.; Costa, L.M.; Fernandes, A.F.P.D.; Esbérard, C.E.L. 2008. Deslocamento de *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Mammalia, Chiroptera) entre ilha e continente no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotropica* 8(2): 243-245.

- Meyer, C.F.J.; Kalko, E.K.V. 2008. Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: Land-bridge islands as a model system. *Journal of Biogeography*. doi: 10.1111/j.1365-2699.2008.01916.x.
- Meyer, C.F.J.; Kalko, E.K.V.; Kerth, G. 2009. Small-scale fragmentation effects on local genetic diversity in two phyllostomid bats with different dispersal abilities in Panama. *Biotropica* 41(1): 95-102.
- Mikich, S.B.; Silva, S.M. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 15(1): 89-113.
- Mikich, S.B. 2002. A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(1): 239-249.
- Mikich, S.B.; Oliveira, K.L. 2003. Revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo. *Mater Natura*, FNMA, Curitiba. 452p.
- Morrison, D.W. 1978. Influence of habitat on the foraging distances of the fruit bat, *Artibeus jamaicensis*. *Journal of Mammalogy* 59(3): 622-624.
- Morrison, D.W. 1980. Foraging and day-roosting dynamics of canopy fruit bats in Panama. *Journal of Mammalogy* 61(1): 20-29.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley & Sons, New York. 547p.
- Muller, M.F.; Reis, N.R. 1992. Partição de recursos alimentares entre quatro espécies de morcegos frugívoros (Chiroptera, Phyllostomidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 9(3/4): 345-355.
- Palmerim, J.M.; Gorchov, D.L.; Stoleson, S. 1989. Trophic structure of a neotropical frugivore community: is there competition between birds and bats? *Oecologia* 79(3): 403-411.
- Pedro, W.A. 1998. Diversidade de morcegos em habitats florestais fragmentados do Brasil (Chiroptera, Mammalia). Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Pedro, W.A.; Passos, F.C.; Lim, B.K. 2001. Morcegos (Chiroptera; Mammalia) da Estação Ecológica de Caetetus, Estado de São Paulo. *Chiroptera Neotropical* 7(1-2): 136-140.

- Quesada, M.; Stoner, K.E.; Lobo, J.A.; Herrerías-Diego, Y.; Palacios-Guevara, C.; Munguía-Rosas, M.A.; O-Salazarl, K.A.; Rosas-Guerrero, V. 2004. Effects of forest fragmentation on pollinator activity and consequences for plant reproductive success and mating patterns in bat-pollinated bombacaceous trees. *Biotropica* 36(2): 131-138.
- Racey, P.A. 1988. Reproductive assessment in bats, p. 31-46. *In*: Kunz, T.H. (Ed.). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., London.
- Reis, N.R.; Peracchi, A.L.; Muller, M.F.; Bastos, E.A.; Soares, E.S. 1996. Quirópteros do Parque Estadual Morro do Diabo, São Paulo, Brasil (Mammalia, Chiroptera). *Revista Brasileira de Biologia* 56(1): 87-92.
- Schulze, M.D.; Seavy, N.E.; Whitacre, D.F. 2000. A comparison of the phyllostomid bat assemblages in undisturbed neotropical forest and in forest fragments of a Slash-and-Burn farming mosaic in Petén, Guatemala. *Biotropica* 32(1): 174-184.
- Slauson, L.A. 2000. Pollination biology of two chiropterophilous agaves in Arizona. *American Journal of Botany* 87(6): 825-836.
- Stockwell, E.F. 2001. Morphology and flight manoeuvrability in new world leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Zoology* 254: 505-514.
- Straube, F.C.; Bianconi, G.V. 2002. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. *Chiroptera Neotropical* 8(1-2): 150-152.
- Thies, W.; Kalko, E.K.V. 2004. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos* 104(1): 362-376.
- Thies, W.T.; Kalko, E.K.V.; Schnitzler, H.U. 2006. Influence of environment and resource availability on activity patterns of *Carollia castanea* (Phyllostomidae) in Panama. *Journal of Mammalogy* 87(2): 331-338.
- Veloso, H.P.; Oliveira-Filho, L.C.; Vaz, A.M.S.F.; Lima, M.P.M.; Marquete, R.; Brazão, J.E.M. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Manuais técnicos em geociências, 1. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 93p.

