

ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA
(HYMENOPTERA; APIDAE) E ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO EM FLORESTAS
ESTACIONAIS SEMIDECIDUAIS E EM PAISAGENS FRAGMENTADAS NO
SUDESTE DO BRASIL

GUILHERME DO CARMO SILVEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

AGOSTO DE 2014

ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA
(HYMENOPTERA; APIDAE) E ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO EM FLORESTAS
ESTACIONAIS SEMIDECIDUAIS E EM PAISAGENS FRAGMENTADAS NO
SUDESTE DO BRASIL

GUILHERME DO CARMO SILVEIRA

Tese apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biociências, da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro
como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor
em Ecologia e Recursos
Naturais.

Orientadora: Dr.^a Maria Cristina Gaglianone

Coorientadora: Dr.^a Georgina Maria de Faria Mucci

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

AGOSTO DE 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do Centro de Biociências e Biotecnologia
da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

578 / 2014

Silveira, Guilherme do Carmo

Estrutura de comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e análise da distribuição em Florestas Estacionais Semidecíduais e paisagens fragmentadas no sudeste do Brasil / Guilherme do Carmo Silveira. – Campos dos Goytacazes, 2014. xxiv, 93, [1] f. : il.

Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Biociências e Biotecnologia. Laboratório de Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ecologia de organismos

Orientador: Gaglianone, Maria Cristina

Bibliografia: f. 78-93

1. Abelhas das orquídeas 2. Fragmentação florestal 3. Diversidade
4. Ecologia de comunidades 5. Análise de paisagem I. Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro II. Título

595.79
S587e

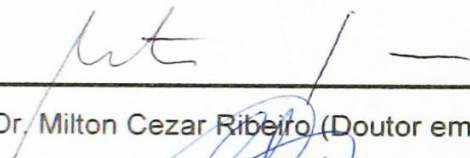
ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA
(HYMENOPTERA; APIDAE) E ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO EM FLORESTAS
ESTACIONAIS SEMIDECIDUAIS E EM PAISAGENS FRAGMENTADAS NO
SUDESTE DO BRASIL

GUILHERME DO CARMO SILVEIRA

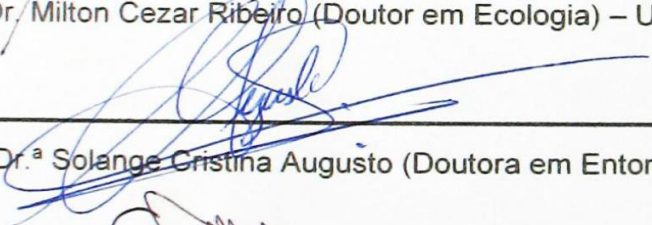
Tese apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 26 de agosto de 2014.


Comissão examinadora:



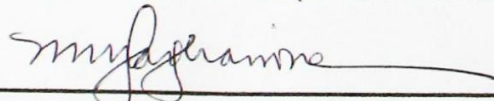
Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro (Doutor em Ecologia) – UNESP - Rio Claro



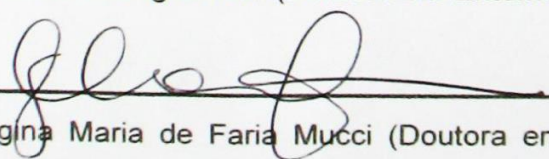
Prof.^a Dr.^a Solange Cristina Augusto (Doutora em Entomologia) – UFU



Prof. Dr. Carlos Ramon Ruiz-Miranda (Doutor em Comportamento Animal) – UENF



Prof.^a Dr.^a Maria Cristina Gaglianone (Doutora em Entomologia) – UENF- Orientadora



Prof.^a Dr.^a Georgina Maria de Faria Mucci (Doutora em Entomologia) – FIC-UNIS/
UEMG – Coorientadora

Dedico à família, bem maior e mais precioso em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Prof.^a Maria Cristina Gaglianone pelo carinho e confiança depositada em meu trabalho desde o início de minha jornada no curso de doutorado e pelos conhecimentos a mim passados durante estes anos de convivência. Com certeza aprendi a ser mais organizado e crítico comigo mesmo e com minha postura profissional.

Agradeço à minha coorientadora Prof.^a Georgina Maria de Faria Mucci pelo apoio no desenvolvimento do trabalho, pelos conhecimentos compartilhados, por todas as oportunidades a mim ofertadas e, acima de tudo, pelo carinho e amizade desde minha graduação em Cataguases-MG.

À Prof.^a Solange Cristina Augusto, minha orientadora no mestrado, responsável por uma parte significativa de meu desenvolvimento profissional e quem me motivou a continuar os estudos ecológicos com abelhas das orquídeas culminando com o doutorado. Obrigado pelos bons momentos vividos em Uberlândia-MG, apesar da saudade de casa, e pela amizade e respeito compartilhados durante nossa convivência.

Não posso deixar de prestar meus sinceros agradecimentos aos alunos das Faculdades Integradas de Cataguases – Grupo Unis que participaram das coletas em campo. Em especial à Juliana Pereira de Castro (ô menina trabalhadora hein!!!) e Aliane do Carmo Oliveira que participaram de várias amostragens e muito contribuíram para que este estudo fosse desenvolvido. OBRIGADO!!

Agradeço à compreensão e apoio dos proprietários de reservas florestais que permitiram meu acesso e amostragens em suas terras. A contribuição destas pessoas foi fundamental para que as coletas fossem realizadas.

Ao Prof.^o Dr. Milton Cezar Ribeiro e ao pessoal do Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação (LEEC-UNESP) pelo auxílio nas análises de paisagem e pela agradável recepção durante minha ida a Rio Claro-SP.

Ao Prof.^o Dr. Gabriel A. R. Melo pelo auxílio na identificação taxonômica dos espécimes de abelhas das orquídeas.

Ao Prof.^o Marcelo Trindade Nascimento pelas sugestões de análises de estrutura de vegetação durante a defesa do projeto de doutorado e à amiga Karla M. Pedra de Abreu pelo auxílio posteriormente no cálculo das medidas realizadas.

Aos amigos do laboratório pelo carinho, apoio, troca de ideias, discussões, amizade e companheirismo ao longo destes anos de convivência. Sem dúvida aprendi muito com todos vocês!! Não vou nem citar nomes para não ser injusto com ninguém.

Aos amigos Bruno Mello, Marcelita França Marques, Mariana Scaramussa Deprá e Willian Moura de Aguiar pela gentileza de me receberem em suas casas sempre que precisei. Obrigado!

Ao amigo Clodoaldo Lopes de Assis pelo apoio no início do desenvolvimento do projeto.

Ao corpo docente e técnico do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais e Laboratório de Ciências Ambientais pelo apoio ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Aos membros do Comitê de Acompanhamento, professores Dr. Carlos Ramón Ruiz-Miranda e Dr. Gilberto Soares de Albuquerque, pelas contribuições ao longo do desenvolvimento do projeto de doutorado.

À Prof.^a Dr.^a Ana Paula Madeira Di Benedetto pela revisão da tese e significativa contribuição para a produção do documento final.

Aos membros da banca por gentilmente terem aceito o convite para a defesa do doutorado.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (IEF-MG) pela concessão de licença para o desenvolvimento do projeto de doutorado.

À FAPERJ e CAPES pela concessão da bolsa de doutorado ao longo dos quatro anos de curso.

Ao programa PROCAD/CAPES pelo auxílio financeiro para desenvolvimento das atividades vinculadas ao projeto.

Ao INMET por fornecer acesso ao banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) o que possibilitou o desenvolvimento das análises geoclimáticas.

Agradeço à minha esposa, Alice Alves Rodrigues, pelo apoio e carinho ao longo de todos estes anos de estudo. Minha parceira desde a graduação. Sem seu apoio nada disso teria se realizado. Esta vitória também é sua meu Amor!!

E esta vitória também ofereço a meus pais, Célio de Sousa Silveira e Lucilene do Carmo Silveira, e a meu irmão, Vinícius do Carmo Silveira. Vocês sempre me apoiaram de todas as formas para que eu sonhasse e conquistasse meus objetivos. Sou grato por ter nascido em uma família tão especial!!! Mil vezes obrigado!!

Obrigado meu Deus por mais esta conquista, fruto de muito trabalho, suor e dedicação. As pedras no caminho até tentaram me fazer tropeçar, cair, mas com tua força minhas pernas não fraquejaram e continuo firme e forte em minha trajetória. E QUE ASSIM SEJA!! AMÉM!!

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	XII
Lista de Tabelas.....	XVII
Resumo.....	XX
Abstract.....	XXII
Estrutura geral da tese.....	XXIII

Introdução Geral

Composição e distribuição de espécies de Euglossina.....	4
Efeitos de fragmentação sobre comunidades de Euglossina.....	6
Florestas Estacionais Semidecíduais e seu histórico de devastação na região da Zona da Mata, MG.....	9
Objetivos.....	11

Capítulo 1 – Abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) em um gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil.....

1.1 Introdução.....	14
1.2 Material & Métodos.....	15
1.2.1 Áreas de estudo.....	15
1.2.2 Amostragem.....	16
1.2.3 Análise de dados.....	22
1.3 Resultados.....	23
1.3.1 Estrutura de comunidades de Euglossina.....	23
1.3.2 Análise do gradiente litoral-interior.....	24
1.4 Discussão.....	30

Capítulo 2 – Efeitos da estrutura da paisagem e da vegetação sobre comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae).....

2.1 Introdução.....	38
2.2 Material & Métodos.....	41

2.2.1 Áreas de estudo.....	41
2.2.2 Amostragem.....	42
2.2.3 Caracterização da estrutura da vegetação.....	43
2.2.4 Análise de métricas da paisagem.....	44
2.2.5 Análise de dados.....	48
2.3 Resultados.....	53
2.4 Discussão.....	66
Discussão Geral.....	71
Anexo 1.....	76
Anexo 2.....	77
Referências Bibliográficas.....	78

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1. Regiões biogeográficas da América do Sul, segundo Morrone (2006, 2010): 1 Sub-região Caribenha; 2 Sub-região Amazônica; 3 Sub-região Chaquenha; 4 Sub-região Paranaense; 5 sub-região da Zona de Transição Sul-Americana e 6-8 região Andina.....6

Figura 2 – Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual na região da Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. Em destaque no centro do mapa, os municípios onde estão inseridos os fragmentos amostrados (Cataguases, Itamarati de Minas, Astolfo Dutra, Dona Eusébia, Descoberto, Santana de Cataguases, Mirai). Confecção de mapa a partir de dados geográficos obtidos no “Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica” (Fundação SOS Mata Atlântica 2011).....12

Capítulo 1

Figura 1 – Localização dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual utilizados na caracterização da estrutura de comunidades de abelhas Euglossina na região da Zona da Mata, MG, Brasil. Confecção de mapa a partir de dados geográficos obtidos no “Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica” (Fundação SOS Mata Atlântica 2011).....19

Figura 2 – Localização das áreas de amostragem de abelhas Euglossina em gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).....21

Figura 3 – Armadilha aromática utilizada na amostragem de machos de abelhas Euglossina nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual na região central do gradiente espacial litoral-interior. Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil.....22

Figura 4 – Curvas de rarefação para a riqueza de espécies de abelhas Euglossina obtida em seis fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual no gradiente litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, e LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, e CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, e INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).....25

Figura 5 – *Ranking* das espécies de abelhas Euglossina nos seis fragmentos estudados ao longo do gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).....26

Figura 6 – Análise de agrupamento (índice de Sorensen) para as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).....26

Figura 7 – Análise de correspondência canônica (CCA) para as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória,

INT2: Fazenda São José (Silveira 2010). Alt: Altitude; URel: Umidade relativa; Insol: Insolação; Temp: Temperatura; Prec: Precipitação.....28

Figura 8 – Relação entre as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior e a temperatura (A) e precipitação (B), na CCA da Figura 7. As áreas mais correlacionadas estão indicadas com o símbolo ▼ em maior tamanho. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).....29

Figura 9 – Relação entre as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior e a umidade relativa, na CCA da Figura 7. As áreas mais correlacionadas apresentam o símbolo ▼ em maior tamanho. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).....29

Figura 10 – Relação entre as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior e a insolação total diária (A) e altitude (B), na CCA da Figura 7. As áreas mais correlacionadas apresentam o símbolo ▼ em maior tamanho. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).....30

Capítulo 2

Figura 1 – Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. As setas indicam a distância (Km) até o fragmento amostrado mais próximo. Confecção de mapa a

partir de dados geográficos obtidos no “Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica” (Fundação SOS Mata Atlântica 2011).....46

Figura 2 – Escalas espaciais de análise das métricas da estrutura da paisagem utilizadas neste estudo. Escala local: 500 m ao redor do ponto amostral; Escala da paisagem: entre 500 e 1500 m ao redor do ponto amostral (ponto vermelho).....47

Figura 3 – *Buffers* utilizados na classificação e análise de métricas da estrutura da paisagem nas escalas local (500 m) e da paisagem (500 – 1500 m). As porções em verde escuro dentro dos *buffers* representam áreas florestais e as áreas em verde claro representam a matriz predominantemente de pastagens agrícolas. As porções em cinza representam ambientes urbanizados.....51

Figura 4 – Classificação dos ambientes em escala local (500 m) e da paisagem (500 – 1500 m) em um dos fragmentos amostrados na região da Zona da Mata, MG. As classes utilizadas neste estudo foram: 10 Corpos hídricos; 11 Floresta pioneira - capoeira; 12 Floresta secundária inicial; 13 Floresta secundária em estágio intermediário; 14 Floresta secundária tardia; 31 Pastagem; 32 Pastagem entremeada com vegetação herbáceo-arbustiva; 34 Várzea; 35 Várzea entremeada com vegetação herbáceo-arbustiva; 36 Agricultura; 37 Solo degradado; 38 Eucalipto; 40 Solo exposto; 41 Cerca viva; 51 Instalação rural; 52 Vila rural; 53 Área urbana; 54 Sistema viário; 55 Psicultura; 56 Estrada rural; 57 Mineração; 58 Cana-de-açúcar; 59 Barragem; 99 Outra.....52

Figura 5 - (A) Relação entre a riqueza de espécies de Euglossina e a porcentagem de ambientes antrópicos na escala de paisagem; (B) relação entre a diversidade de espécies (H') e a área basal (escala logarítmica)

nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil.....62

Figura 6 (A-D) – Relação entre o tamanho dos fragmentos amostrados na Zona da Mata e parâmetros da estrutura da paisagem: A) Cobertura florestal; B) Conectividade; C) Diversidade de habitat (H') escala local; D) Diversidade de habitat (H') escala da paisagem.....62

Figura 6 (E - I) – Relação entre o tamanho dos fragmentos e parâmetros da estrutura da paisagem na região da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. E) PAA escala local; F) PAA escala de paisagem; G) CAI escala local; H) CAI escala de paisagem (borda 50 metros); I) CAI escala de paisagem (borda 100 metros). PAA: Porcentagem de ambientes antrópicos; CAI: Índice de áreas núcleo.....63

Figura 7 – Relação entre o tamanho dos fragmentos e parâmetros da estrutura da vegetação na região da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil.....64

Figura 8 – Dendrograma de similaridade (Morisita-Horn) para as comunidades de abelhas Euglossina amostradas nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil.....65

Figura 9 – Dendrograma de similaridade (Morisita-Horn) para as comunidades de abelhas Euglossina amostradas nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. Foram excluídas da análise *Eulaema nigrita*, *Eulaema cingulata*, *Euglossa cordata* e *Euglossa securigera*.....65

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 – Caracterização dos fragmentos florestais utilizados na análise de diferenciação da fauna de Euglossina ao longo do gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. DO: Distância a partir do oceano; AM: Altitude média; TM: Temperatura média diária (média entre os dias de coleta); PMM: Precipitação mensal média. As áreas amostradas neste estudo estão destacadas em negrito.....20

Tabela 2. Espécies de Euglossina amostradas com o uso de seis iscas aromáticas em dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener; J' = índice de equitabilidade de Pielou. CEN1: Fazenda Sinimbu; CEN2: Serra do Relógio.....24

Tabela 3. Resultados da análise de correspondência canônica realizada para as comunidades de Euglossina amostradas em um gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil.....27

Tabela 4 – Resultados das correlações entre as variáveis ambientais e os eixos da análise de correspondência canônica.....27

Capítulo 2

Tabela 1 – Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. Coordenadas geográficas e tamanho em hectares.....47

Tabela 2 - Abundância relativa (%) das espécies de Euglossina amostradas e parâmetros das comunidades nos quinze fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual estudados na Zona da Mata, MG,

sudeste do Brasil. A localização geográfica dos fragmentos é apresentada na figura 1 e tabela 1.....56

Tabela 3 - Medidas de estrutura de vegetação obtidas para os quinze fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, Brasil. NIT: número médio de indivíduos por transecto; Altura em metros; DAP: diâmetro à altura do peito.....57

Tabela 4 - Medidas de estrutura da paisagem obtidas para os quinze fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. PAA: Porcentagem de ambientes antrópicos.....58

Tabela 5 - Resultados da análise de componentes principais (PCA) realizada para as comunidades de Euglossina amostradas nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual estudados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil.....59

Tabela 6 - Contribuições relativas das variáveis para os fatores gerados através da análise de componentes principais (PCA). As variáveis mais associadas a cada fator são destacadas. CAI: índice de áreas núcleo; NIT: número médio de indivíduos por transecto; DAP: diâmetro a altura do peito.....60

Tabela 7 - Teste de significância dos coeficientes de regressão entre os fatores da estrutura da paisagem e da vegetação gerados na PCA e a riqueza de espécies de abelhas Euglossina. Modelos lineares generalizados.....60

Tabela 8 - Teste de significância dos coeficientes de regressão entre as variáveis mais associadas ao Fator 1 da estrutura da paisagem e ao Fator 1 da estrutura de vegetação e a riqueza de espécies de abelhas

Euglossina. Modelos lineares generalizados. Legenda - PAAP: Porcentagem de ambientes antrópicos na paisagem; CAI paisagem: Índice de áreas núcleo na paisagem; DAP: Diâmetro à altura do peito.....61

Tabela 9 - Teste de significância dos coeficientes de regressão entre os fatores da estrutura da paisagem e da vegetação gerados na PCA e a diversidade de espécies de abelhas Euglossina. Modelos lineares generalizados.....61

Tabela 10 - Teste de significância dos coeficientes de regressão entre as variáveis mais associadas ao Fator 1 da estrutura de vegetação e ao Fator 2 da estrutura da paisagem e a diversidade de espécies de abelhas Euglossina. Modelos lineares generalizados. Legenda – H' local: diversidade de habitats em escala local; H' paisagem: diversidade de habitats na escala da paisagem; DAP: Diâmetro à altura do peito.....61

RESUMO

Os padrões espaciais dos organismos são influenciados por fatores ambientais que determinam a distribuição geográfica e abundância das espécies. Estes padrões podem ser alterados por modificações do habitat causadas por diferentes usos da terra. As abelhas da subtribo Euglossina (Hymenoptera; Apidae) são organismos de interesse porque constituem um importante grupo de polinizadores na região neotropical, são altamente dependentes de seu habitat, e são sensivelmente afetadas por modificações do uso da terra, como a fragmentação. O objetivo geral deste estudo foi avaliar a estrutura de comunidades de abelhas Euglossina em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, localizados no sudeste do Brasil. Para verificar os efeitos de fatores ambientais sobre a distribuição e abundância das espécies em maior escala, foram avaliados aspectos da estrutura de comunidades de Euglossina presentes ao longo do gradiente espacial litoral-interior em Florestas Estacionais Semidecíduais no sudeste do Brasil. Para testar a influência de modificações do uso da terra foram verificados os efeitos estrutura da paisagem e da vegetação sobre a riqueza e diversidade de espécies de abelhas Euglossina. O estudo da estrutura das comunidades foi realizado a partir de amostragens das abelhas Euglossina em 15 fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual de 4,5 a 1793,7 hectares, entre outubro de 2010 e outubro de 2012. Os resultados indicaram que as comunidades de abelhas Euglossina apresentaram diferenciação na sua estrutura ao longo do gradiente espacial litoral-interior e que tal variação está relacionada a fatores macroclimáticos atuando sobre tal gradiente, refletindo condições ambientais predominantes em cada local. As análises dos efeitos das modificações do uso da terra indicaram que a estrutura da paisagem, assim como a estrutura da vegetação, exercem influência sobre a estrutura de comunidades de abelhas. Dentre os fatores testados, porcentagem de ambientes antrópicos na paisagem e área basal da vegetação arbórea nos fragmentos estudados apresentaram relação significativa com parâmetros da estrutura de comunidades das abelhas. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que as comunidades de

abelhas Euglossina são influenciadas por variações nas condições ambientais ao longo de sua distribuição em Florestas Estacionais Semidecíduais e são também sensíveis ao processo de fragmentação, respondendo às alterações do uso da terra através de modificações na estrutura de suas comunidades.

Palavras-chave: abelhas das orquídeas; fragmentação florestal; diversidade; ecologia de comunidades.

ABSTRACT

The spatial patterns of organisms are influenced by environmental factors that determine the geographic distribution and abundance of species. These patterns can be altered by changes in habitat caused by different land uses. Bees of the subtribe Euglossina (Hymenoptera; Apidae) are interesting organisms because constitute an important group of pollinators in neotropical region, are highly dependent of their habitat, and are affected by land-use changes, as fragmentation. The aim of this study was to evaluate the community structure of Euglossina in fragments of Semideciduous Seasonal Forest in southeastern Brazil. To assess the effects of environmental factors on the distribution and abundance of species on a larger scale, we evaluated aspects of community structure of Euglossina along a coastal-inland spatial gradient of Semideciduous Seasonal Forests in southeastern Brazil. To assess the influence of land-use changes we evaluated the effects of both landscape structure and vegetation structure on the richness and diversity of Euglossina. The community structure study was carried out from samples of euglossine bees in 15 semideciduous forest fragments ranging from 4.5 to 1793.7 hectares, between October 2010 and October 2012. The results indicated that euglossine communities showed differentiation in community structure along the coastal-inland gradient and this variation was related to geoclimatic factors acting on this gradient, reflecting environmental conditions prevailing at each site. The land-use change analysis showed that both landscape structure and vegetation structure, influence the community structure of bees. Among the factors tested, the percentage of anthropogenic environments in the landscape and the basal area of arboreal vegetation showed significant correlation with community structure parameters. From the results obtained it can be concluded that euglossine bee communities are influenced by variations in environmental conditions throughout its distribution in Semideciduous Seasonal Forests and are also sensitive to the fragmentation process, responding in terms of community structure to land-use changes.

Keywords: orchid bees; forest fragmentation; diversity; community ecology.

ESTRUTURA GERAL DA TESE

Esta tese está organizada em dois capítulos principais que tiveram como objetivo avaliar a estrutura de comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual na região da Zona da Mata Mineira, MG, sudeste do Brasil.

Inicialmente é apresentada uma introdução geral abordando a influência de fatores ambientais e interferências antrópicas sobre a distribuição e abundância das espécies, com foco no grupo de abelhas estudado. São apresentadas características biológicas gerais do grupo, aspectos associados à composição e distribuição de espécies e aspectos gerais relacionados aos efeitos de fragmentação sobre comunidades de Euglossina. Nesta seção inicial ainda são descritas as características gerais da área de estudo e apresentado o objetivo da tese.

O capítulo 1 teve como objetivo caracterizar a estrutura de comunidades de Euglossina em dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) na região da Zona da Mata, MG. Foi avaliado o padrão de diferenciação na estrutura de comunidades ao longo de um gradiente espacial litoral-interior, considerando os dados obtidos nos dois fragmentos e dados obtidos em estudos anteriores desenvolvidos através de metodologia amostral padronizada (Silveira 2010; Aguiar 2011).

O capítulo 2 teve como objetivo avaliar os efeitos de fragmentação sobre a comunidade de abelhas Euglossina em quinze fragmentos de FES, analisando a influência relativa da estrutura da paisagem e da vegetação sobre a riqueza e diversidade de espécies.

Posteriormente, é apresentada uma discussão geral que sintetiza as questões em comum aos dois capítulos da tese. São discutidos aspectos relacionados ao padrão geral de abundância e riqueza de espécies amostradas na região da Zona da Mata, MG, e sua relação com estudos desenvolvidos em FES de outras regiões, a importância dos métodos empregados na amostragem dos machos de abelhas Euglossina, e aspectos gerais associados à composição e distribuição geográfica das espécies.

Por fim, são apresentadas considerações finais com uma síntese dos principais resultados e conclusões alcançados em cada capítulo, bem como as sugestões e perspectivas associadas ao desenvolvimento de novos estudos.

INTRODUÇÃO GERAL

O estudo de padrões espaciais dos organismos é importante pois permite investigar os principais fatores ambientais, bióticos e abióticos, que determinam a distribuição geográfica e abundância das espécies. Dentre os fatores abióticos pode se destacar temperatura, umidade, altitude; dentre os fatores bióticos, as interações bióticas e capacidades de dispersão dos organismos (Rajão *et al.* 2010). O conjunto de fatores ambientais que interfere nos padrões de abundância e distribuição geográfica das espécies são denominados fatores limitantes (Cerqueira 1995). Não obstante, tais padrões também podem ser alterados por modificações do habitat causadas por diferentes usos da terra, as quais exercem impactos sobre as espécies. Neste cenário, as abelhas são organismos de interesse porque têm um papel central na polinização, são organismos altamente dependentes de seu habitat, e são sensivelmente afetadas por modificações do uso da terra como a fragmentação e a perda de habitat (Brosi *et al.* 2007). Dentre estes insetos, as abelhas Euglossina se destacam como potenciais modelos de estudo devido ao extenso conhecimento taxonômico, grande importância na polinização de plantas florestais, existência de espécies sensíveis a alterações do habitat e alta dependência de ambientes florestais (Brosi *et al.* 2007; Brosi 2009).

A subtribo Euglossina (Hymenoptera; Apidae) é um grupo de abelhas primariamente neotropical com mais de 200 espécies descritas em cinco gêneros (Moure *et al.* 2012): *Eulaema* Lepeletier, 1841 (33 espécies); *Euglossa* Latreille, 1802 (128 espécies); *Eufriesea* Cockerell, 1908 (67 espécies); e os cleptoparasitas *Exaerete* Hoffmannsegg, 1817 (oito espécies) e *Aglae* Lepeletier & Serville, 1825 (uma espécie).

Uma característica marcante do grupo é o comprimento do aparelho bucal, mais especificamente da glossa, característica esta que tem relação com o nome designado à subtribo (Euglossina; Eu = verdadeiro (a); glossa = língua) (Roubik & Hanson 2004). Outras características peculiares são a coloração viva e iridescente do tegumento em alguns gêneros, o porte médio a robusto (10 - 28 mm, aproximadamente), voo rápido, forte percepção a odores e

adaptações para coleta e armazenamento de compostos aromáticos nos machos (Janzen 1971; Dressler 1982; Cameron 2004; Roubik & Hanson 2004).

A atração dos machos de abelhas Euglossina por compostos aromáticos de plantas da família Orchidaceae foi o que despertou o interesse de botânicos do Brasil, Alemanha e Estados Unidos, motivados em entender por que os machos eram atraídos por tais compostos (Dodson *et al.* 1969; Roubik & Hanson 2004). Além de informações sobre a ecologia e história de vida de Euglossina, o estudo dos machos e sua relação com Orchidaceae proporcionou a descoberta de novas espécies dentro desta família botânica. Diferentes espécies de abelhas visitavam orquídeas similares em aparência, mas que produziam atrativos químicos diferentes (Dodson *et al.* 1969; Roubik & Hanson 2004).

Devido à sua estreita relação com plantas da família Orchidaceae, este grupo de abelhas é mundialmente conhecido como “abelhas das orquídeas”. Na região neotropical quase todos os grandes grupos de orquídeas possuem no mínimo um gênero (Chase 2001) e aproximadamente 10% das espécies polinizadas por machos dessas abelhas (Roubik & Hanson 2004).

Apesar da reconhecida relação entre Euglossina e Orchidaceae, espécies de outras famílias de plantas também são utilizadas como fontes de compostos aromáticos para os machos. Registros na literatura sugerem Amaryllidaceae, Apocynaceae, Araceae, Haemodoraceae, Annonaceae, Euphorbiaceae, Gesneriaceae e Solanaceae como fontes de recursos aromáticos (Dressler 1982; Sazima *et al.* 1993; Ramírez *et al.* 2002; Roubik & Hanson 2004). Nos diferentes ecossistemas neotropicais a importância relativa destas famílias botânicas ainda merece ser investigada. Em inventários de machos em ambientes naturais a proporção de indivíduos portando polínias é baixa (Singer *et al.* 2006), fato este que não seria esperado se a maior parte das plantas utilizadas como fonte de recursos aromáticos dentro destes ambientes pertencesse apenas à família Orchidaceae. Singer *et al.* (2006), em estudo sobre a ecologia e química da polinização em Orchidaceae, afirmam que as orquídeas representam apenas uma fração das fontes aromáticas que os machos de Euglossina podem explorar, dentre as quais ainda se incluem seivas, resinas, outras famílias de angiospermas e fungos.

A função dos compostos aromáticos para os machos ainda não é totalmente compreendida. As hipóteses existentes relacionam a coleta dos aromas a aspectos da atividade sexual dos machos, como comportamento de corte e exibição territorial para as fêmeas (Cameron 2004). As mais conhecidas hipóteses sugerem que os compostos, após armazenados internamente nas tíbias das pernas posteriores, são: (1) utilizados na atração de machos coespecíficos para formação de agregações (*leks*) atrativas às fêmeas (Kimsey 1980); (2) modificados para a produção de precursores de feromônios sexuais (Dressler 1982; Williams & Whitten 1983); (3) utilizados para a formação de um conjunto ou buquê de fragrâncias espécie-específico que serve como forma de reconhecimento do macho pela fêmea e reflete sua qualidade em termos de *fitness* (Eltz *et al.* 1999; Eltz *et al.* 2003; Eltz *et al.* 2005).

Além do comportamento peculiar dos machos de coletar fragrâncias em espécies de algumas famílias botânicas, as fêmeas, como em outros grupos de abelhas, forrageiam em busca de outros recursos alimentares (pólen, néctar) e de nidificação (barro, resina) em diversas famílias de plantas (Rebêlo 2001; Ramírez *et al.* 2002; Roubik & Hanson 2004). De acordo com Ramirez *et al.* (2002), tanto machos quanto fêmeas visitam 74 famílias para obtenção de pólen (apenas fêmeas), néctar (machos e fêmeas) e resina (apenas fêmeas), o que sugere a importância dessas abelhas no processo de polinização de um grande número de espécies vegetais neotropicais. Janzen (1971) destacou a importância do grupo na polinização devido a sua grande capacidade de voo, o que possivelmente contribui para o fluxo de pólen em longa distância de espécies de plantas esparsamente distribuídas em ambientes neotropicais. Em estudo utilizando técnicas de radiotelemetria, Wikelski *et al.* (2010) verificaram que machos de *Exaerete frontalis* Guérin-Ménéville podiam apresentar amplas áreas de vida (média: 45 hectares), variando entre 4 a 700 hectares dependendo do indivíduo. Além disso, possuíam alta capacidade voo, alcançando até 1,9 quilômetros em uma única viagem.

Após os primeiros pesquisadores reconhecerem, sintetizarem, e empregarem compostos aromáticos para a atração de machos de Euglossina, muitos estudos ecológicos foram desenvolvidos, inclusive para investigar aspectos da estrutura de comunidades de Euglossina em diferentes regiões na

América neotropical, como em Costa Rica (Janzen *et al.* 1982), Colômbia (Parra-H & Nates-Parra 2007), Panamá (Ackerman 1983), Peru (Pearson & Dressler 1985), e Brasil (Powell & Powell 1987; Becker *et al.* 1991; Rebêlo & Garófalo 1997; Rebêlo & Cabral 1997; Silva & Rebêlo 1999; Neves & Viana 1999; Peruquetti *et al.* 1999; Brito & Rêgo 2001; Viana *et al.* 2002; Tonhasca *et al.* 2002; Nemésio & Morato 2004; Sofia *et al.* 2004; Milet-Pinheiro & Schilindwein 2005; Souza *et al.* 2005; Nemésio & Morato 2006; Nemésio & Silveira 2006; Alvarenga *et al.* 2007; Nemésio & Silveira 2007; Aguiar & Gaglianone 2008, 2011, 2012, 2014; Farias *et al.* 2008; Brosi 2009; Ramalho *et al.* 2009; Storck-Tonon *et al.* 2009; Nemésio & Silveira 2010; Nemésio 2010, 2011; Silveira *et al.* 2011, 2014; Faria & Silveira 2011; Justino & Augusto 2010; Andrade-Silva *et al.* 2012; Cordeiro *et al.* 2012; Knoll & Penatti 2012; Silva 2012).

Dentre os estudos desenvolvidos no Brasil, um número considerável foi realizado na Mata Atlântica a partir da década de 1990, o que tem contribuído significativamente para aumentar o conhecimento acerca da estrutura de comunidades (riqueza, diversidade e composição de espécies) e distribuição geográfica das espécies, bem como sobre os efeitos de fragmentação sobre a estrutura de comunidades (Rebêlo & Garófalo 1991, 1997; Peruquetti *et al.* 1999; Bezerra & Martins 2001; Tonhasca *et al.* 2002; Sofia *et al.* 2004; Milet-Pinheiro & Schilindwein 2005; Souza *et al.* 2005; Nemésio & Silveira 2006, 2007; Aguiar & Gaglianone 2008, 2011, 2012, 2014; Ramalho *et al.* 2009; Silveira *et al.* 2011, 2014; Cordeiro *et al.* 2012; Knoll & Penatti 2012).

COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES DE EUGLOSSINA

O conceito de composição de espécies pode ser definido como o reconhecimento da identidade das espécies que compõem uma comunidade (Morin 1999; Ricklefs 2003; Begon *et al.* 2006). A determinação da composição de espécies é fundamental para se avaliar a diversidade beta entre locais distintos e por consequência o conhecimento do padrão de distribuição geográfica das espécies. A distribuição geográfica das espécies está relacionada à sua amplitude geográfica que pode ser expressa tanto em termos

dos pontos de ocorrência das espécies como dos padrões de abundância dentro da amplitude de ocorrência conhecida (Brown & Lomolino 2006).

A distribuição geográfica de Euglossina é primariamente neotropical. Os países que apresentam maior número de espécies conhecidas são Brasil e Colômbia. No entanto, outros países na América do Sul (Peru, Venezuela) e América Central (Panamá e Costa Rica) também apresentam alta riqueza de espécies (Ramírez *et al.* 2002; Roubik & Hanson 2004).

A composição de espécies de abelhas Euglossina em comunidades amostradas nos diferentes estudos na região neotropical é bastante variável. Isto pode ser visto como consequência dos padrões de distribuição também variados das espécies presentes nessas comunidades. Roubik & Hanson (2004) afirmaram que o grupo apresenta espécies com distribuições geográficas notavelmente amplas assim como espécies com distribuição muito mais restrita.

Alguns estudos avaliaram os padrões biogeográficos de Euglossina (Kimsey 1982; Nemésio & Silveira 2007; Ramírez *et al.* 2010; Sydney *et al.* 2010; Parra-H & Nates-Parra 2012). Ramírez *et al.* (2010) utilizaram a proposta de regionalização de Morrone (2006) para avaliar os padrões de distribuição de espécies de Euglossina em macroescala. De acordo com esta proposta, a distribuição das espécies da entomofauna na região neotropical está compreendida em seis sub-regiões (Figura 1).

Quando analisadas sob o ponto de vista da proposta de Morrone (2006, 2010), as espécies de Euglossina apresentam padrões de distribuição muito variados, como salientado por Roubik & Hanson (2004). Algumas espécies como *Euglossa cordata* (Linnaeus, 1758), *Eulaema cingulata* (Fabricius, 1804), *Eulaema nigrita* Lepeletier, 1841, *Eulaema meriana* (Olivier, 1789), *Eufriesea surinamensis* (Linnaeus, 1758) e *Exaerete smaragdina* (Guérin, 1844) ocorrem amplamente na região neotropical. Outras espécies como *Euglossa securigera* Dressler, 1982, *Euglossa fimbriata* Moure, 1968, *Euglossa melanotricha* Moure, 1967 e *Euglossa violaceifrons* Rebêlo & Moure, 1996 apresentam distribuição mais restrita, limitada à América do Sul.

Se em ampla escala as variações no padrão de distribuição geográfica e a composição de espécies de Euglossina foram mais estudadas, em menor

escala tais questões foram pouco exploradas, assim como a influência de diferentes fatores ambientais (temperatura, umidade, pluviosidade) sobre as variações na distribuição geográfica e composição de espécies. Como destacado por Faria & Gonçalves (2013), embora os inventários de comunidades de abelhas desenvolvidos na região neotropical forneçam dados confiáveis, a investigação das relações existentes entre a diversidade, distribuição e composição de espécies com os parâmetros ambientais carece de maior esforço de pesquisa. Entender quais fatores ambientais afetam tais padrões em menor escala pode ser fundamental para se compreender satisfatoriamente como os padrões observados em macroescala foram originados.



Figura 1 – Regiões biogeográficas da América do Sul, segundo Morrone (2006, 2010): 1 Sub-região Caribenha; 2 Sub-região Amazônica; 3 Sub-região Chaquenha; 4 Sub-região Paranaense; 5 sub-região da Zona de Transição Sul-Americana e 6-8 região Andina.

EFEITOS DE FRAGMENTAÇÃO SOBRE COMUNIDADES DE EUGLOSSINA

A redução e isolamento de ecossistemas florestais e de sua diversidade biológica acarretam em impactos sobre a manutenção de importantes funções do ecossistema resultantes das interações entre diferentes organismos (Cane

& Tepedino 2001; Lôbo *et al.* 2011). Conseqüentemente, a alteração das interações ecológicas pode desencadear um efeito em cascata e comprometer diversas outras espécies do ecossistema (Aizen & Feisinger 1994). O processo de polinização, desempenhado principalmente pelas abelhas, é um exemplo de como impactos negativos sobre determinadas espécies podem, direta ou indiretamente, afetar outras espécies dentro da comunidade. Esse processo destaca-se como uma das mais importantes funções do ecossistema promovendo a reprodução das plantas e o fluxo gênico entre espécies vegetais e contribuindo amplamente para a manutenção de comunidades de plantas nativas. A polinização também contribui para o aumento da produtividade em empreendimentos agrícolas funcionando, nesse caso, como um serviço do ecossistema (De Marco & Coelho 2004; Rickets 2004).

Cane (2001) destaca que diferentes grupos animais respondem diferentemente às perturbações geradas no ambiente e que podem surgir noções errôneas quando amplas generalizações ecológicas sobre um grupo animal bem conhecido são aplicadas a outro. As respostas de diferentes espécies à fragmentação do habitat são muito particulares e dependem de características de suas histórias de vida e do grau de tolerância exibido por cada uma delas (Calvillo *et al.* 2010). Assim, nem sempre um determinado organismo estudado é um modelo adequado para responder a uma pergunta. A detecção de um processo de perturbação ambiental, por exemplo, não pode ser baseada em um grupo animal pouco sensível àquele distúrbio em particular.

As abelhas *Euglossina* constituem um modelo interessante para estudos de fragmentação e perda de habitat, uma vez que apresentam uma forte dependência de áreas naturais, principalmente florestais, e algumas espécies são consideradas, inclusive, bioindicadores de qualidade ambiental (Tonhasca *et al.* 2002). *Euglossa marianae* Nemésio, 2011, por exemplo, foi amostrada em maior abundância apenas nos fragmentos maiores e mais preservados de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil (Tonhasca *et al.* 2002; Nemésio & Silveira 2006; Ramalho *et al.* 2009). Outro exemplo é *Eufriesea violacea* (Blanchard, 1840), que é sugerida no estudo de Giangarelli *et al.* (2009) como uma espécie sensível ao tamanho do remanescente natural. A alta

dependência de áreas florestais verificada em *Euglossina* parece não ocorrer em vários outros grupos de abelhas que possuem o hábito de forragear e nidificar em áreas antrópicas (Brosi *et al.* 2007, 2009).

Outro aspecto que torna *Euglossina* bom modelo para estudos de fragmentação e perda de habitat é o fato dos machos destas abelhas serem facilmente amostrados através da utilização de iscas aromáticas. Além disso, a taxonomia de alguns gêneros tem sido revisada como, por exemplo, *Eulaema* (Oliveira 2006, 2007) e *Euglossa* (Faria Jr. & Melo 2007) facilitando tanto a coleta quanto a identificação dos espécimes.

Os estudos que avaliaram os efeitos de fragmentação sobre comunidades de abelhas *Euglossina* apresentaram resultados discrepantes (Powell & Powell 1987; Becker *et al.* 1991; Tonhasca *et al.* 2002; Brosi 2009; Ramalho *et al.* 2009, Nemésio & Silveira 2010; Knoll & Penatti 2012). Becker *et al.* (1991) e Tonhasca *et al.* (2002), em estudos desenvolvidos nas Florestas Amazônica e Atlântica, respectivamente, não verificaram efeitos negativos da fragmentação florestal sobre comunidades de abelhas *Euglossina*. Estes autores avaliaram variações na estrutura de comunidades entre áreas florestais contínuas e alguns fragmentos. Nos outros estudos foram verificadas relações significativas entre variáveis ambientais como o tamanho, a forma, o isolamento e área nuclear dos fragmentos florestais, e a estrutura de comunidades. No entanto ainda não é possível identificar tendências ou padrões bem definidos, deixando muitas questões para serem investigadas.