- White, G.C., Garrott, R.A. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, New York. 383p.
- Willig, M.R.; Presley, S.J.; Bloch, C.P.; Hice, C.L.; Yanoviak, M.M.; Díaz, M.M.; Chauca, L.A.; Pacheco, V.; Weaver, S.C. 2007. Phyllostomid bats of lowland Amazonia: effects of habitat alteration on abundance. *Biotropica* 39(6): 737-746.
- Willig, M.R.; Presley, S.J.; Owen, R.D.; López-González, C. 2000. Composition and structure of bat assemblages in Paraguay: a subtropical-temperate interface. *Journal of Mammalogy* 81(2): 386-401.
- Wilson, D.E.; Ascorra, C.F.; Solari, S. 1996. Bats as indicators of habitat disturbance, p. 613-625. *In*: D.E. Wilson & A. Sandoval (Eds.). *Manu: The biodiversidade of southeastern Peru*. Office of biodiversity programs. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington.
- Yabe, R.S.; Marques, E.J. 2001. Deslocamento de aves entre capões no Pantanal Mato-grossense e sua relação com a dieta, p. 103-123. *In*: J.L.B. Albuquerque, J.F. Cândido Jr., F.C. Straube & A.L. Roos (Eds.). *Ornitologia e conservação: da ciência às estratégias*. Editora Unisul, Tubarão.

Conclusão geral

A fragmentação florestal é apontada como uma das principais causas do decréscimo da biodiversidade nas regiões tropicais. Para a Floresta Atlântica, este é um fenômeno comum, em muito associado à transformação de extensas áreas naturais em matrizes agropecuárias e outros habitats de baixa – ou nenhuma – relevância para a conservação. Ao mesmo tempo em que os impactos dessa ação são expostos, intensifica-se a necessidade de atenuá-los.

Muito dos interesses atuais da ciência e da prática da restauração estão relacionados à manipulação de elementos da paisagem; suas metas são a criação de cenários mais adequados à fauna e flora locais, além do atendimento de requerimentos sociais básicos. Tais intervenções devem se apoiar no conhecimento biológico de grupos relevantes ao ecossistema. Por serem os filostomídeos frugívoros únicos em vários aspectos de sua biologia e ecologia, estudá-los pode ser uma excelente estratégia para compreender as respostas da fauna à fragmentação do habitat e desenvolver ferramentas práticas e inovadoras para a recuperação dos ecossistemas.

Este estudo concluiu em seu Capítulo 1, ser possível atrair e capturar filostomídeos frugívoros em ambientes abertos (agricultura), utilizando apenas óleos essenciais de frutos quiropterocóricos maduros. Delineado de forma a medir respostas interespecíficas na atração, os resultados comprovaram que em locais estéreis em recursos para morcegos (i.e. abrigo, alimento), estes podem ser atraídos por odores de frutos que não estão entre seus itens preferidos. As amostras de fezes indicaram um alto potencial de dispersão de sementes e os óleos funcionaram até mesmo com indivíduos recentemente alimentados.

No Capítulo 2, que avaliou a ferramenta em áreas abertas com o uso de unidades de indução, ficou claro que os odores de frutos promovem um aumento quali-quantitativo da chuva de sementes em locais pré-definidos da matriz agropecuária. Esta conclusão foi alcançada, pelo fato dos animais atraídos gastarem algum tempo sobrevoando a suposta fonte de alimento (óleos essenciais). Ademais, ela se apóia nos resultados de captura e dieta obtidos simultaneamente em uma área florestal contígua, que indicaram uma quiropterofauna diversificada em filostomídeos frugívoros e, novamente, um alto potencial de dispersão de uma grande quantidade de sementes de diferentes espécies de plantas.

As discussões focalizadas no Capítulo 3, sobre os movimentos e uso do hábitat fragmentado por dois filostomídeos frugívoros, permitiram concluir a existência de uma alta mobilidade de *Artibeus lituratus* e *Carollia perspicillata*, dentro e entre os remanescentes florestais da região, com a utilização conjunta de diferentes elementos da paisagem. Ao contrário da suposição inicial, *Carollia perspicillata* não manteve uma área restrita de forrageio, porém demonstrou maior fidelidade a determinados habitats, em especial a formações aluviais. Para *A. lituratus*, houve baixa fidelidade aos habitats e grande área de forrageio. Como a matriz agropecuária da região parece não inibir os deslocamentos de ambas as espécies, este padrão torna-se relevante para o processo de dispersão de sementes e para a eficácia da ferramenta voltada à recuperação de áreas degradadas.