A ausência de padrões bem definidos pode ser reflexo da avaliação de poucas variáveis. Brosi (2009) sugere como principais falhas de alguns estudos anteriores o pequeno tamanho amostral e/ou a avaliação apenas dos efeitos do tamanho e isolamento sobre a diversidade de *Euglossina*. A avaliação de variáveis relacionadas à qualidade do fragmento, além de parâmetros métricos da paisagem, pode ser importante em estudos sobre os efeitos de fragmentação em comunidades de abelhas. O estudo de Ramalho *et al.* (2009), desenvolvido no Estado do Rio de Janeiro, constitui um bom exemplo. Estes autores verificaram que a diversidade de abelhas *Euglossina* foi mais elevada em fragmentos floristicamente mais diversos e, provavelmente, com maior disponibilidade de recursos alimentares e de nidificação.

Dessa forma, o desenvolvimento de novos estudos sobre os efeitos de fragmentação em comunidades de abelhas Euglossina pode gerar informações relevantes em termos de conservação de espécies nativas através da avaliação da relação entre riqueza, diversidade, e composição de espécies, e um maior número de variáveis ambientais associadas tanto à estrutura da paisagem (tamanho do fragmento, porcentagem de cobertura florestal, conectividade, porcentagem de ambientes antrópicos na paisagem, entre outros) como também à estrutura da vegetação (área basal, porcentagem de cobertura de dossel, porcentagem de cobertura de sub-bosque).

FLORESTAS ESTACIONAIS SEMIDECIDUAIS E SEU HISTÓRICO DE DEVASTAÇÃO NA REGIÃO DA ZONA DA MATA, MG

As Florestas Estacionais Neotropicais Secas são compostas por um complexo de tipos florestais distribuídos esparsamente ao longo da América do Sul e da América Central e Caribe (Pennington *et al.* 2000). No Brasil, estão representadas pelas Florestas Estacionais Semidecíduais e Decíduais. As Florestas Estacionais Semidecíduais estão presentes na Mata Atlântica e em menor escala no Cerrado, dois biomas brasileiros classificados como *hotspots* devido ao alto grau de endemismo e estágio avançado de degradação ambiental (Myers *et al.* 2000).

Na Zona da Mata, MG, as Florestas Estacionais Semidecíduais (FES) são predominantemente do tipo submontana estando a uma altitude média de 500 metros. Esta formação florestal ocorre predominantemente nas encostas interioranas das Serras da Mantiqueira e Dos Órgãos e nos planaltos Centrais recobertos pelos arenitos Botucatu, Bauru e Caiuá, originados nos períodos geológicos Jurássico e Cretáceo. Florestas Estacionais Semidecíduais submontanas distribuem-se desde o Estado do Espírito Santo e sul do Estado da Bahia até os Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, norte e sudoeste do Paraná, sul de Mato Grosso do Sul, sul de Goiás, Mato Grosso e Rondônia. Pode ocorrer ainda de forma disjunta entremeada a formações savânicas na região Centro-Oeste (Veloso & Góes-Filho 1982; IBGE 2012).

Os fragmentos estudados apresentam um histórico de devastação similar associado à ocupação da região durante a metade final do século XVIII e início do século XIX quando ocorreu redução gradativa dos rendimentos associados à mineração aurífera nas regiões centrais do Estado de Minas Gerais sendo necessária a busca de novas minas no interior da capitania. Nesse momento, a medida em que ocorria o declínio das lavras de mineração do ouro (Oliveira 1998), a agricultura ganhava maior importância no cenário econômico mineiro fomentando a derrubada de florestas para a produção agrícola crescente (Soares 2009).

A atividade agrícola preponderante durante a transição entre atividade mineradora e expansão agrícola era a produção cafeeira. Nesse novo cenário a Zona da Mata passa a representar a região mais dinâmica da província e estabelece-se como base fiscal da administração provincial. O protagonismo econômico desta região naquele momento da história era tamanho que até o início do século XX era considerada a região mais rica do Estado de Minas Gerais (Barros 2005). Nesse momento parte considerável das florestas foram derrubadas para o estabelecimento de plantios (Paula *et al.* 2002).

Posteriormente muitas lavouras de café acabaram abandonadas ou replantadas com novas variedades de plantas em função da improdutividade dos plantios decorrente das características do solo. Muitas dessas lavouras, após o abandono, foram utilizadas para criação de gado em regime extensivo, prejudicando a regeneração natural das florestas (Goldfari 1975 *apud* Paula *et al.* 2002).

Já na década de 1950, Orlando Valverde ao realizar um estudo sobre a cobertura vegetal da Zona da Mata, MG, afirmava que o povoamento se concentrava nos vales deixando as encostas e topos de morros ocupados por matas. Este mesmo autor ainda ressaltou em seu estudo que a Zona da Mata foi submetida a uma devastação generalizada e, já naquela época, uma das características marcantes da paisagem da Zona da Mata era a falta de florestas (Valverde 1958).

Atualmente, em função de todo este histórico de devastação, a cobertura florestal da região da Zona da Mata em Minas Gerais encontra-se altamente fragmentada em remanescentes florestais esparsamente distribuídos (Figura

2). A devastação dessas áreas pode ser extremamente prejudicial a muitos grupos de abelhas dependentes de ambientes naturais para obtenção de seus recursos alimentares e de nidificação e, dentre eles, as abelhas Euglossina.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi analisar a estrutura de comunidades de abelhas da subtribo Euglossina (Hymenoptera; Apidae) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual na região da Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a influência de gradientes geoclimáticos sobre a estrutura de comunidades de Euglossina em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.

- Avaliar a influência da fragmentação florestal sobre comunidades de abelhas Euglossina através da análise da relação de variáveis da estrutura de vegetação e da paisagem com a estrutura de comunidades em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.

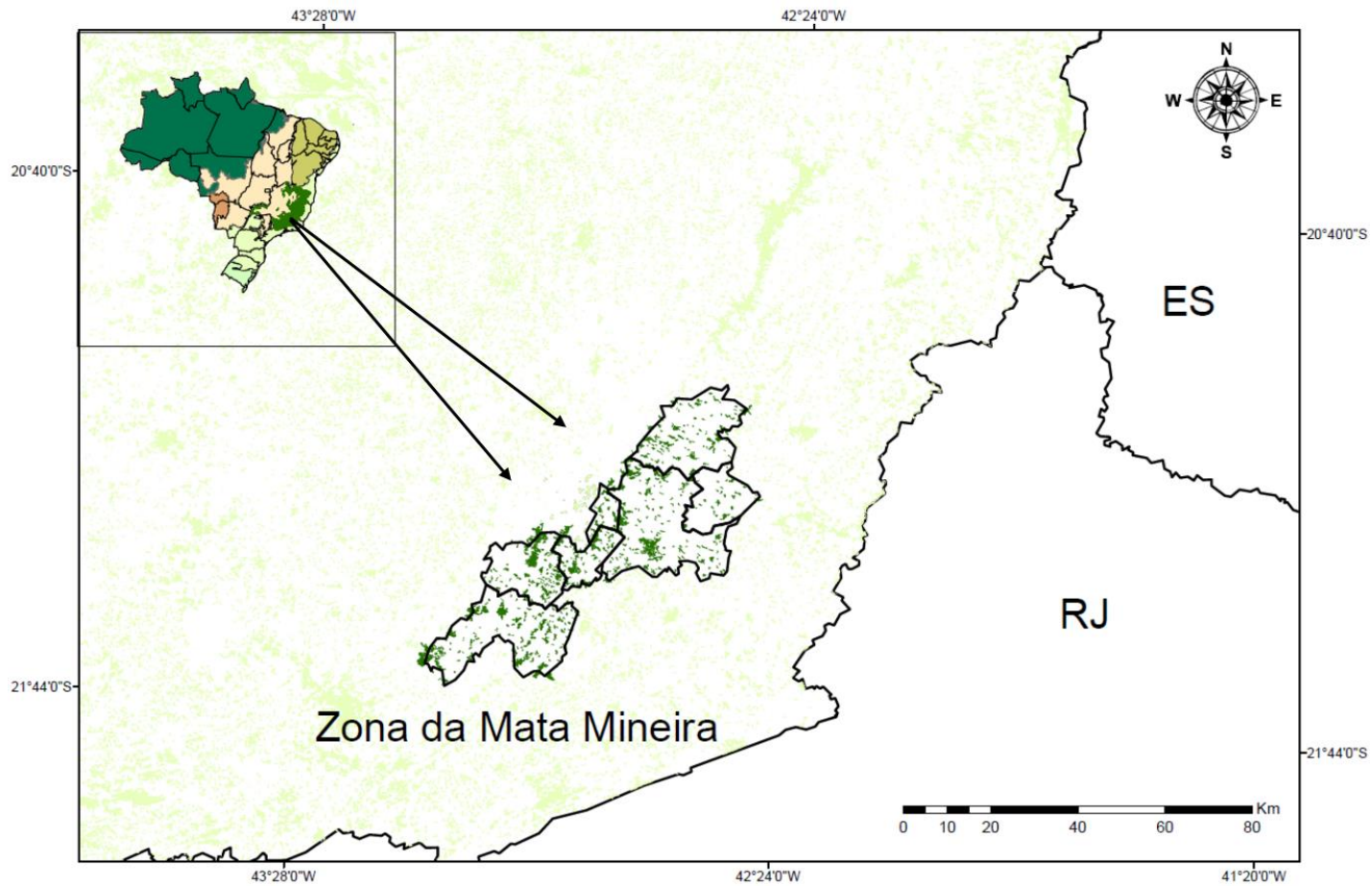


Figura 2 – Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual na região da Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. Em destaque no centro do mapa, os municípios onde estão inseridos os fragmentos amostrados (Cataguases, Itamarati de Minas, Astolfo Dutra, Dona Eusébia, Descoberto, Santana de Cataguases, Miraí). Confeção de mapa a partir de dados geográficos obtidos no “Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica” (Fundação SOS Mata Atlântica 2011).

CAPÍTULO 1

ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA; APIDAE) EM UM GRADIENTE ESPACIAL LITORAL-INTERIOR NO SUDESTE DO BRASIL

(Este capítulo tem a expressa autorização para uso, nas análises, dos dados de W.M. Aguiar, que é coautor do artigo derivado deste capítulo, a ser submetido à publicação em revista científica ainda não definida).

1.1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1990, muitos estudos foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar aspectos da estrutura de comunidades de abelhas Euglossina em Florestas Estacionais Semidecíduais (FES) (Rebêlo & Garófalo 1991, 1997; Peruquetti *et al.* 1999; Sofia & Suzuki 2004, Sofia *et al.* 2004; Souza *et al.* 2005; Nemésio & Silveira 2006; Nemésio & Silveira 2007; Aguiar & Gaglianone 2008, 2011, 2012; Silveira *et al.* 2011). Nesses estudos uma gama de novas informações sobre aspectos da biologia e ecologia deste grupo de abelhas foram obtidas. Os resultados sugerem diferenças em termos de riqueza e composição de espécies entre áreas fitofisionomicamente similares, que poderiam ser explicadas por algumas razões. Uma delas seria a influência de condições ambientais (geográficas e climáticas) distintas ao longo da distribuição das FES, que ocorre ao longo de uma ampla região geográfica sob diferentes regimes climáticos, edáficos, topográficos, históricos e socioeconômicos (Metzger 2009). Outra explicação para diferenças observadas na composição e riqueza de espécies entre fragmentos de um mesmo tipo florestal seria a falta de padronização na metodologia de amostragem de Euglossina entre os vários estudos desenvolvidos, como discutido por Nemésio (2012a).

De forma geral, remanescentes de FES são considerados formações de interior (Veloso *et al.* 1991), com exceção da faixa litorânea situada na região Norte Fluminense. Nesta região as FES estendem sua distribuição até a costa brasileira. A região é por isso denominada “Falha de Campos dos Goytacazes” (Oliveira-Filho *et al.* 2005).

Estudos florísticos e fitossociológicos (Oliveira-Filho & Fontes 2000; Oliveira-Filho *et al.* 2005) verificaram que ao longo do gradiente espacial litoral-interior as variáveis geoclimáticas (altitude, umidade, temperatura, precipitação) exercem influência no padrão de diferenciação florística das FES. Seriam tais variações igualmente influenciadoras na estrutura de comunidades de abelhas? O estudo destas comunidades no gradiente espacial acima mencionado constitui um bom modelo para avaliar o possível efeito de diferentes variáveis

ambientais sobre a estrutura de comunidades de abelhas Euglossina em Florestas Estacionais Semidecíduais.

Nesse sentido, os objetivos específicos deste capítulo são:

1) Avaliar o padrão de diferenciação na estrutura de comunidades de Euglossina ao longo do gradiente espacial litoral-interior, considerando dados amostrados em dois fragmentos de FES da Zona da Mata, MG, região central do gradiente, e dados obtidos em estudos anteriores desenvolvidos com metodologia amostral padronizada (Interior: Silveira 2010; Litoral: Aguiar 2011).

2) Analisar a relação dos parâmetros da estrutura de comunidades obtidos ao longo do gradiente espacial litoral-interior com variáveis geoclimáticas.

A hipótese deste capítulo é que as comunidades de abelhas Euglossina apresentam uma diferenciação em sua composição de espécies ao longo do gradiente espacial litoral-interior em resposta a fatores geoclimáticos, entre a região da Falha de Campos dos Goytacazes, no litoral, e a região do Triângulo Mineiro, no interior, no sudeste do Brasil. Espera-se que os fatores geoclimáticos influenciem também a riqueza de espécies e abundância de Euglossina, com áreas mais quentes e úmidas apresentando maiores valores destes parâmetros das comunidades.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 ÁREAS DE ESTUDO

Dois fragmentos (Fazenda Sinimbu – CEN1; Serra do Relógio – CEN2; Figura 1) foram amostrados na Zona da Mata, MG, região central do gradiente espacial litoral-interior. Como pontos de litoral (LIT) e interior (INT) no gradiente espacial foram utilizados os dados obtidos por Aguiar (2011) e Silveira (2010), respectivamente. A distância entre os extremos deste gradiente é de aproximadamente 700 km. Um resumo das principais características em cada área de estudo é apresentado na Tabela 1 e Figura 2.

A vegetação nos dois fragmentos amostrados, bem como nos outros fragmentos utilizados nas análises, é composta por Floresta Estacional Semidecidual. Esta formação florestal recebe esta denominação em função da ocorrência de estacionalidade climática que determina a queda parcial da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical estas florestas estão submetidas a acentuada seca durante o inverno e intensas chuvas no verão; na zona subtropical, não estão sujeitas a clima acentuadamente seco, mas a um inverno muito frio com temperaturas médias mensais inferiores a 15 °C, o que determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem. Nas áreas tropicais essas florestas ocorrem sobre solos areníticos distróficos, enquanto nas áreas subtropicais recobrem solos basálticos eutróficos (IBGE 2012).

1.2.2 AMOSTRAGEM

Nas duas áreas amostradas na região central do gradiente estudado, os machos de abelhas *Euglossina* foram coletados mensalmente entre 09:00 e 15:00 h, entre outubro/2010 e setembro/2011 (Tabela 1).

Os machos foram amostrados de forma padronizada nas seis áreas do gradiente, com iscas aromáticas, através de dois métodos de coleta aplicados simultaneamente em cada local: redes entomológicas e armadilhas confeccionadas através da utilização de garrafas plásticas (Figura 3). Em cada fragmento foi utilizado um ponto de coleta no interior, onde as amostragens foram realizadas com uso de rede entomológica, e um ponto de coleta na borda, através das armadilhas descritas anteriormente. A utilização de armadilhas permitiu aumentar o esforço amostral em cada fragmento.

Apesar de estudos apontarem menor eficiência de armadilhas quando comparadas à amostragem com rede entomológica (Nemésio & Morato 2004, 2006), neste estudo não foi verificada redução significativa no número de indivíduos ou espécies amostradas com armadilha (teste-t: riqueza: $t = -1,605$, $p = 0,13$; abundância: $t = -0,394$, $p = 0,7$). Dessa forma, os dados obtidos através da coleta com armadilha foram considerados em conjunto com os dados de rede entomológica na análise de dados. Estratégia similar foi utilizada

em estudos recentemente publicados (Cordeiro *et al.* 2012; Aguiar & Gaglianone 2014). Além disso, em estudo recente (Andrade-Silva *et al.* 2012) que utilizou apenas armadilhas em sua amostragem os autores demonstraram que mesmo através do uso exclusivo deste método de coleta a suficiência amostral pode ser alcançada em alguns fragmentos. Aguiar *et al.* (2013) sugerem que os dois métodos de coleta são complementares, pois algumas espécies coletadas com rede entomológica não foram amostradas através de armadilhas, e vice-versa. Por esta razão, estes autores sugerem que o uso em conjunto destes dois métodos de coleta pode aumentar as chances de se amostrar espécies raras na comunidade.

Seis fragrâncias artificiais (acetato de benzila, cinamato de metila, eucaliptol, eugenol, salicilato de metila e vanilina) foram utilizadas dispostas em chumaços de algodão isoladamente em cada armadilha. Para a coleta com rede entomológica foram utilizados chumaços de algodão amarrados com barbante e umedecidos com as mesmas fragrâncias e pendurados nos ramos das árvores a aproximadamente 1,5 m do solo, sendo a distância mínima entre eles de cinco metros. Indivíduos atraídos a beta-ionona, nos dados de Silveira (2010) nos fragmentos do interior do gradiente (INT1 e INT2) não foram considerados nas análises deste estudo.

Os indivíduos capturados foram acondicionados em câmaras mortíferas contendo acetato de etila, etiquetados, e depositados na coleção zoológica do Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Os espécimes foram identificados em laboratório sob estereomicroscópio usando chaves de identificação (Rebêlo & Moure 1995; Roubik & Hanson 2004; Faria Jr. & Melo 2007; Nemésio 2009), e a confirmação das espécies foi feita pelo Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo (Universidade Federal do Paraná).

Dados macroclimáticos referentes ao período de amostragem foram obtidos através de consulta aos arquivos do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) na página eletrônica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET; estações 83577, 83642, 83698), a partir de estações meteorológicas localizadas o mais próximo possível dos locais estudados. Os

seguintes dados foram obtidos: insolação total diária (registra a duração do brilho solar em horas e décimos), temperatura média do ar nos dias de coleta, umidade relativa média nos dias de coleta, e precipitação total mensal.

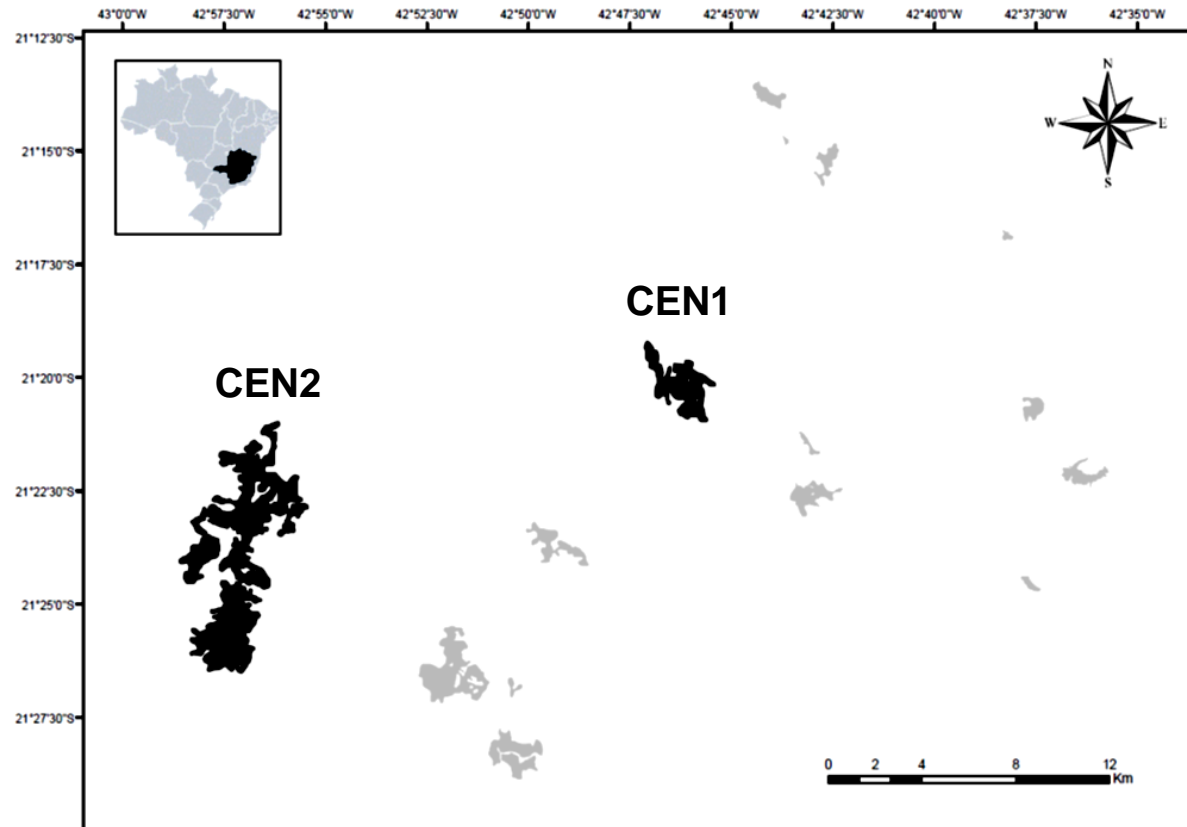


Figura 1 – Localização dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual utilizados na caracterização da estrutura de comunidades de abelhas Euglossina na região central do gradiente espacial litoral-interior. Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. Confecção de mapa a partir de dados geográficos obtidos no “Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica” (Fundação SOS Mata Atlântica 2011).

Tabela 1 – Caracterização dos fragmentos florestais utilizados na análise de diferenciação da fauna de Euglossina ao longo do gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. DO: Distância a partir do oceano; AM: Altitude média; TM: Temperatura média diária (média entre os dias de coleta); PMM: Precipitação mensal média. As áreas amostradas neste estudo estão destacadas em negrito.

Local	Região	Coordenadas	Fonte de dados	Período amostral	Área (ha)	DO (Km)	AM (m)	TM (°C)	PMM (mm ³)
1 - Estação Ecológica de Guaxindiba (LIT1)	Norte Fluminense	21°24,1'S 41°05,1'W	Aguiar (2011)	Agosto/2008 a Julho/2009	1200	5	50	25,2	146,9
2 - Fazenda Prosperidade (LIT2)	Noroeste Fluminense	21°24,4'S 42°01,5'W	Aguiar (2011)	Agosto/2008 a Julho/2009	900	99	300	23,1	144,4
3 - Fazenda Sinimbu (CEN1)	Zona da Mata, MG	21°20,2'S 42°45,6'W	Presente estudo	Outubro/2010 a Setembro/2011	363,2	150	400	20,5	129,7
4 - Serra do Relógio (CEN2)	Zona da Mata, MG	21°25,8'S 42°56,8'W	Presente estudo	Outubro/2010 a Setembro/2011	1793	158	694	20,5	129,7
5 - Fazenda do Glória (INT1)	Triângulo Mineiro	18°56,5'S 48°12,1'W	Silveira (2010)	Julho/2008 a Junho/2009	30	760	890	22,9	130,08
6 - Fazenda São José (INT2)	Triângulo Mineiro	18°50,3'S 48°13,3'W	Silveira (2010)	Julho/2008 a Junho/2009	20	768	900	22,9	130,1

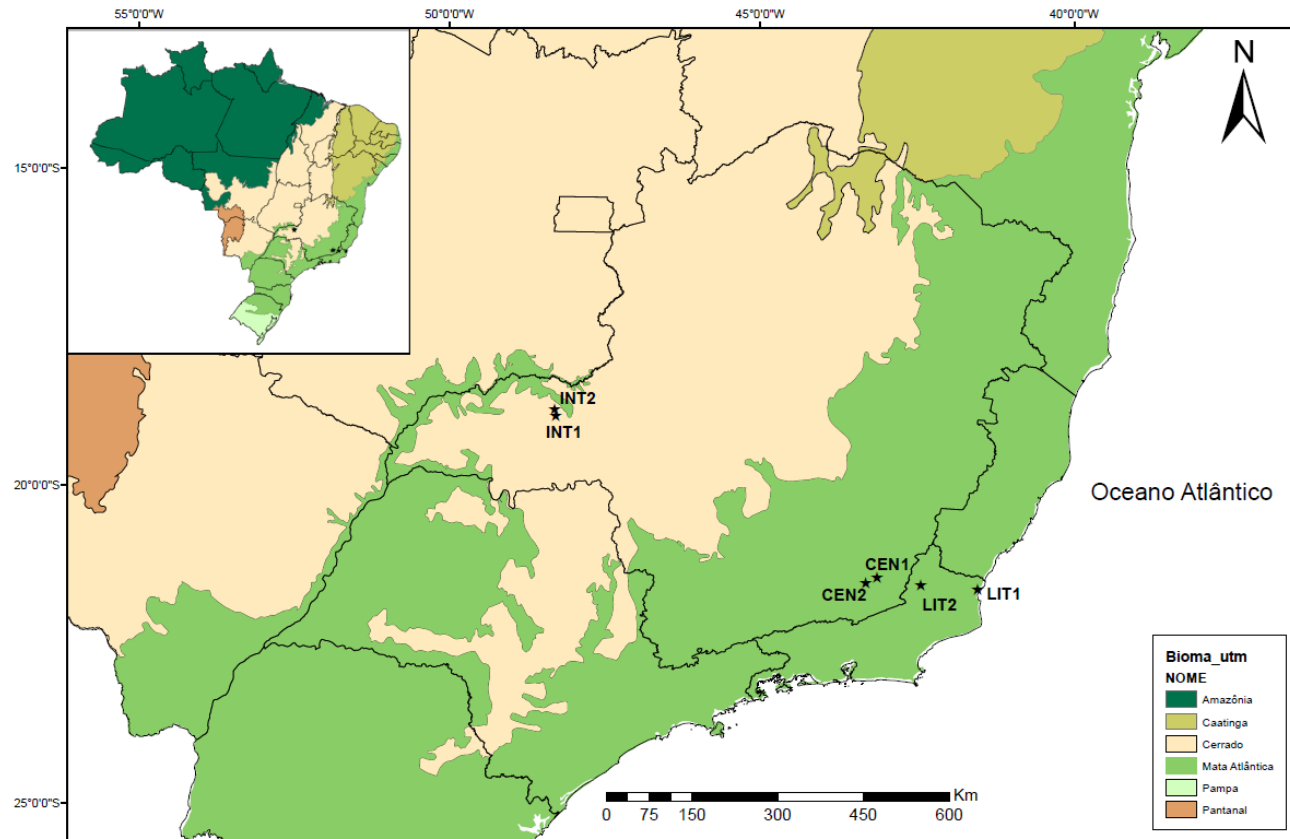


Figura 2 – Localização das áreas de amostragem de abelhas Euglossina em gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (região litorânea; Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (região central; Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Interior; Silveira 2010).

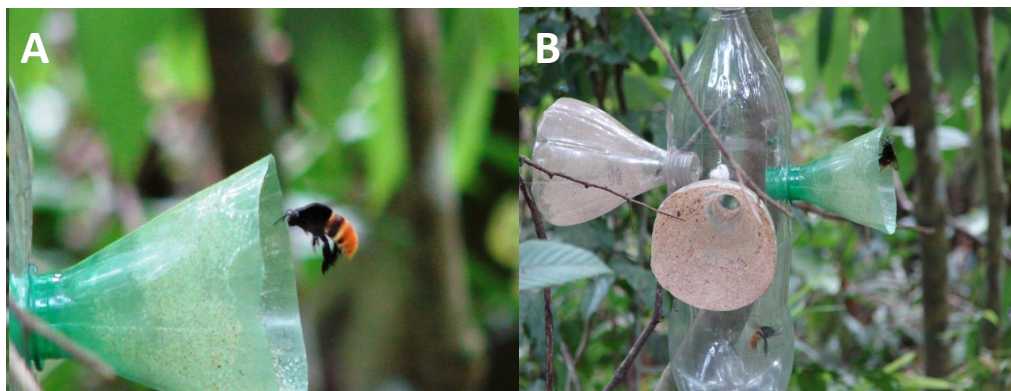


Figura 3 – Armadilha aromática utilizada na amostragem de machos de abelhas Euglossina nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual na região central do gradiente espacial litoral-interior. Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. (*Eulaema cingulata* se aproximando (A) e dentro da armadilha (B)). (Fotos: Clodoaldo de Assis).

1.2.3 ANÁLISE DE DADOS

Com base nos dados obtidos nos dois fragmentos amostrados foram calculados os índices de diversidade de espécies de Shannon-Wiener ($H' = -\sum p_i \times \ln p_i$; conforme Pielou (1975), e de equitabilidade ($J' = H'/H'_{Max}$, Pielou 1966).

Curvas de rarefação foram aplicadas para comparar a riqueza de espécies obtida no gradiente espacial litoral-interior, através de 1000 aleatorizações dos dados amostrados. As curvas foram construídas com base na variação do número de espécies em função do número de indivíduos. Esta análise foi desenvolvida através do programa EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 2005).

A variação na composição de espécies de Euglossina entre os fragmentos presentes no gradiente espacial litoral-interior foi comparada através do índice qualitativo de similaridade de Sorensen (Magurran 1988). Para que fosse possível comparar todos os fragmentos em conjunto foi aplicada análise de agrupamento com base nos coeficientes de similaridade obtidos pelo método de média não ponderada (UPGMA) (Sneath & Sokal 1973). Nesta análise duas amostras (fragmentos) são agrupadas com base na

distância média entre todos os membros (espécies) nos dois grupos. Essas análises foram realizadas com o programa PAST (versão 2.17b, Hammer *et al.* 2001).

As diferenças no padrão de composição de espécies e abundância de cada espécie nos fragmentos e as correlações com os parâmetros geoclimáticos ao longo do gradiente espacial litoral-interior foram avaliadas através de análise de correspondência canônica (CCA). Os parâmetros geoclimáticos utilizados foram: altitude dos fragmentos, temperatura média nos dias de coleta, umidade relativa, precipitação mensal média, e insolação total diária (número de horas do dia em pleno sol). Nesta análise a similaridade na estrutura de comunidades, considerando a composição de espécies e abundância por espécie, foi analisada através do índice de distância de qui-quadrado. Duas matrizes de dados foram construídas, uma com dados de abundância de cada espécie para cada comunidade e outra com parâmetros geoclimáticos relacionados a cada fragmento. A significância das relações aferidas através da CCA foi testada através do teste de Monte Carlo (1000 simulações). Esta análise foi processada pelo programa PC-Ord 4.0 (McCune & Mefford 1999).

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Estrutura das comunidades de Euglossina em fragmentos florestais na região da Zona da Mata, MG

Um total de 1139 machos de 14 espécies de abelhas Euglossina foi amostrado nos dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual da Zona da Mata, MG. A abundância de indivíduos foi maior na Fazenda Sinimbu (CEN1), assim como a riqueza de espécies (Tabela 2). Na Serra do Relógio (CEN2), 11 das 14 espécies foram amostradas. A abundância relativa das espécies em ambos os fragmentos foi similar, sendo que *Eulaema cingulata*, *Eulaema nigrita*, *Euglossa securigera* e *Euglossa clausi* Nemésio & Engel 2012 foram as espécies mais abundantes (Tabela 2).

A diversidade total de espécies foi $H' = 1,92$, sendo significativamente maior em CEN1 quando avaliada separadamente para as duas áreas ($t = 2,99$; $p = 0,002$) (Tabela 2).

Tabela 2. Espécies de Euglossina amostradas com o uso de seis iscas aromáticas em dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener; J' = índice de equitabilidade de Pielou. CEN1: Fazenda Sinimbu; CEN2: Serra do Relógio.

Espécies	CEN1	%	CEN2	%	Total	%
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius)	304	35,2	118	42,9	422	37,1
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	128	14,8	41	14,9	169	14,8
<i>Euglossa cordata</i> (Linnaeus)	7	0,8	4	1,5	11	1,0
<i>Euglossa clausi</i> Nemésio & Engel	143	16,6	33	12,0	176	15,5
<i>Euglossa fimbriata</i> Moure	24	2,8	5	1,8	29	2,5
<i>Euglossa gairanii</i> Dressler	72	8,3	0	0,0	72	6,3
<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler	54	6,3	7	2,5	61	5,4
<i>Euglossa securigera</i> Dressler	89	10,3	34	12,4	123	10,8
<i>Euglossa truncata</i> Rebêlo & Moure	9	1,0	25	9,1	34	3,0
<i>Eufriesea auriceps</i> (Friese)	3	0,3	2	0,7	5	0,4
<i>Eufriesea surinamensis</i> (Linnaeus)	21	2,4	0	0,0	21	1,8
<i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard)	4	0,5	5	1,8	9	0,8
<i>Eufriesea dentilabris</i> (Mocsáry)	4	0,5	0	0,0	4	0,4
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin-Méneville)	2	0,2	1	0,4	3	0,3
Abundância	864	100	275	100	1139	100
Riqueza	14	-	11	-	14	-
H'	1,92	-	1,73	-	1,92	-
J'	0,72	-	0,72	-	0,72	-

1.3.2 Análise das comunidades de Euglossina ao longo do gradiente espacial litoral-interior

As curvas de rarefação aplicadas para os fragmentos estudados ao longo do gradiente espacial litoral-interior indicam diferença estatisticamente significativa na riqueza de espécies entre os fragmentos amostrados na porção central do gradiente (CEN1 e CEN2) e os outros quatro fragmentos no litoral (LIT1 e LIT2) e no interior (INT1 e INT2), que são semelhantes entre si (Figura 4).

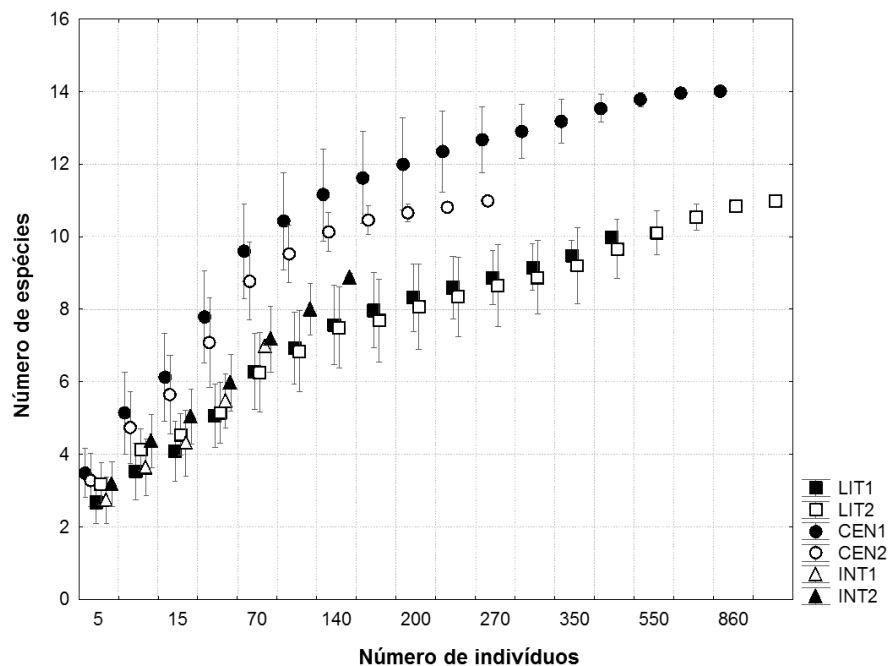


Figura 4 – Curvas de rarefação para a riqueza de espécies de abelhas Euglossina obtida em seis fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual no gradiente litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, e LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, e CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, e INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).

A abundância de espécimes amostrados decresceu entre os fragmentos de FES na região litorânea, LIT1 e LIT2, e os fragmentos situados no interior, INT1 e INT2 (LIT1: 444; LIT2: 978; CEN1: 864; CEN2: 275; INT1:71; INT2: 145). O *ranking* dos valores de abundância relativa das espécies em cada fragmento demonstra que em LIT1 e INT1 a espécie mais abundante representou mais de 50% dos indivíduos amostrados (Figura 5). Nos demais fragmentos os valores de abundância relativa da espécie dominante foram menores (CEN2 e INT2: maior que 40%; CEN1 e LIT2: maior que 30%). No entanto, o padrão de abundância relativa foi similar em todos os fragmentos, com poucas espécies dominantes e a maior parte pouco abundantes.

Ocorreu diferenciação na composição de espécies de abelhas Euglossina ao longo do gradiente espacial litoral-interior. Os fragmentos geograficamente mais próximos (ver Figura 2) apresentaram maior similaridade entre si (acima de 84%); os fragmentos amostrados na região central do

gradiente foram mais similares aos da região litorânea (acima de 72%) (Figura 6).

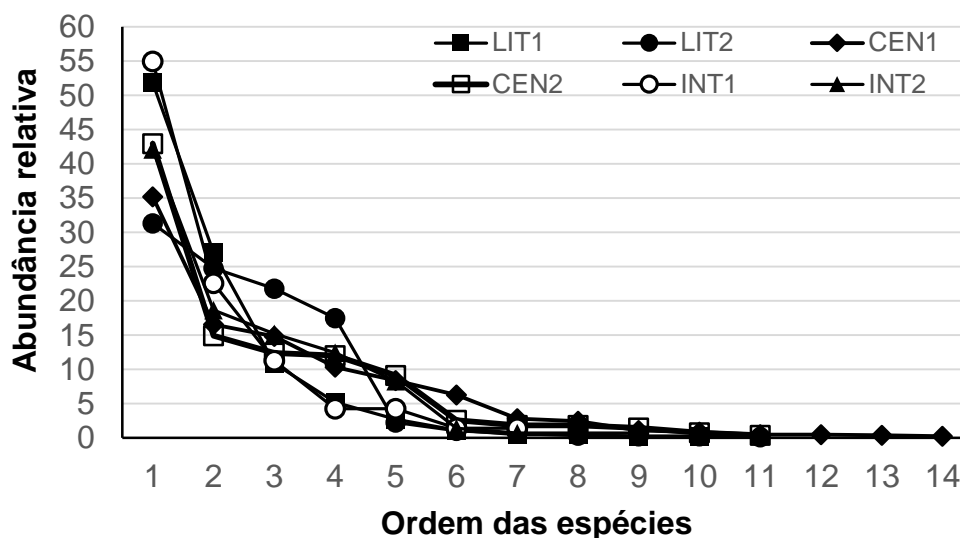


Figura 5 – *Ranking* das espécies de abelhas Euglossina nos seis fragmentos estudados ao longo do gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).

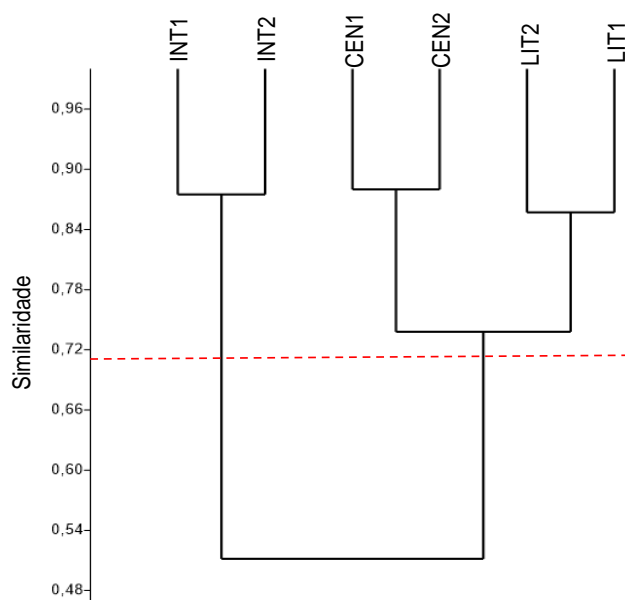


Figura 6 – Análise de agrupamento (índice de Sorensen) para as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010).

No gradiente espacial litoral-interior, a composição de espécies e a abundância de cada espécie apresentou relação com as variáveis geoclimáticas (Inércia total = 0,843, Tabela 3). Na análise de correspondência canônica, os dois primeiros eixos da ordenação explicaram 73,8% da variância. O teste de Monte-Carlo sugere correlações significativas entre as espécies amostradas e as variáveis ambientais de cada fragmento associadas ao primeiro eixo de ordenação ($r=0,962$; $p<0,01$; Tabela 3). Como resultado da análise canônica, a umidade relativa correlacionou-se positivamente com o primeiro eixo de ordenação e negativamente com o segundo eixo. A insolação correlacionou-se negativamente com o primeiro eixo de ordenação e positivamente com o segundo. A temperatura correlacionou-se negativamente com o primeiro eixo de ordenação. A precipitação correlacionou-se negativamente com o segundo eixo de ordenação. A altitude apresentou forte correlação positiva com o segundo eixo de ordenação. Os valores destas correlações são apresentados na tabela 4.

Tabela 3 – Resultados da análise de correspondência canônica realizada para as comunidades de Euglossina amostradas em um gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Autovalores	0,416	0,207	0,100
Porcentagem da variância acumulada (%)	49,2	73,8	85,7
Correlações espécie-ambiente	0,962	-	-
Inércia total = 84,3 %			

Tabela 4 – Resultados das correlações entre as variáveis ambientais e os eixos da análise de correspondência canônica.

Variáveis	Correlações (r)	
	Eixo 1	Eixo 2
Altitude	-0,383	0,905
Insolação total diária	-0,970	0,618
Precipitação mensal média	-0,036	-0,785
Temperatura média	-0,660	-0,240
Umidade relativa	0,952	-0,747

A abundância de cada espécie e a composição de espécies em LIT1 e LIT2 foram mais correlacionadas à temperatura (Figuras 7 e 8A), precipitação (Figuras 7 e 8B) e umidade relativa (apenas LIT2 - Figuras 7 e 9). Em CEN1 e CEN2 os mesmos parâmetros da estrutura da comunidade foram mais relacionados à umidade relativa (Figuras 7 e 9). Nos fragmentos localizados no interior do gradiente espacial, INT1 e INT2, a abundância e composição de espécies correlacionaram-se principalmente com a insolação total diária (Figuras 7 e 10A) e altitude (Figuras 7 e 10B).