Em suma, a tese mostrou que a técnica dos óleos essenciais tem grande potencial para a regeneração natural auxiliada por dispersores, especialmente por aqueles com alta mobilidade através da matriz alterada – caso de *A. lituratus* e *C. perspicillata*. Os óleos podem ser usados em áreas de pasto e agricultura abandonadas, em especial nos pontos freqüentemente cruzados pelos morcegos para alcançar outros fragmentos florestais. Conseqüentemente, será útil no restabelecimento de porções da Floresta Atlântica, como matas ripárias ou reservas que precisam ser implantadas.

O conjunto de dados deve ser considerado como mais um passo para o aumento do conhecimento sobre os efeitos da fragmentação florestal sobre grupos ecologicamente relevantes, conhecimento este, tão necessário para minimizar os impactos causados aos ecossistemas tropicais, particularmente, à Floresta Atlântica brasileira.

Anexo I

Número de indivíduos por espécie de morcego, marcados (julho/2002 a janeiro/2008) e liberados em dez parcelas amostrais estabelecidas em fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil.

Espécie	Número de indivíduos capturados/parcela ¹										Total
	C1	C2	B1	G1	G2	P1	P2	P3	V1	V2	
FAMÍLIA PHYLLOSTOMIDAE											
SUBFAMÍLIA PHYLLOSTOMINAE											
<i>Chrotopterus auritus</i>	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3	6
<i>Micronycteris megalotis</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Subfamília Carollinae											
<i>Carollia perspicillata</i>	17	31	110	35	29	33	29	101	36	80	501
SUBFAMÍLIA STENODERMATINAE											
<i>Artibeus fimbriatus</i>	15	7	34	8	10	17	17	42	6	38	194
<i>Artibeus jamaicensis</i>	14	6	22	5	2	11	13	21	13	14	121
<i>Artibeus lituratus</i>	120	12	145	76	52	87	104	406	164	136	1.302
<i>Chiroderma villosum</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Sturnira lilium</i>	16	0	14	5	0	15	5	19	7	9	90
<i>Vampyressa pusilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3
<i>Platyrrhinus lineatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SUBFAMÍLIA DESMONTINAE											
<i>Desmodus rotundus</i>	0	2	0	1	2	1	2	9	0	0	17
FAMÍLIA VESPERTILIONIDAE											
SUBFAMÍLIA VESPERTILIONINAE											
<i>Myotis nigricans</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Total	183	58	326	130	95	164	171	607	227	281	2.242

¹ Fragmentos florestais aonde as parcelas foram estabelecidas - C1: Cagibi I; C2: Cagibi II; B1: Barbacena; G1 e G2: Guajuvira; P1, P2 e P3: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo; V1: Santa Vitória I; V2: Santa Vitória II.

Anexo II

Número de indivíduos de *Artibeus lituratus* e *Carollia perspicillata* marcados e recapturados em dez parcelas amostrais estabelecidas em fragmentos florestais localizados nos municípios de Fênix e São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, sul do Brasil, avaliadas no período de julho de 2002 a janeiro de 2008.

Artibeus lituratus

Parcela de origem	Indivíduos marcados	Parcela de recaptura ¹									
		P1	P2	P3	G1	G2	C1	C2	V1	V2	B1
P1	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	104	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
P3	406	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0
G1	76	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
G2	52	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
C1	120	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0
C2	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V1	164	0	0	2	0	1	0	0	2	0	0
V2	136	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
B1	145	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
Total	1.302	1	5	13	2	4	2	0	3	1	3

Carollia perspicillata

Parcela de origem	Indivíduos marcados	Parcela de recaptura ¹									
		P1	P2	P3	G1	G2	C1	C2	V1	V2	B1
P1	33	8	0	1	2	0	0	0	0	0	0
P2	29	1	3	1	2	1	0	0	0	0	0
P3	101	0	0	12	0	2	0	1	0	0	2
G1	35	0	2	2	9	1	0	0	0	0	0
G2	29	0	0	2	0	1	0	3	0	0	0
C1	17	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0
C2	31	0	0	3	0	3	0	4	0	0	0
V1	36	0	0	0	0	1	0	0	7	0	2
V2	80	0	0	0	0	0	0	0	0	21	8
B1	110	0	0	1	0	0	0	0	2	13	14
Total	501	9	6	22	13	9	2	9	9	34	26

¹ Fragmentos florestais aonde as parcelas foram estabelecidas - P1, P2 e P3: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo; G1 e G2: Guajuvira; C1: Cagibi I; C2: Cagibi II; V1: Santa Vitória I; V2: Santa Vitória II; e B1: Barbacena.