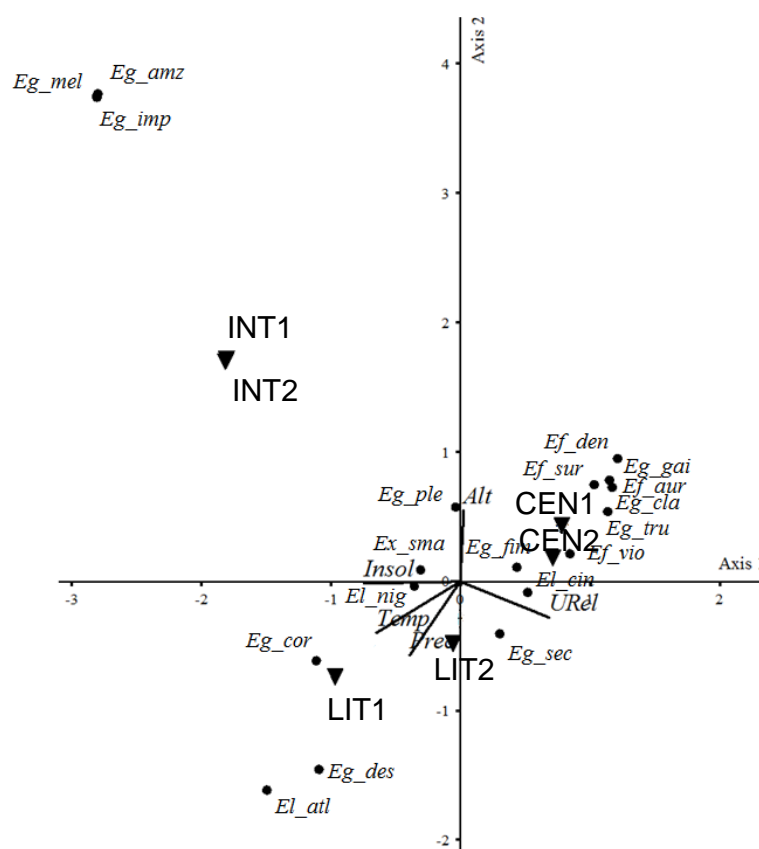


Figura 7 – Análise de correspondência canônica (CCA) para as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior no sudeste do Brasil. LIT1: Estação Ecológica de Guaxindiba, LIT2: Fazenda Prosperidade (Aguiar 2011); CEN1: Fazenda Sinimbu, CEN2: Serra do Relógio (Presente Estudo); INT1: Fazenda do Glória, INT2: Fazenda São José (Silveira 2010). Alt: Altitude; URel: Umidade relativa; Insol: Insolação; Temp: Temperatura; Prec: Precipitação. *El_atl*: *Eulaema atleticana*; *El_cin*: *Eulaema cingulata*; *El_nig*: *Eulaema nigrita*; *Eg_amz*: *Euglossa amazonica*; *Eg_cla*: *Euglossa clausi*; *Eg_cor*: *Euglossa cordata*; *Eg_des*: *Euglossa despecta*; *Eg_fim*: *Euglossa fimbriata*; *Eg_gai*: *Euglossa gairanii*; *Eg_imp*: *Euglossa imperialis*; *Eg_mel*: *Euglossa melanotricha*; *Eg_pla*: *Euglossa pleosticta*; *Eg_sec*: *Euglossa securigera*; *Eg_tru*: *Euglossa truncata*; *Ef_aur*: *Eufriesea auriceps*; *Ef_den*: *Eufriesea dentilabris*; *Ef_sur*: *Eufriesea surinamensis*; *Ef_vio*: *Eufriesea violacea*; *Ex_sma*: *Exaerete smaragdina*.

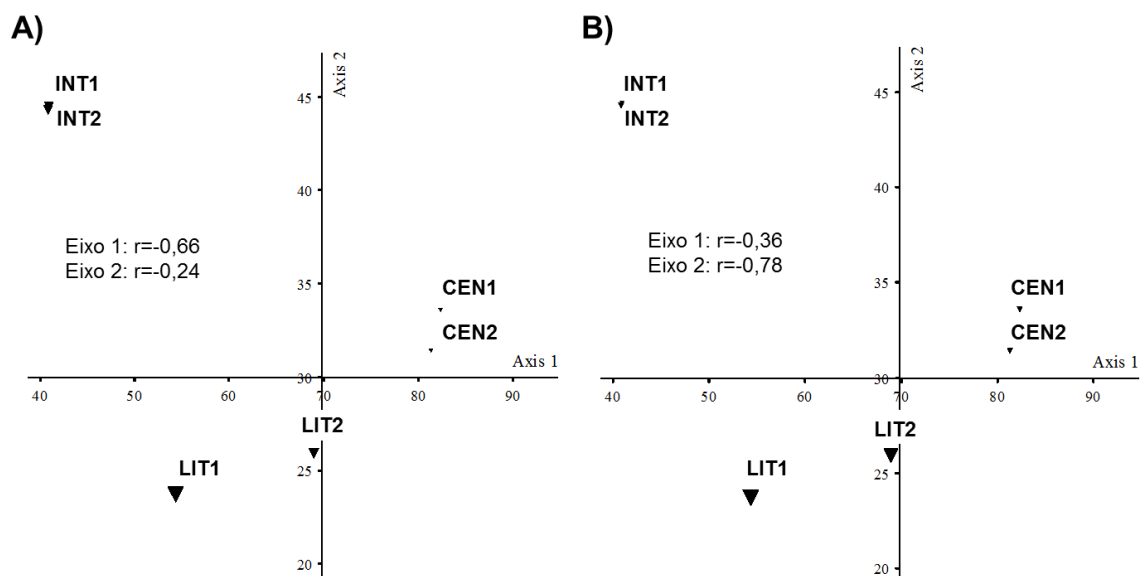


Figura 8 – Relação entre as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior e a temperatura (A) e precipitação (B), na CCA da Figura 7. As áreas mais correlacionadas estão indicadas com o símbolo ▼ em maior tamanho. Abreviaturas como na figura 7.

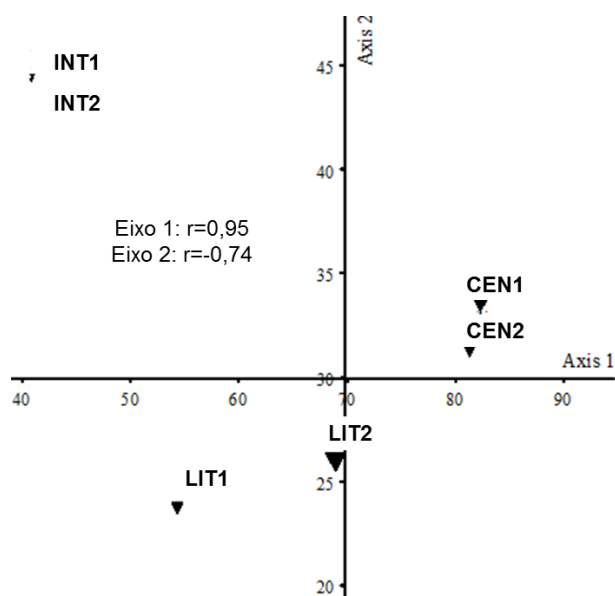


Figura 9 – Relação entre as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior e a umidade relativa, na CCA da Figura 7. As áreas mais correlacionadas apresentam o símbolo ▼ em maior tamanho. Abreviaturas como na figura 7.

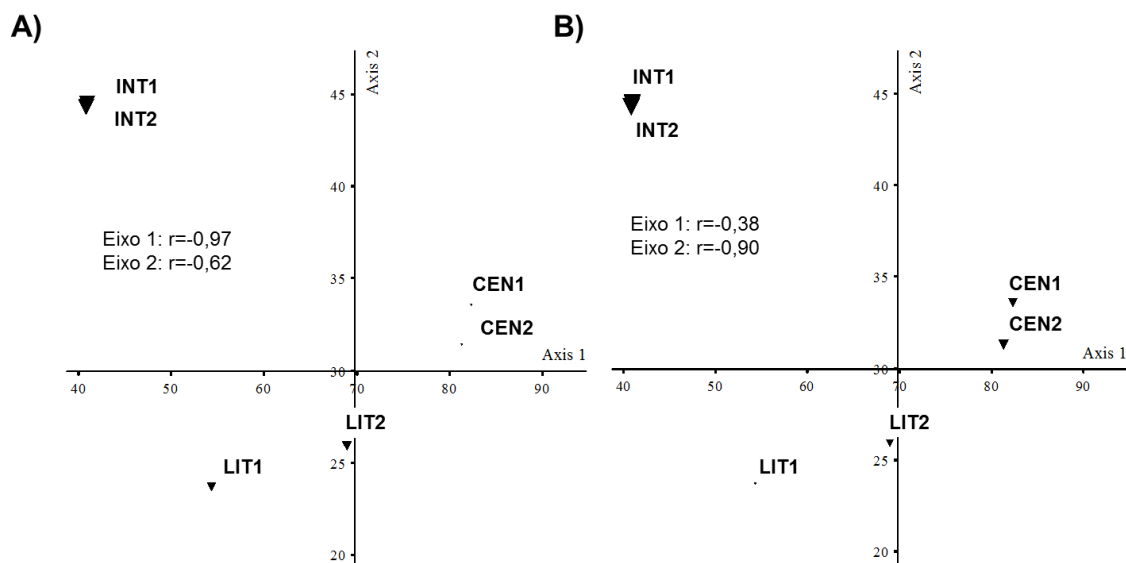


Figura 10 – Relação entre as comunidades de Euglossina amostradas no gradiente espacial litoral-interior e a insolação total diária (A) e altitude (B), na CCA da Figura 7. As áreas mais correlacionadas apresentam o símbolo ▼ em maior tamanho. Abreviaturas como na figura 7.

1.4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo corroboram a hipótese de que a estrutura de comunidades de abelhas Euglossina se diferencia ao longo do gradiente espacial litoral-interior de Florestas Estacionais Semidecíduais, e tal diferenciação está relacionada a variáveis geoclimáticas. Alguns parâmetros da estrutura de comunidades, tais como abundância, riqueza e composição de espécies apresentaram variação entre os locais estudados ao longo do gradiente.

A abundância nas duas áreas de FES amostradas na região central do gradiente (CEN1 e CEN2) foi menor do que a observada nas áreas mais próximas ao litoral (LIT1 e LIT2) e maior do que as áreas do interior do gradiente (INT1 e INT2). O padrão observado indica, dessa forma, que a abundância de abelhas Euglossina nas FES decresce dos fragmentos amostrados no litoral, no domínio da Floresta Atlântica, em direção aos fragmentos do interior, no domínio do Cerrado. A baixa abundância em comunidades de Euglossina no Cerrado, onde os fragmentos INT1 e INT2 estão inseridos, é um fato conhecido (Alvarenga *et al.* 2007; Justino & Augusto

2010; Faria & Silveira 2011), porém ainda pouco compreendido. Nos fragmentos que apresentaram maior abundância (LIT1 e LIT2) as variáveis ambientais mais relacionadas à estrutura de comunidades foram temperatura e, sobretudo, precipitação. Em LIT2 a comunidade também apresentou forte correlação com a umidade relativa, assim como em CEN1 e CEN2. Nas áreas de interior, onde a abundância foi mais baixa, as variáveis ambientais mais relacionadas à estrutura de comunidades foram altitude e insolação. Estes resultados sugerem que a abundância de *Euglossina* tende a ser maior em locais de menor altitude, temperaturas elevadas, e maior precipitação e umidade, como observado para LIT1 e LIT2. Tais características tornam estes fragmentos mais semelhantes às florestas pluviais onde abelhas *Euglossina* são mais abundantes. Os fragmentos amostrados dentro do domínio do Cerrado (INT1 e INT2) são caracterizados por um ambiente mais aberto e seco, o que pode influenciar negativamente a abundância de *Euglossina* considerando sua maior associação com florestas úmidas (Dressler 1982). Cordeiro *et al.* (2012) sugerem que em fragmentos florestais presentes na região costeira as variações sazonais nas condições climáticas são mais moderadas o que influenciaria na abundância e riqueza de espécies nesses locais.

A riqueza de espécies (14) obtida através das amostragens deste estudo nos dois fragmentos na região central do gradiente espacial (CEN1 e CEN2) permaneceu dentro do que seria esperado, levando-se em conta valores de riqueza obtidos em outras Florestas Estacionais Semidecíduais (Rebêlo & Garófalo 1997; Peruquetti *et al.* 1999; Sofia *et al.* 2004; Nemésio & Silveira 2007, 2010; Aguiar & Gaglianone 2008, 2011, 2012; Silveira *et al.* 2011; Knoll & Penatti 2012). Considerando-se o gradiente litoral-interior, foram obtidos valores mais elevados de riqueza nos fragmentos da região central (CEN1 e CEN2) e no fragmento LIT2 do que no fragmento LIT1 e, principalmente, nos fragmentos do interior do gradiente espacial estudado (INT1 e INT2). Nos fragmentos CEN1, CEN2 e LIT2 os valores de umidade relativa foram mais elevados e apresentaram forte relação com a estrutura de comunidades. O relevo nestes locais apresenta características similares, são ondulados e pobres em nutrientes, constituindo o domínio denominado por Ab'Saber (1970)

como mares de morros. Em CEN1, CEN2 e LIT2 as matas localizam-se predominantemente nas encostas e topo dos morros. A tendência natural nesse cenário é maior concentração de umidade nas encostas, o que poderia gerar ambiente florestal favorável à ocorrência de várias espécies de abelhas Euglossina. Como salientado com relação às variações de abundância, a riqueza de espécies destas abelhas também apresenta forte associação a áreas de floresta úmida. Dessa forma a maior umidade em CEN1, CEN2 e LIT2 pode ter sido determinante para a maior riqueza de espécies verificada nesses fragmentos.

Assim como a abundância e riqueza, a composição de espécies também apresentou variações ao longo do gradiente espacial litoral-interior, nos seis fragmentos de FES distribuídos entre a Floresta Atlântica e o Cerrado. Há espécies que foram amostradas exclusivamente em algumas regiões do gradiente espacial, elevando o *turn-over* de espécies entre regiões distintas e a diversidade beta ao longo do gradiente como um todo. *Eulaema atleticana* por exemplo, foi amostrada exclusivamente em LIT1, o fragmento mais litorâneo. Esta espécie é considerada endêmica da Floresta Atlântica, estando presente em florestas litorâneas no Nordeste do Brasil e nos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro (Nemésio 2009). *Eufriesea dentilabris* foi amostrada exclusivamente na região central (CEN1 e CEN2). Em estudos anteriores esta espécie foi mais associada a ambientes costeiros e com baixas altitudes (Nemésio 2009; Rocha-Filho & Garófalo 2013), diferentemente do verificado neste estudo onde os únicos espécimes foram registrados em locais com altitude média superior a 400 m. *Euglossa amazonica*, *E. melanotricha*, e *E. imperialis* foram amostradas apenas no interior do gradiente (INT1 e INT2). *Euglossa amazonica* era considerada endêmica da região amazônica, até ser registrada por Silveira (2010) em INT1 e INT2, no domínio do Cerrado, e posteriormente em áreas de Mata Atlântica no nordeste do Brasil e em Minas Gerais (Nemésio 2011, 2012b). As duas outras espécies têm sido constantemente amostradas em estudos desenvolvidos no domínio do Cerrado (Nemésio & Faria Jr. 2004; Alvarenga *et al.* 2007; Justino & Augusto 2010; Knoll & Penatti 2012; Silveira *et al.* 2014), embora *Euglossa imperialis* apresente ampla distribuição geográfica na América do Sul e América Central e

Euglossa melanotricha também esteja presente em FES no Nordeste do Estado de São Paulo e Paraná e áreas abertas no Estado da Bahia e na Bolívia (Rebêlo & Garófalo 1997; Sofia *et al.* 2004; Nemésio 2009; Silveira *et al.* 2011; Knoll & Penatti 2012; Moure *et al.* 2012).

Variações nos padrões de estrutura de comunidades de Euglossina entre o litoral, mais associado à Floresta Atlântica, e o interior, com maior presença de Cerrado, também podem ser observadas em estudos desenvolvidos no Estado de São Paulo (Rebêlo & Garófalo 1997; Silveira *et al.* 2011; Knoll & Penatti 2012; Cordeiro *et al.* 2012; Rocha-Filho & Garófalo 2013). Nos estudos desenvolvidos em fragmentos de Floresta Atlântica Ombrófila próximos ao litoral (Cordeiro *et al.* 2012; Rocha-Filho & Garófalo 2013) foram obtidos maiores valores de abundância e riqueza e uma composição diferente dos estudos cujas amostragens ocorreram no interior do Estado (Rebêlo & Garófalo 1997; Silveira *et al.* 2011; Knoll & Penatti 2012). As espécies dominantes em fragmentos de Floresta Atlântica Ombrófila no Estado de São Paulo foram *Euglossa cordata*, *Euglossa clausi* (citada nestes estudos como *Euglossa sapphirina* Moure, 1968), *Euglossa annectans* e *Euglossa iopoecila* (Cordeiro *et al.* 2012; Rocha-Filho & Garófalo 2013). Em Rebêlo & Garófalo (1997) e Silveira *et al.* (2011) as abelhas Euglossina foram amostradas predominantemente em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, alguns dos quais margeados por áreas de Cerrado. Nesses estudos a abundância e riqueza de espécies foram inferiores quando comparadas aos fragmentos amostrados no litoral, e as comunidades foram caracterizadas pela dominância de *Euglossa pleosticta*, seguida de *Eulaema nigrita*, *Euglossa fimbriata*, e *Eufriesea violacea*. Knoll & Penatti (2012) amostraram comunidades de Euglossina em fragmentos de savana arbórea (Cerradão) e Floresta Estacional Semidecidual. Estes autores verificaram uma riqueza um pouco inferior aos estudos desenvolvidos tanto nas FES (Rebêlo & Garófalo 1997; Silveira *et al.* 2011) quanto nas Florestas Atlânticas Ombrófilas (Cordeiro *et al.* 2012; Rocha-Filho & Garófalo 2013). As espécies dominantes foram *Eulaema nigrita*, *Euglossa melanotricha* e *Eufriesea violacea*, principalmente nas áreas de savana arbórea (Cerradão).

Ao longo do gradiente espacial litoral-interior analisado neste estudo existe uma heterogeneidade ambiental decorrente da influência de diferentes variáveis ambientais atuando diretamente sobre as FES e influenciando a estrutura das comunidades de Euglossina. A heterogeneidade ambiental foi apontada por alguns autores como importante mecanismo influenciador da diversidade e composição de espécies de Euglossina (Knoll & Penatti 2012). As variações na estrutura de comunidades de abelhas em termos de riqueza e composição de espécies, e sua relação com parâmetros climáticos e geográficos têm fomentado o desenvolvimento de alguns estudos nos últimos anos. Faria & Gonçalves (2013), avaliando dados da literatura, encontraram relações significativas entre parâmetros climáticos e a riqueza e composição de espécies de abelhas. Os autores avaliaram comunidades amostradas em 33 inventários sistematizados e encontraram influência da temperatura anual para a riqueza e diversidade de espécies, e da temperatura média anual, sazonalidade da temperatura, e precipitação anual para a composição de espécies. Sydney *et al.* (2010) detectaram influência de gradientes de latitude, longitude e pluviosidade sobre comunidades de abelhas Euglossina amostradas em toda a região neotropical. Nemésio & Vasconcelos (2013) avaliaram se a composição de espécies em comunidades de Euglossina era controlada por fatores associados ao nicho ecológico das espécies e pela dispersão de indivíduos. Estes autores verificaram que os fatores climáticos (temperatura e precipitação sazonal) foram mais determinantes do que fatores espaciais (altitude e latitude) sobre a composição de espécies. Recentemente, a relação entre comunidades de abelhas Euglossina e fatores climáticos, como temperatura e umidade, também foi avaliada em outro bioma (Andrade-Silva *et al.* 2012 - Caatinga). Estes autores atribuíram a ocorrência e abundância das espécies principalmente à variação sazonal dos fatores ambientais.

Os resultados obtidos no presente estudo agregam informações ao conhecimento anterior e ratificam a influência das variáveis ambientais sobre a estrutura de comunidades de abelhas. A partir de tais resultados, é possível afirmar que as variáveis geoclimáticas avaliadas foram determinantes para as diferenças existentes entre as comunidades amostradas. A riqueza de espécies foi maior nos fragmentos da região central do gradiente litoral-interior em

relação aos demais, e não foi estatisticamente diferente entre os fragmentos do litoral (LIT1 e LIT2) e interior (INT1 e INT2). Tais variações na riqueza de espécies estão em acordo com o previsto na hipótese do estudo, pois apresentaram relação com os dados climáticos, principalmente umidade, atuando ao longo do gradiente.

A umidade relativa e a altitude foram os fatores mais correlacionados à composição de espécies nos fragmentos da região central do gradiente (CEN1 e CEN2). A umidade relativa nesta região é mais alta do que nas outras regiões do gradiente, o que pode ter favorecido a ocorrência ou maior abundância de algumas espécies amostradas, tais como *Euglossa gaianii*, *E. clausi*, e *Eufriesea dentilabris*. Além disso, o relevo nessa região é montanhoso com fragmentos presentes em encostas e porções de relevo mais elevadas, o que poderia levar à maior concentração de umidade próximo a estes locais.

Nos fragmentos da região mais próxima ao litoral (LIT1 e LIT2), os fatores ambientais mais determinantes foram a temperatura e a precipitação. No outro extremo do gradiente, nas áreas de interior (INT1 e INT2), a insolação total diária e a altitude foram determinantes na composição das espécies. A alta abundância de *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata* nesses quatro fragmentos pode ter sido influenciada pela temperatura (no litoral) ou insolação (no interior). A associação destas espécies com ambientes quentes e/ou abertos havia sido indicada anteriormente em outros estudos (Peruquetti *et al.* 1999; Silva & Rebêlo 2002; Tonhasca *et al.* 2002; Aguiar & Gaglianone 2008).

Não obstante, a heterogeneidade ambiental ao longo do gradiente espacial litoral-interior deve-se também ao fato de que este gradiente se inicia no litoral, dentro do domínio da Floresta Atlântica, e termina no interior, dentro do domínio do Cerrado, dois biomas com características climáticas, topográficas, edáficas e históricas distintas. Assim, a presença de algumas espécies como *Eulaema atleticana*, que são mais comuns em Floresta Atlântica Ombrófila, e a maior abundância de machos de Euglossina nas FES mais próximas ao litoral (LIT1 e LIT2) poderiam ser explicadas pela proximidade destas áreas a grandes remanescentes de Floresta Atlântica Ombrófila ao longo da costa brasileira. No outro extremo do gradiente, nos pontos de interior, a presença de matas de galeria e manchas de FES dentro do domínio do

Cerrado podem favorecer a dispersão de animais entre as Florestas Atlântica e Amazônica (Costa 2003; Nemésio *et al.* 2007), o que influenciaria a composição faunística. Silveira *et al.* (2014), em estudo sobre a diversidade de Euglossina em diferentes fitofisionomias do Cerrado, sugerem que a heterogeneidade ambiental dentro deste bioma contribui significativamente para elevar a diversidade de Euglossina, e apontam os habitats florestais, sobretudo FES e matas de galeria, como fundamentais nesse processo.

Este estudo demonstra que as variáveis ambientais exercem influência e podem moldar a estrutura de comunidades de Euglossina em Florestas Estacionais Semidecíduais. No entanto, é importante destacar que outros fatores ecológicos não avaliados como as relações com plantas utilizadas como recursos, relações filogenéticas, e a história biogeográfica e evolutiva das espécies de abelhas Euglossina podem ser importantes para se compreender inteiramente os padrões de diversidade, composição, e distribuição espacial de espécies ao longo de gradientes espaciais. Sugere-se que futuros estudos desenvolvidos com o grupo considerem a análise de tais aspectos como um fator primordial para ampliar o entendimento dos padrões de abundância, distribuição, e composição de espécies de abelhas Euglossina.

CAPÍTULO 2

EFEITOS DA ESTRUTURA DA PAISAGEM E DA VEGETAÇÃO SOBRE
COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA; APIDAE)

2.1 INTRODUÇÃO

A fragmentação e a perda de habitat são consideradas entre as principais ameaças antrópicas à biodiversidade global (Saunders *et al.* 1991; Laurance & Bierregaard 1997; Haila 2002; Steffan-Dewenter *et al.* 2002; Castro & Fernandez 2004; Summerville & Crist 2004; Bailey *et al.* 2010; Blanchet *et al.* 2010; Winfree 2010). Apesar de ser um problema atual, diferentes intervenções antrópicas no ambiente natural, tais como caça, exploração agropecuária, queimadas, expansão e mecanização agrícola, extração vegetal, e urbanização, intensificaram significativamente a devastação de florestas nativas ao longo da história (Fiszon *et al.* 2007). Como consequência dessas alterações do uso da terra, florestas que no passado eram contínuas e ocupavam grandes extensões de terra acabaram fragmentadas e isoladas pela presença da matriz circundante (Primack & Rodrigues 2001; Watson 2002).

A preocupação da comunidade científica frente à questão da fragmentação florestal fomentou o desenvolvimento de estudos com o objetivo de avaliar a intensidade de seus efeitos sobre as comunidades. Saunders *et al.* (1991) e Haila (2002) destacaram que os primeiros estudos eram norteados principalmente pelas premissas da teoria de biogeografia de ilhas (MacArthur & Wilson 1967), relacionando as alterações na abundância e riqueza de comunidades principalmente ao tamanho dos fragmentos e ao seu isolamento. No entanto, a medida em que mais estudos empíricos foram desenvolvidos percebeu-se que a avaliação apenas das variáveis preconizadas por essa teoria não seria suficiente para entender profundamente os impactos oriundos do processo de fragmentação, dada a complexidade dos ecossistemas fragmentados e as limitações da teoria como modelo ecológico geral a ser aplicado na busca de respostas a esse processo (Laurance 2008). Dessa forma, outros fatores associados aos efeitos de fragmentação tais como os efeitos da matriz circundante, da borda, da diversidade e composição de habitats na paisagem, e da configuração espacial dos fragmentos na paisagem foram gradativamente inseridos na abordagem analítica dos estudos (Saunders *et al.* 1991; Cerqueira *et al.* 2007; Calvillo *et al.* 2010; Aguiar 2011; Oliver *et al.* 2011; Schindler *et al.* 2013).

A despeito da inserção de um número cada vez maior de variáveis, os estudos envolvendo comunidades animais têm avaliado a relação das propriedades da comunidade com variáveis associadas apenas à estrutura da paisagem (métricas dos fragmentos e das paisagens onde estão inseridos), muitas vezes não avaliando importantes aspectos associados à estrutura de vegetação ou disponibilidade de recursos vegetais nos fragmentos, os quais estão diretamente relacionados à qualidade do habitat para tais comunidades (Brosi *et al.* 2007; Hatfield & Lebuhn 2007; Brosi 2009 b; Ramalho *et al.* 2009; Vögeli *et al.* 2010; Uezo & Metzger 2011; Jauker *et al.* 2013). Assim, com base nos resultados da maior parte dos estudos desenvolvidos é difícil afirmar se as propriedades das comunidades relacionam-se exclusivamente a fatores da estrutura da paisagem ou a aspectos da estrutura de vegetação não mensurados.

O panorama não é diferente com comunidades de abelhas. Poucos estudos têm avaliado características da vegetação em conjunto com aspectos métricos da paisagem (Brosi *et al.* 2007; Hatfield & Lebuhn 2007; Brosi 2009 b; Ramalho *et al.* 2009; Jauker *et al.* 2013). Em estudo desenvolvido em Floresta Atlântica Ombrófila no Estado do Rio de Janeiro, Ramalho *et al.* (2009) verificaram que a riqueza de espécies de Euglossina correlacionou-se positivamente com o tamanho do fragmento florestal e a diversidade de espécies (H') desse grupo de abelhas correlacionou-se positivamente com a diversidade florística, demonstrando a importância tanto de propriedades inerentes à paisagem quanto à vegetação para se avaliar as respostas das abelhas às perturbações antrópicas.

Os resultados dos estudos a respeito dos efeitos de fragmentação sobre comunidades de abelhas indicam que as respostas a tais alterações ambientais são complexas e dependem muitas vezes da abordagem analítica empregada, do número e natureza dos fatores ambientais avaliados, das variáveis resposta consideradas, e do táxon estudado. É importante considerar que as respostas das abelhas podem ser espécie-específicas, como salientado por Calvillo *et al.* (2010). Comunidades de abelhas contêm espécies que diferem em seus atributos de história natural, o que pode influenciar em suas respostas à perturbação ambiental (Cane 2001). Podem diferir, por exemplo, em sua

capacidade de cruzar a matriz interveniente para forragear por recursos em diferentes fragmentos dentro da paisagem. Assim, se dentro da paisagem algumas espécies são mais afetadas do que outras, as propriedades das comunidades podem ser modificadas. Portanto, também é importante considerar este aspecto na análise dos efeitos de fragmentação sobre comunidades de abelhas.

Embora *Euglossina* esteja entre os grupos de abelhas mais estudados quanto aos efeitos de fragmentação, os fatores acima destacados foram ainda pouco explorados em estudos anteriores. No que diz respeito à estrutura da paisagem seria importante avaliar, além do tamanho do fragmento e seu isolamento, a influência da porcentagem de ambientes antrópicos da paisagem (pastagens, estradas, áreas urbanas, instalações rurais, rodovias), a quantidade de áreas-núcleo (áreas de interior dos fragmentos descontando-se determinada distância da borda), a diversidade de habitats e a conectividade da paisagem. Estas medidas estão relacionadas não apenas à quantidade de habitat e ao isolamento, mas também ao nível de interferência antrópica nas paisagens onde as comunidades de *Euglossina* estão inseridas.

Além disso, seria importante avaliar variáveis associadas à estrutura da vegetação (cobertura de dossel, densidade de sub-bosque, DAP, área basal, altura arbórea média), os quais se relacionam diretamente à qualidade do habitat para as abelhas, visto que fragmentos bem estruturados e preservados podem oferecer potencialmente maior disponibilidade de recursos vegetais como pólen, néctar e substratos de nidificação para estes organismos, além de possuírem maior estabilidade microclimática. É também conhecido e bem difundido na literatura o fato de que as abelhas *Euglossina* apresentam o hábito de forragear no dossel (Roubik & Hanson 2004). Assim florestas bem desenvolvidas e com dossel bem estruturado provavelmente oferecem melhores condições para sobrevivência destes organismos.

Frente ao estado atual de conhecimento, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que explorem uma gama maior de fatores ambientais pouco ou não avaliados em estudos prévios. Nesse sentido, o objetivo deste capítulo foi avaliar as relações da estrutura da paisagem e da

vegetação com a riqueza e diversidade de espécies de abelhas Euglossina em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, no sudeste do Brasil.

Buscou-se neste estudo responder a algumas perguntas que podem contribuir significativamente para ampliar os conhecimentos acerca do tema em questão: 1) Qual a contribuição da estrutura da paisagem sobre a riqueza e diversidade de espécies de abelhas Euglossina? 2) Qual a contribuição da estrutura da vegetação sobre a riqueza e diversidade de espécies de abelhas Euglossina? 3) Quais fatores da estrutura da paisagem ou vegetação afetam a riqueza e a diversidade de espécies? 4) Diferenças na capacidade de dispersão entre as espécies afetam a composição entre fragmentos de diferentes tamanhos e inseridos em diferentes contextos de paisagem?

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 ÁREAS DE ESTUDO

As amostragens de abelhas ocorreram em quinze fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) inseridos em uma área de aproximadamente 1200 Km² na região da Zona da Mata, Estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil (Figura 1). O tamanho dos fragmentos variou entre 4,8 e 1793,7 hectares (Tabela 1). As paisagens ao redor destes fragmentos foram identificadas em um *buffer* de 1500 m, onde foram realizadas várias medidas estruturais, descritas no item 2.2.4.

As FES na região da Zona da Mata, MG, integravam um *continuum* florestal que se estendia desde a bacia do Rio Paraíba do Sul, ao sul, até a bacia do Rio Doce, ao norte. A oeste eram limitadas por campos naturais do centro e sul de Minas Gerais (Valverde 1958). Atualmente, estas florestas encontram-se altamente fragmentadas e concentradas nas encostas e topos de morros, e sujeitas a várias pressões antrópicas.

Paula *et al.* (2002) afirmam que o processo de ocupação antrópica na Zona da Mata em Minas Gerais teve como características marcantes a substituição desordenada da cobertura vegetal original das FES através da abertura de estradas e acessos, implantação de lavouras, pastagens e

reflorestamentos (principalmente com plantio de eucalipto), surgimento e expansão de aglomerados urbanos. Nesse cenário, formações florestais bem desenvolvidas foram substituídas por formações vegetais secundárias, compostas principalmente por indivíduos resultantes de exploração seletiva ou corte raso. Podem-se destacar ainda os impactos originados a partir da pesquisa, instalação e atividade de empresas mineradoras, principalmente de bauxita, a partir da segunda metade do século XX, fato que contribuiu para aumentar significativamente a pressão antrópica sobre os fragmentos florestais na região (Maffia 2011).

2.2.2 AMOSTRAGEM

Os machos de *Euglossina* foram amostrados trimestralmente, entre outubro/2010 e outubro/2012, com armadilhas confeccionadas com garrafas plásticas e contendo em seu interior iscas aromáticas (ver capítulo 1).

A utilização exclusiva de armadilhas foi empregada para eliminar a influência de vícios de amostragem, tais como habilidade do coletor, e evitar variações climáticas durante os dias de coleta, permitindo coletas simultâneas e padronizadas em muitos pontos. Através desta estratégia, todo o conjunto de fragmentos era amostrado em aproximadamente quatro dias subsequentes e as diferenças climáticas drásticas entre as coletas eram evitadas. Nos dias de coleta as armadilhas eram instaladas até às 9:00 h e recolhidas a partir de 15:00 h, respeitando a ordem de instalação.

O número de pontos de coleta foi determinado considerando-se as diferenças de tamanho entre os fragmentos estudados. Assim, naqueles menores do que 50 hectares foi instalado um ponto de coleta; em fragmentos entre 50 e 200 ha foram instalados dois pontos, e naqueles maiores do que 200 hectares foram instalados três pontos de coleta. Foi considerada a viabilidade de execução das coletas, uma vez que um aumento excessivo dos pontos de coleta implicaria menor tempo hábil para instalação e recolhimento das armadilhas. A distância mínima entre os pontos de coleta em cada fragmento

foi de 400 m, dependendo do tamanho e das condições de acesso ao mesmo, e a distância dos pontos para a borda foi de no mínimo 20 m.

Seis fragrâncias artificiais (acetato de benzila, cinamato de metila, eucaliptol, eugenol, salicilato de metila, e vanilina) foram utilizadas dispostas em chumaços de algodão isoladamente no interior de cada armadilha. Após serem umedecidas com as fragrâncias as armadilhas eram penduradas nos ramos das árvores a altura de aproximadamente 1,5 m do solo, sendo a distância entre elas de aproximadamente 5 m.

Os indivíduos capturados foram acondicionados em câmaras mortíferas contendo acetato de etila, etiquetados, e depositados na coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Os espécimes foram identificados em laboratório sob microscópio estereoscópico, usando chaves de identificação (Rebêlo & Moure 1995; Roubik & Hanson 2004; Faria Jr. & Melo 2007; Nemésio 2009). A confirmação das espécies foi feita pelo Dr. Gabriel A.R. Melo, da Universidade Federal do Paraná.

2.2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO

A caracterização da estrutura da vegetação foi realizada através da instalação de transectos lineares em diferentes pontos dos fragmentos florestais amostrados, respeitando-se sempre que possível distância mínima de 50 m entre eles, dependendo das condições de acesso e do tamanho dos fragmentos amostrados. Os transectos mediam 50 m de comprimento por 2 m de largura, totalizando 100 m².

O número de transectos nos fragmentos para amostragem da estrutura da vegetação foi determinado em função do tamanho dos mesmos. Nos fragmentos menores do que 50 hectares foram utilizados três transectos; naqueles com tamanho intermediário (entre 50 e 200 hectares) foram instalados seis transectos; nos maiores fragmentos (acima de 200 hectares) foram instalados nove transectos.

Em cada transecto todas as árvores com circunferência à altura do peito (CAP) acima de 15 cm foram consideradas para obtenção dos seguintes parâmetros: número de indivíduos por transecto, porcentagem de indivíduos mortos, altura da árvore, diâmetro à altura do peito (DAP), e área basal (m²/ha). Adicionalmente, em três pontos dentro de cada transecto (nas duas extremidades e na região mediana) foram medidas a cobertura de dossel e a densidade de sub-bosque utilizando o método proposto por Freitas *et al.* (2002). Nesta metodologia, uma tela quadrada de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m) dividida internamente por arame em 100 quadrados abertos permite mensurar a porcentagem de cobertura vegetal avaliando-se o número de quadrados abertos ou fechados ao olhar de um ponto fixo dentro do transecto para a vegetação do dossel e do sub-bosque. As medidas de estrutura de vegetação foram realizadas de forma padronizada nos quinze fragmentos amostrados.

2.2.4 ANÁLISE DAS MÉTRICAS DA PAISAGEM

A análise das métricas da paisagem foi desenvolvida em duas fases distintas, vetorização e classificação da paisagem através do programa Quantum GIS 1.8.0 Lisboa (QGIS) (Nanni *et al.* 2012), e análise de métricas através do programa ArcGIS 9 (Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA) utilizando a extensão Vector-based Landscape Analysis Tools Extension (V-LATE 1.1) (Z_GIS 2011).

No programa QGIS foi utilizado o complemento *Google Satellite* que projeta uma camada de imagem de satélite ao fundo que foi utilizada como molde para o procedimento de vetorização, ou seja, a criação de vetores (polígonos) sobre as características de interesse na paisagem (fragmentos, cultivos, áreas urbanizadas, cursos d'água, estradas). Para cada fragmento amostrado a vetorização foi realizada em duas escalas de abrangência espacial: 1) escala local, através da criação de *buffer* de 500 m de raio ao redor do primeiro ponto amostral; 2) escala de paisagem, através da criação de um *buffer* de 1500 m, desconsiderando-se a escala local, ou seja, abrangendo o espaço existente entre 500 e 1500 m ao redor do primeiro ponto amostral (Figura 2). Posteriormente os vetores criados foram classificados de acordo

com os diferentes tipos de ambientes existentes na paisagem (Figuras 3 e 4). Estas análises foram realizadas na escala 1:5.000 m, permitindo delimitar as características de interesse na paisagem para posteriormente classificá-las.

No programa ArcGIS 9, os vetores produzidos foram analisados utilizando-se a extensão V-Late para obtenção dos parâmetros da estrutura da paisagem. Os seguintes parâmetros foram obtidos: porcentagem de cobertura florestal em escala local (porcentagem de cobertura florestal dentro do buffer de 500 m), conectividade da paisagem (cobertura florestal na paisagem, ou seja, entre 500 e 1500 m ao redor do ponto amostral), diversidade de habitats em escala local a 500 m, diversidade de habitats na paisagem entre 500 e 1500 m (em ambos os casos, calculados pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener), porcentagem de ambientes antrópicos (pastagem, plantio, estradas rurais e rodovias, áreas urbanizadas) em escala local, porcentagem de ambientes antrópicos na paisagem, índice de áreas núcleo em escala local (baseado na quantidade de área de interior de floresta nos fragmentos, descontando-se uma borda de 50 m, considerando-se o *buffer* de 500 m), índice de áreas núcleo na paisagem (baseado na quantidade de área de interior de floresta nos fragmentos, descontando-se uma borda de 50 m, considerando-se o *buffer* de 1500 m), índice de áreas núcleo na paisagem (baseado na quantidade de área de interior de floresta nos fragmentos, descontando-se uma borda de 100 metros, considerando-se o *buffer* de 1500 metros).

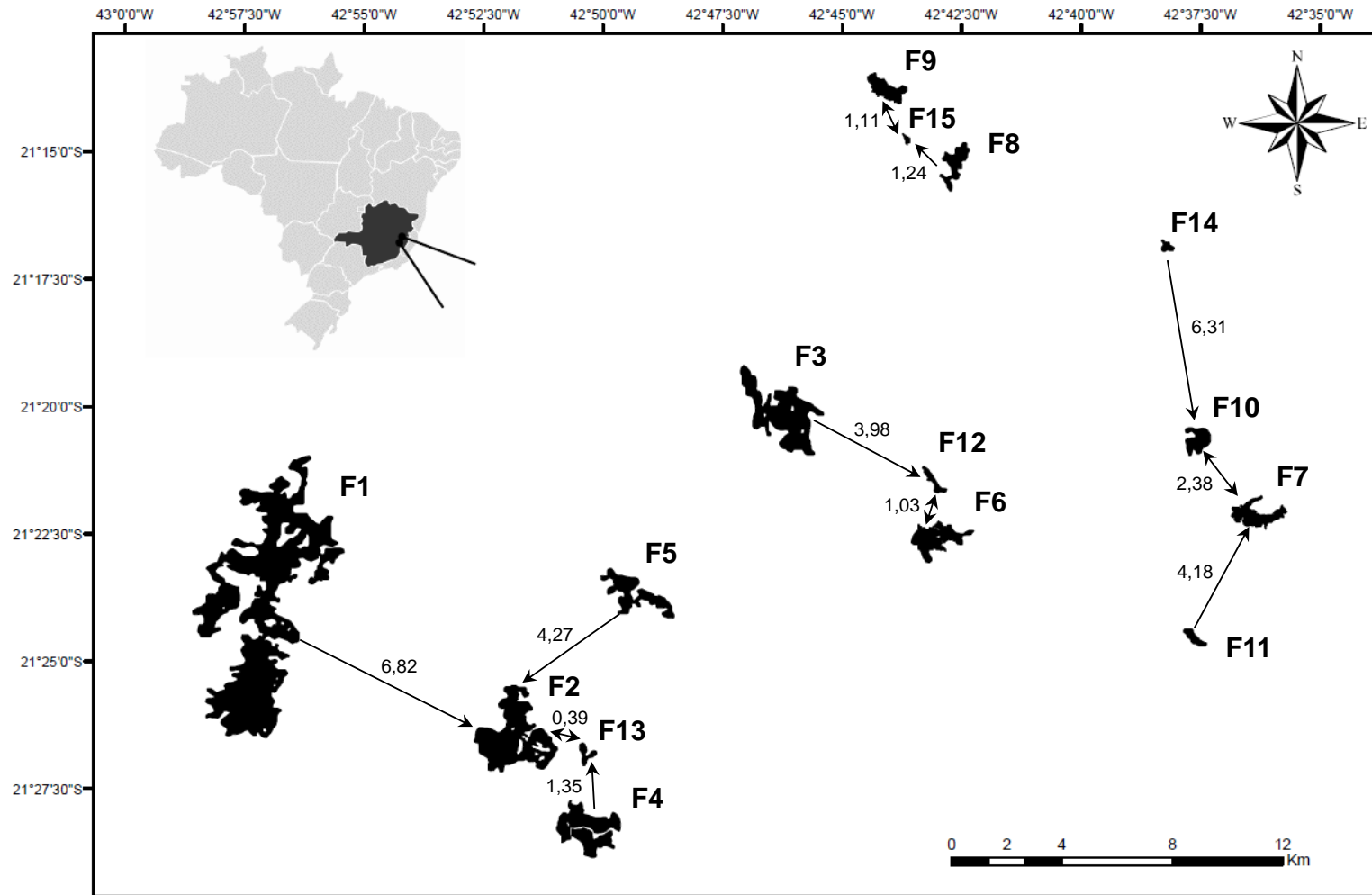


Figura 1 – Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. As setas indicam a distância (Km) até o fragmento amostrado mais próximo. Confecção de mapa a partir de dados geográficos obtidos no “Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica” (Fundação SOS Mata Atlântica 2011).

Tabela 1 – Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. Coordenadas geográficas e tamanho em hectares.

Local	Coordenadas geográficas	Tamanho (ha)
F1	21°24,5'S 42°56,2'W	1793,7
F2	21°26,6'S 42°50,8'W	425,7
F3	21°20,6'S 42°45,7'W	363,2
F4	21°28,5'S 42°50,7'W	225,9
F5	21°23,4'S 42°49,1'W	147
F6	21°22,3'S 42°43,0'W	133,1
F7	21°21,8'S 42°35,9'W	91,7
F8	21°14,6'S 42°42,6'W	70,1
F9	21°13,5'S 42°44,1'W	70
F10	21°20,4'S 42°37,6'W	62
F11	21°21,9'S 42°35,8'W	21,9
F12	21°21,1'S 42°43,0'W	21,8
F13	21°26,4'S 42°50,2'W	19,6
F14	21°16,6'S 42°38,2'W	11,9
F15	21°14,5'S 42°43,5'W	4,8

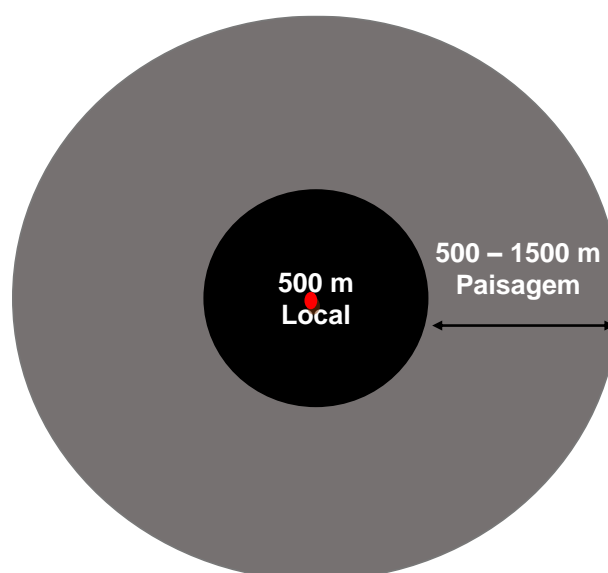


Figura 2 – Escalas espaciais de análise das métricas da estrutura da paisagem utilizadas neste estudo. Escala local: 500 m ao redor do ponto amostral; Escala da paisagem: entre 500 e 1500 m ao redor do ponto amostral (ponto vermelho).

2.2.5 ANÁLISE DE DADOS

A diversidade de espécies foi calculada para as comunidades em cada fragmento através do índice de Shannon-Wiener: $H' = -\sum p_i \times \ln p_i$, onde p_i é a proporção dos indivíduos pertencentes a i -ésima espécie e \ln é o logaritmo neperiano (Pielou 1975). O índice de uniformidade foi calculado segundo Pielou (1966): $J' = H'/H'_{\text{Max}}$, onde H' é o índice de Shannon-Wiener e H'_{Max} é o logaritmo neperiano (\ln) do número total de espécies na amostra; este índice varia de 0 a 1. Estes dois índices foram calculados com auxílio do programa PAST (versão 2.17b, Hammer *et al.* 2001).

A correlação entre variáveis independentes foi testada, tendo sido verificada forte correlação na maior parte das variáveis associadas à estrutura da paisagem e vegetação. Para solucionar este problema foi aplicada análise de componentes principais (PCA) aos dados. Através desta análise foi possível reduzir grande número de variáveis a um conjunto menor de variáveis representativas e não correlacionadas, possibilitando seu uso em modelos lineares generalizados sensíveis à multicolinearidade, e aumentando o poder estatístico destes modelos. Os componentes principais ou fatores gerados na PCA representam uma síntese das relações lineares existente entre variáveis associadas à estrutura da paisagem e vegetação, de forma que os fatores representam a essência das variáveis utilizadas. A extração dos fatores de maior importância foi realizada pelo método de Kaiser (1960), que afirma que devem ser mantidos os fatores cujo autovalor fosse maior do que 1.

As variáveis da estrutura da paisagem e da vegetação que apresentavam maior relação a cada um dos fatores gerados na PCA foram selecionadas, e posteriormente foram avaliados diretamente os efeitos de tais variáveis sobre a riqueza e a diversidade de espécies de Euglossina.

Modelos lineares generalizados foram aplicados para se avaliar a relação entre a riqueza e a diversidade de espécies de abelhas Euglossina e os escores gerados a partir dos fatores produzidos na PCA. Estes modelos são generalizações dos modelos lineares gerais (GLM) e tem objetivos básicos similares, isto é, avaliar a relação entre uma variável resposta (dependente) e um conjunto de variáveis independentes. No entanto, os modelos lineares

generalizados admitem variáveis dependentes com distribuições discretas ou contínuas, bem como variáveis dependentes que não apresentam relações lineares com os fatores, ou variáveis independentes (StatSoft 2007). Dessa forma, os modelos são mais robustos a desvios de normalidade e linearidade e adequados a maior variedade de situações, visto em algumas das relações testadas (Riqueza de espécies x Fator 2 Vegetação; Riqueza de espécies x Fator 3 Vegetação; Diversidade H' x Fator 3 Vegetação) ocorreram desvios da linearidade entre as variáveis.

O método de construção dos modelos foi desenvolvido através do critério de seleção de Akaike (1973). Nesse método são gerados vários modelos concorrentes com subgrupos de fatores e aquele modelo de melhor ajuste apresenta o menor valor de Akaike (AIC). Associado aos modelos lineares generalizados foi utilizada a estatística de Wald para verificar a significância do coeficiente de regressão da relação entre a variável dependente e as variáveis independentes. Os modelos foram submetidos à análise duas vezes, inicialmente com todos os fatores gerados na PCA e riqueza e diversidade de espécies, respectivamente. Posteriormente, foram testados modelos considerando-se apenas os fatores de melhor ajuste, de acordo com os valores de AIC.

Através de modelos lineares generalizados também foram avaliadas as relações das variáveis da estrutura de paisagem e da vegetação com a riqueza e diversidade de espécies. Neste caso, foram consideradas apenas as variáveis mais associadas aos fatores que apresentaram relação significativa nos modelos lineares generalizados iniciais. Assim, foi possível identificar dentre todas as variáveis associadas à estrutura da paisagem e vegetação, aquelas que apresentaram maior influência sobre a riqueza e diversidade de espécies de abelhas Euglossina.

Foi avaliada a relação entre o tamanho dos fragmentos amostrados em cada paisagem e as variáveis associadas à estrutura de paisagem e vegetação através de medidas de correlação de Pearson. Foi verificada, dessa forma, a relação do tamanho dos fragmentos amostrados com o contexto da paisagem ao seu redor, e com as medidas de estrutura de vegetação realizadas.

Análises de agrupamento foram aplicadas para avaliar a similaridade na composição de espécies entre os fragmentos amostrados. O algoritmo UPGMA – “*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*” (Sneath & Sokal 1973), no qual os agrupamentos são unidos com base na distância média entre todos os membros presentes nos grupos, foi utilizado (Hammer *et al.* 2001). O índice de similaridade utilizado foi o de Morisita-Horn. A robustez interna dos grupos formados foi avaliada através de 1.000 reamostragens de *bootstrap*.

Este teste foi executado duas vezes. Na primeira delas incluindo todas as espécies amostradas, e na segunda excluindo espécies que possuem registros na literatura de capacidade de dispersão entre fragmentos através da matriz, ou seja, aquelas espécies com maior potencial de dispersão entre os fragmentos estudados (*Eulaema nigrita*, *Eulaema cingulata*, *Euglossa cordata*, *Euglossa securigera*; Tonhasca *et al.* 2003; Aguiar 2011). Assim, foi possível avaliar se a maior capacidade de dispersão de algumas espécies exerceu influência sobre a similaridade da composição de espécies entre as comunidades amostradas nas diferentes paisagens.

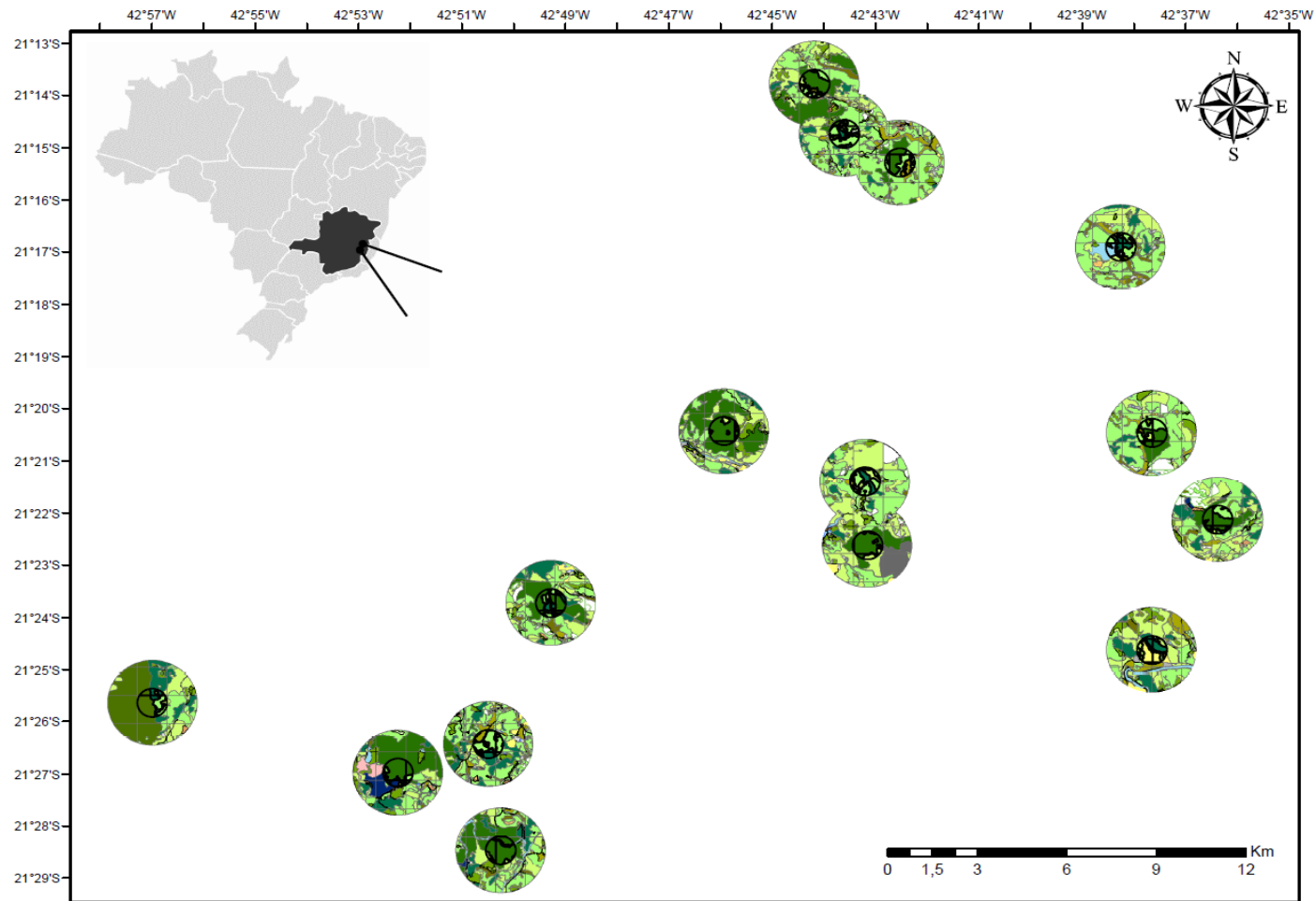


Figura 3 – *Buffers* utilizados na classificação e análise de métricas da estrutura da paisagem nas escalas local (500 m) e da paisagem (500 – 1500 m). As porções em verde escuro dentro dos *buffers* representam áreas florestais e as áreas em verde claro representam a matriz predominantemente de pastagens agrícolas. As porções em cinza representam ambientes urbanizados.

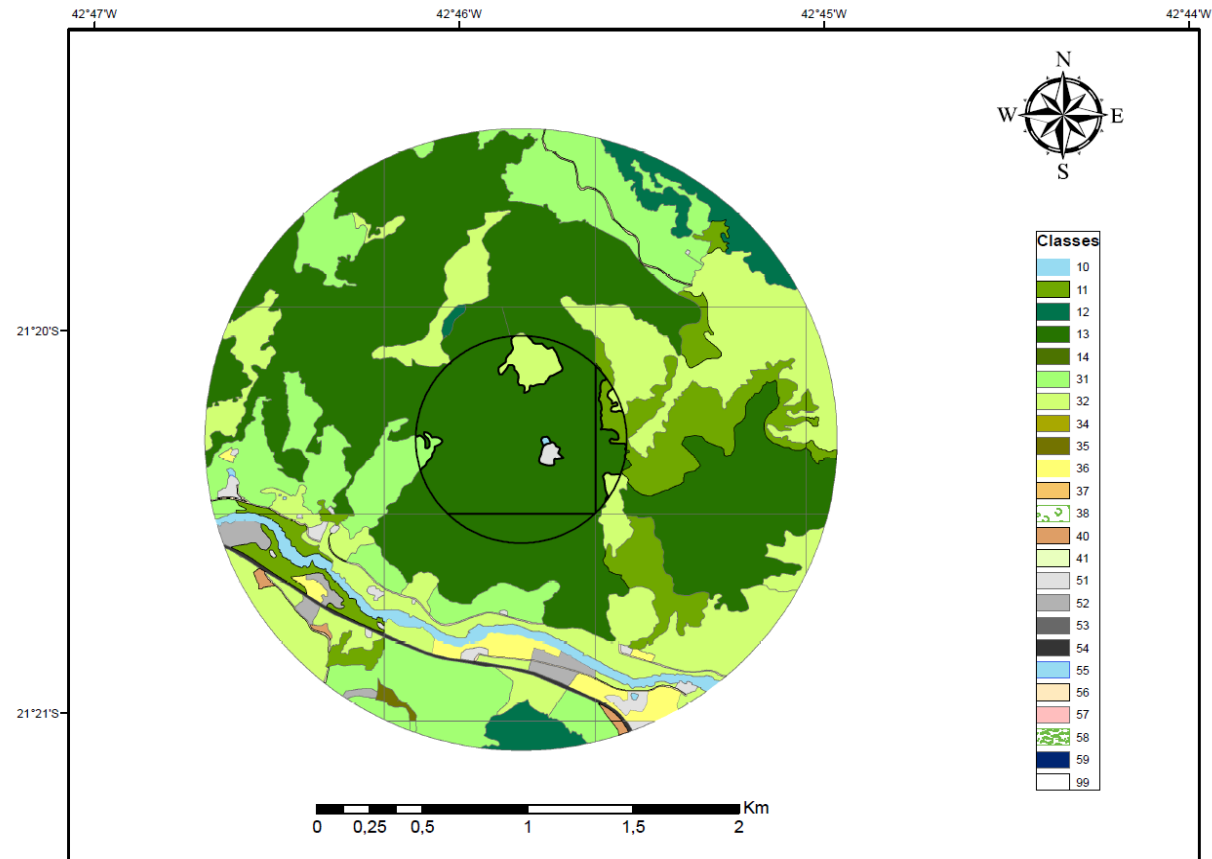


Figura 4 – Classificação dos ambientes em escala local (500 m) e da paisagem (500 – 1500 m) em um dos fragmentos amostrados na região da Zona da Mata, MG. As classes utilizadas neste estudo e indicadas na legenda foram: 10 Corpos hídricos; 11 Floresta pioneira - capoeira; 12 Floresta secundária inicial; 13 Floresta secundária em estágio intermediário; 14 Floresta secundária tardia; 31 Pastagem; 32 Pastagem entremeada com vegetação herbáceo-arbustiva; 34 Várzea; 35 Várzea entremeada com vegetação herbáceo-arbustiva; 36 Agricultura; 37 Solo degradado; 38 Eucalipto; 40 Solo exposto; 41 Cerca viva; 51 Instalação rural; 52 Vila rural; 53 Área urbana; 54 Sistema viário; 55 Piscicultura; 56 Estrada rural; 57 Mineração; 58 Cana-de-açúcar; 59 Barragem; 99 Outra.

2.3 RESULTADOS

Um total de 4177 machos de 13 espécies de abelhas Euglossina foi amostrado nos quinze fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Os valores de abundância relativa, abundância absoluta por fragmento, riqueza e diversidade de espécies, e equitabilidade são apresentados na tabela 2. Por meio dos cálculos aplicados à estrutura da vegetação e da paisagem foram medidas as variáveis apresentadas nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

A maior parte dos indivíduos foi amostrada nos maiores fragmentos (F1 a F5, mais de 200 indivíduos em cada fragmento). Nos fragmentos pequenos a abundância foi mais baixa (menos de 100 machos amostrados). A riqueza de espécies decresceu apenas nos menores fragmentos. Nos fragmentos médios e grandes (F1 a F10) os valores de riqueza foram similares (Tabela 2).

Os dois primeiros componentes (ou fatores) associados às variáveis da estrutura da paisagem e os três primeiros fatores associados às variáveis da estrutura da vegetação foram extraídos através da análise de componentes principais - PCA (Tabela 5).

As medidas de estrutura de paisagem mais relacionadas ao primeiro fator da PCA foram conectividade da paisagem, porcentagem de ambientes antrópicos na paisagem, e índice de áreas núcleo na escala da paisagem. As medidas diversidade de habitat em escala local e da paisagem foram as mais relacionadas ao segundo fator da estrutura da paisagem (Tabela 6).

O primeiro fator da estrutura de vegetação foi mais relacionado às variáveis altura arbórea média, diâmetro à altura do peito, e área basal (m^2/ha). As variáveis densidade de sub-bosque e porcentagem de indivíduos mortos foram mais relacionadas ao segundo fator da estrutura de vegetação. A variável cobertura do dossel foi associada principalmente ao terceiro fator da estrutura de vegetação (Tabela 6).

Através dos modelos lineares generalizados foram detectadas relações significativas da riqueza e diversidade de espécies com alguns parâmetros da estrutura da paisagem e estrutura da vegetação. Inicialmente, foram gerados 31 modelos de subgrupos de fatores a partir da combinação dos cinco fatores extraídos por meio da análise de componentes principais. Os 31 modelos

gerados através da relação entre riqueza e diversidade de espécies, e os fatores extraídos da PCA são apresentados nos anexos 1 e 2, respectivamente.

Na análise de relações entre a riqueza de espécies e os fatores ambientais, o modelo de melhor ajuste continha o fator 1 relativo à estrutura da vegetação, e os fatores 1 e 2 da estrutura da paisagem (AIC = 46,11; $p < 0,01$). O teste de significância do coeficiente de regressão detectou relação significativa da riqueza de espécies apenas com o primeiro fator da estrutura de paisagem (Wald = 15,278; $p < 0,01$). Posteriormente, foram considerados na análise somente os subgrupos de fatores do modelo de melhor ajuste (estrutura de vegetação: fator 1; estrutura da paisagem: fator 1 e fator 2). Nesse caso, a partir das três variáveis ambientais foram gerados sete modelos, dentre os quais aquele de melhor ajuste abrangeu os mesmos três fatores ambientais (AIC = 46,11; $p < 0,01$). Nesta segunda fase, o teste de significância do coeficiente de regressão detectou relação significativa entre a riqueza de espécies e o primeiro fator da estrutura de paisagem (Wald = 11,78; $p < 0,01$), como também entre a riqueza de espécies e o primeiro fator da estrutura da vegetação (Wald = 5,49; $p < 0,05$) (Tabela 7). Dentre as medidas de estrutura de paisagem e de vegetação associadas aos dois fatores citados acima foi detectada relação significativa entre a porcentagem de ambientes antrópicos na paisagem e a riqueza de espécies (Wald = 4,15; $p < 0,05$; Figura 5). No entanto, ocorreu relação marginalmente significativa entre a conectividade da paisagem e a riqueza de espécies (Tabela 8). As outras medidas isoladamente não apresentaram relação significativa com a riqueza de espécies (Tabela 8).

Os modelos lineares generalizados utilizados para avaliar as relações entre a diversidade de espécies e os fatores ambientais apresentaram como subconjunto de melhor ajuste o modelo contendo os fatores 1 e 2 da estrutura de vegetação e o segundo fator da estrutura de paisagem (AIC=-14,90; $p < 0,05$). O teste de significância do coeficiente de regressão detectou relação significativa da diversidade de espécies com o segundo fator da estrutura de paisagem (Wald = 8,26; $p < 0,01$). Posteriormente, na análise restrita aos fatores de melhor ajuste o teste de significância do coeficiente de regressão detectou relação significativa da diversidade de espécies com o segundo fator

da estrutura de paisagem (Wald = 8,39; $p < 0,01$), e também com o primeiro fator associado à estrutura de vegetação (Wald = 9,36; $p < 0,01$) (Tabela 9). Ao se avaliar as relações entre a diversidade de espécies e as variáveis da estrutura de paisagem e de vegetação associadas a estes dois fatores foi verificada relação significativa apenas da área basal com a diversidade de espécies (Wald = 4,43; $p < 0,05$; Figura 5) (Tabela 10).

Embora o tamanho dos fragmentos não tenha apresentado relação estatística significativa com a riqueza e a diversidade de espécies de Euglossina, foi verificado que esta variável se relacionou com outras variáveis da estrutura de paisagem e de vegetação. De forma geral, os maiores fragmentos se relacionaram positivamente com a cobertura florestal, conectividade na paisagem, índices de áreas núcleo, altura arbórea média, DAP e área basal. Ocorreu relação significativa e negativa entre o tamanho dos fragmentos e o índice de diversidade de habitat em escala local, a porcentagem de ambientes antrópicos em escala local e de paisagem, e a porcentagem de indivíduos arbóreos mortos (Figuras 6 e 7). Dessa forma, pode-se dizer que indiretamente o tamanho do fragmento teve influência sobre os parâmetros biológicos obtidos nas comunidades de Euglossina amostradas.

Ao analisar a similaridade considerando todas as espécies amostradas em cada fragmento não foi verificada variação significativa na composição de espécies. A similaridade total foi maior do que 80%. Este padrão foi mantido em todas as reamostragens por *bootstrap* (*bootstrap*: 100%), demonstrando-se robusto. No entanto, a robustez interna dos grupos foi baixa (*bootstrap*: 2 a 53%), sugerindo que o arranjo dos grupos com base na similaridade entre os mesmos foi variável (Figura 8). No entanto, ao se excluir as espécies com maior potencial de dispersão e dominantes (com exceção de *Euglossa cordata* que não foi dominante), dentre as amostradas nos fragmentos estudados, o cenário alterou-se drasticamente. A similaridade total entre todos os fragmentos decresceu para menos de 20% (*bootstrap*: 100%). De forma geral, fragmentos grandes e médios (F1 a F10) apresentaram maiores valores de similaridade entre si. O mesmo ocorreu com a maior parte dos fragmentos menores (F11 a F14) (Figura 9).

Tabela 2 – Abundância relativa (%) das espécies de Euglossina amostradas e parâmetros das comunidades nos quinze fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual estudados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. A localização geográfica dos fragmentos é apresentada na figura 1 e tabela 1.

Espécies	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	Total (%)
<i>Eulaema nigrita</i>	16,9	38,6	30,9	40,3	24,2	50,6	30,7	45,6	33,9	32,3	32,1	47,4	58,5	45,5	32,7	1464 (35,1)
<i>Eulaema cingulata</i>	54,5	35,2	41,7	54,6	55,1	29,9	53	8,7	26,7	43,8	44,6	29,5	24,5	13,6	34,6	1746 (41,8)
<i>Euglossa cordata</i>	2	1,7	1,1	0,9	0,9	3,5	0,7	1,3	1,2	0,5	5,4	2,6	0	4,5	1,9	68 (1,6)
<i>Euglossa clausi</i>	4,7	5,1	5,1	0,4	2,6	0	0	2,7	3,6	0,5	0	0	0	0	3,8	106 (2,5)
<i>Euglossa fimbriata</i>	2	1,4	3,4	0,7	1,3	1,5	3,2	2,7	3,6	2,8	0	0	1,9	0	1,9	88 (2,1)
<i>Euglossa gairanii</i>	0	1,4	5,8	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58 (1,4)
<i>Euglossa leucotricha</i>	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (< 0,1)
<i>Euglossa milenae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	3 (0,1)
<i>Euglossa pleosticta</i>	0,4	0,3	0,4	0,2	0	0	0,7	0,7	0	0,5	1,8	0	0	4,5	0	15 (0,4)
<i>Euglossa securigera</i>	12,9	10,9	10,4	2,7	13,7	13,5	11,3	36,9	29,7	17,1	14,3	19,2	11,3	31,8	25	547 (13,1)
<i>Euglossa truncata</i>	5,5	3,8	0,8	0,2	0,4	0,7	0,4	1,3	1,2	1,4	0	0	0	0	0	59 (1,4)
<i>Eufriesea auriceps</i>	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (< 0,1)
<i>Exaerete smaragdina</i>	1	1,7	0,3	0	1,3	0,2	0	0	0	0	1,8	1,3	3,8	0	0	21 (0,5)
Abundância absoluta total	490	293	920	551	227	599	283	149	165	217	56	78	53	44	52	4177
Riqueza	9	10	11	8	9	8	7	8	7	9	6	5	5	5	6	13
Diversidade	1,43	1,53	1,53	0,92	1,24	1,21	1,15	1,28	1,43	1,32	1,30	1,18	1,10	1,28	1,36	1,42
Equitabilidade	0,65	0,66	0,64	0,44	0,57	0,58	0,59	0,62	0,73	0,60	0,73	0,73	0,69	0,79	0,76	0,55

Tabela 3 – Medidas de estrutura de vegetação obtidas para os quinze fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, Brasil. NIT: número médio de indivíduos por transecto; Altura em metros; DAP: diâmetro à altura do peito.

Local	NIT	Altura	DAP	Área Basal (m ² /ha)	Indivíduos mortos (%)	Cobertura dossel (%)	Densidade sub-bosque (%)
F1	22,44	11,51	12,88	0,02	0,05	91,14	47,26
F2	15,56	12,40	16,12	0,04	0,06	77,78	36,59
F3	16,67	9,84	15,24	0,03	0,03	90,80	25,45
F4	23,22	9,26	14,56	0,03	0,07	90,72	41,62
F5	17	9,52	14,11	0,03	0,05	65,63	29,24
F6	15	9,89	12,35	0,02	0,06	91,08	35
F7	21,5	9,98	12,73	0,02	0,03	90,31	21,85
F8	20,17	8,95	11,89	0,02	0,10	76,74	34,72
F9	12,67	8,63	12,18	0,02	0,08	86,68	37,78
F10	20,33	11,32	14,98	0,03	0,10	88,19	40,32
F11	14,67	9,64	13,22	0,02	0,07	89,39	29,39
F12	16,67	9,02	11,29	0,01	0,04	80,97	26,94
F13	20	8,45	12,15	0,02	0,12	78,39	38,19
F14	16,67	9,38	13,31	0,02	0,08	82,83	34,58
F15	23,33	7,99	11,19	0,02	0,10	75,97	32,22

Tabela 4 – Medidas de estrutura da paisagem obtidas para os quinze fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil. PAA: Porcentagem de ambientes antrópicos.

Local	Tamanho (ha)	Cobertura florestal	Conectividade	Diversidade de hábitats (H') - escala local	Diversidade de hábitats (H') - escala paisagem	PAA - escala local	PAA - escala paisagem	Índice de áreas núcleo (CAI) - escala local*	Índice de áreas núcleo (CAI) - escala paisagem*	Índice de áreas núcleo (CAI) - escala paisagem**
F1	1793	71,63	66,99	1,176	1,389	28,36	32,83	50,18	58,56	34,83
F2	425,7	74,7	50,9	0,994	2,005	25,3	46,82	56,71	44,62	20,45
F3	363,2	96,15	52,04	0,548	1,657	3,67	46,05	51,5	34,23	11,51
F4	225,98	87,39	41,52	0,515	1,944	7,61	54,7	53,22	28,37	7,62
F5	147	71,67	32,86	1,208	2,021	28,4	66,28	29,28	35,37	13,4
F6	133,1	81,67	16,82	0,616	1,81	18,33	82,83	60,77	23,05	5,4
F7	91,75	65,17	23,75	0,89	1,924	34,83	75,94	39,85	22,09	2,49
F8	70,1	47,81	25,99	1,292	1,708	52,19	73,7	42,84	28,77	10,3
F9	70	56,85	25,99	1,274	1,708	42,59	73,7	64,04	28,77	10,3
F10	62,02	50,95	15,17	1,242	1,611	54,38	83,78	36,91	28,15	4,8
F11	21,91	31,81	22,48	1,485	1,904	68,19	71,77	25,6	21,54	5,65
F12	21,84	24,52	16,82	1,51	1,81	74,77	82,83	19,36	23,05	5,4
F13	19,63	18,54	26,65	1,302	1,863	81,01	72,91	18,91	18,51	2,51
F14	11,96	22,96	9	1,7	1,551	62,01	87,44	16,37	12,8	2,41
F15	4,89	23,9	25,99	1,47	1,708	72,01	73,7	5,33	28,77	10,3

*Borda de 50 m.

**Borda de 100 m.

Tabela 5 - Resultados da análise de componentes principais (PCA) realizada para as comunidades de Euglossina amostradas nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual estudados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil.

Paisagem				
Fatores	Autovalor	Autovalor acumulado	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1*	6,01	6,01	60,11	60,11
2*	2,39	8,40	23,95	84,07
3	0,85	9,26	8,51	92,59
4	0,35	9,61	3,52	96,10
5	0,17	9,78	1,74	97,85
6	0,12	9,90	1,17	99,02
7	0,08	9,98	0,77	99,78
8	0,02	9,99	0,16	99,95
9	< 0,01	10,00	0,03	99,98
10	< 0,01	10,00	0,02	100,00
Vegetação				
Fatores	Autovalor	Autovalor acumulado	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1*	2,74	2,74	39,18	39,18
2*	1,66	4,40	23,81	62,99
3*	1,12	5,53	16,06	79,05
4	0,79	6,32	11,24	90,31
5	0,46	6,78	6,57	96,87
6	0,18	6,96	2,58	99,45
7	0,04	7,00	0,55	100,00

*Fatores retidos para a análise dos modelos lineares generalizados.

Tabela 6 - Contribuições relativas das variáveis para os fatores gerados através da análise de componentes principais (PCA). As variáveis mais associadas a cada fator são destacadas. CAI: índice de áreas núcleo; NIT: número médio de indivíduos por transecto; DAP: diâmetro a altura do peito.

Paisagem Variáveis	Fatores		Vegetação Variáveis	Fatores		
	Fator 1	Fator 2		Fator 1	Fator 2	Fator 3
Área	0,11	0,11	NIT	0,01	0,20	0,05
Cobertura florestal	0,11	0,12	Altura arbórea média	0,27	0,02	0,02
Conectividade na paisagem	0,14	0,02	DAP	0,32	0,01	0,04
Diversidade de habitat em escala local	0,07	0,21	Área basal	0,29	0,01	0,09
Diversidade de habitat na paisagem	<0,01	0,16	Mortalidade	0,07	0,32	0,09
Porcentagem de ambiente antrópico em escala local	0,11	0,11	Cobertura de dossel	0,03	0,00	0,70
Porcentagem de ambiente antrópico na paisagem	0,14	0,02	Densidade de sub-bosque	0,01	0,46	0,02
CAI local	0,08	0,09				
CAI paisagem (50 m de borda)	0,13	0,06				
CAI paisagem (100 m de borda)	0,11	0,11				

Tabela 7 – Teste de significância dos coeficientes de regressão entre os fatores da estrutura da paisagem e da vegetação gerados na PCA e a riqueza de espécies de abelhas Euglossina. Modelos lineares generalizados.

Fatores	Wald	P
Intercepto	4069,811	< 0,01
Fator 1 – Vegetação	5,494	0,019
Fator 1 – Paisagem	11,787	< 0,01
Fator 2 – Paisagem	2,235	0,135

Tabela 8 – Teste de significância dos coeficientes de regressão entre as variáveis mais associadas ao Fator 1 da estrutura da paisagem e ao Fator 1 da estrutura de vegetação e a riqueza de espécies de abelhas Euglossina. Modelos lineares generalizados. Legenda - PAAP: Porcentagem de ambientes antrópicos na paisagem; CAI paisagem: Índice de áreas núcleo na paisagem; DAP: Diâmetro à altura do peito.

Fatores	Wald	p
Intercepto	1,370	0,242
Conectividade	3,671	0,055
PAAP	4,155	0,042
CAI paisagem	1,438	0,230
Altura	1,650	0,199
DAP	2,193	0,139
Área basal (log)	0,022	0,883

Tabela 9 – Teste de significância dos coeficientes de regressão entre os fatores da estrutura da paisagem e da vegetação gerados na PCA e a diversidade de espécies de abelhas Euglossina. Modelos lineares generalizados.

Fatores	Wald	p
Intercepto	115,1706	< 0,01
Fator 1 – Vegetação	9,3626	0,002
Fator 2 – Vegetação	2,8374	0,092
Fator 2 – Paisagem	8,3937	0,004

Tabela 10 – Teste de significância dos coeficientes de regressão entre as variáveis mais associadas ao Fator 1 da estrutura de vegetação e ao Fator 2 da estrutura da paisagem e a diversidade de espécies de abelhas Euglossina. Modelos lineares generalizados. Legenda – H' local: diversidade de habitats em escala local; H' paisagem: diversidade de habitats na escala da paisagem; DAP: Diâmetro à altura do peito.

Fatores	Wald	p
Intercepto	4,362	0,037
H' local	1,429	0,232
H' paisagem	1,036	0,309
Altura	2,872	0,090
DAP	2,935	0,087
Área basal (log)	4,434	0,035

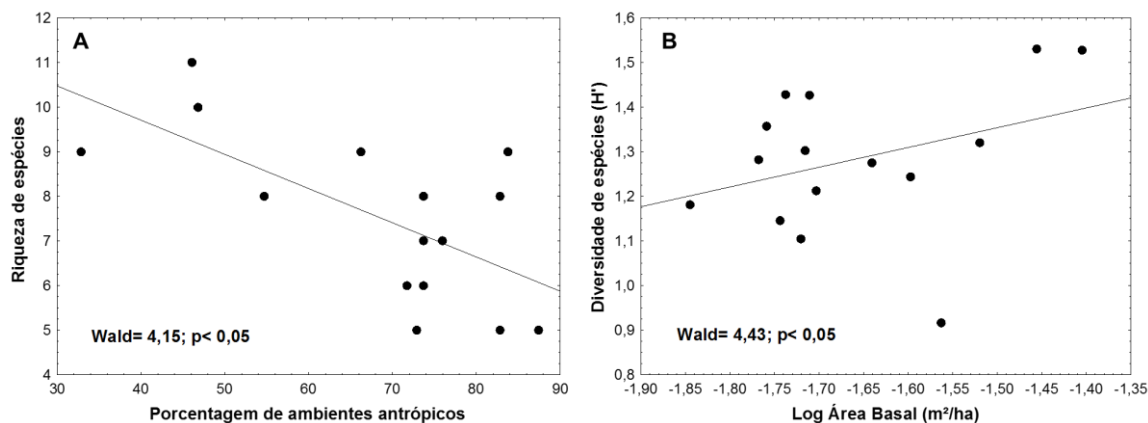


Figura 5 - (A) Relação entre a riqueza de espécies de Euglossina e a porcentagem de ambientes antrópicos na escala de paisagem; (B) relação entre a diversidade de espécies (H') e a área basal (escala logarítmica) nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, MG, sudeste do Brasil.

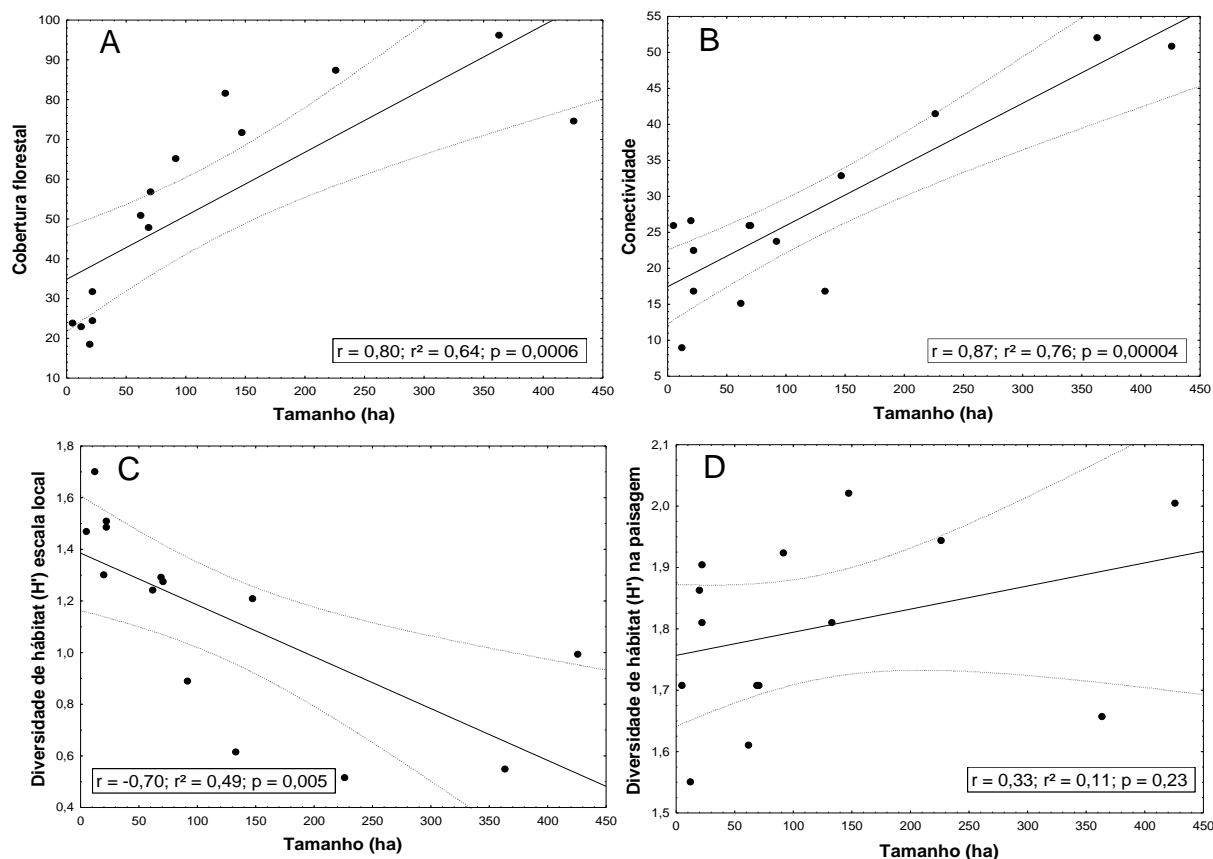


Figura 6 (A-D) – Relação entre o tamanho dos fragmentos amostrados na Zona da Mata e parâmetros da estrutura da paisagem: A) Cobertura florestal; B) Conectividade; C) Diversidade de habitat (H') escala local; D) Diversidade de habitat (H') escala da paisagem.

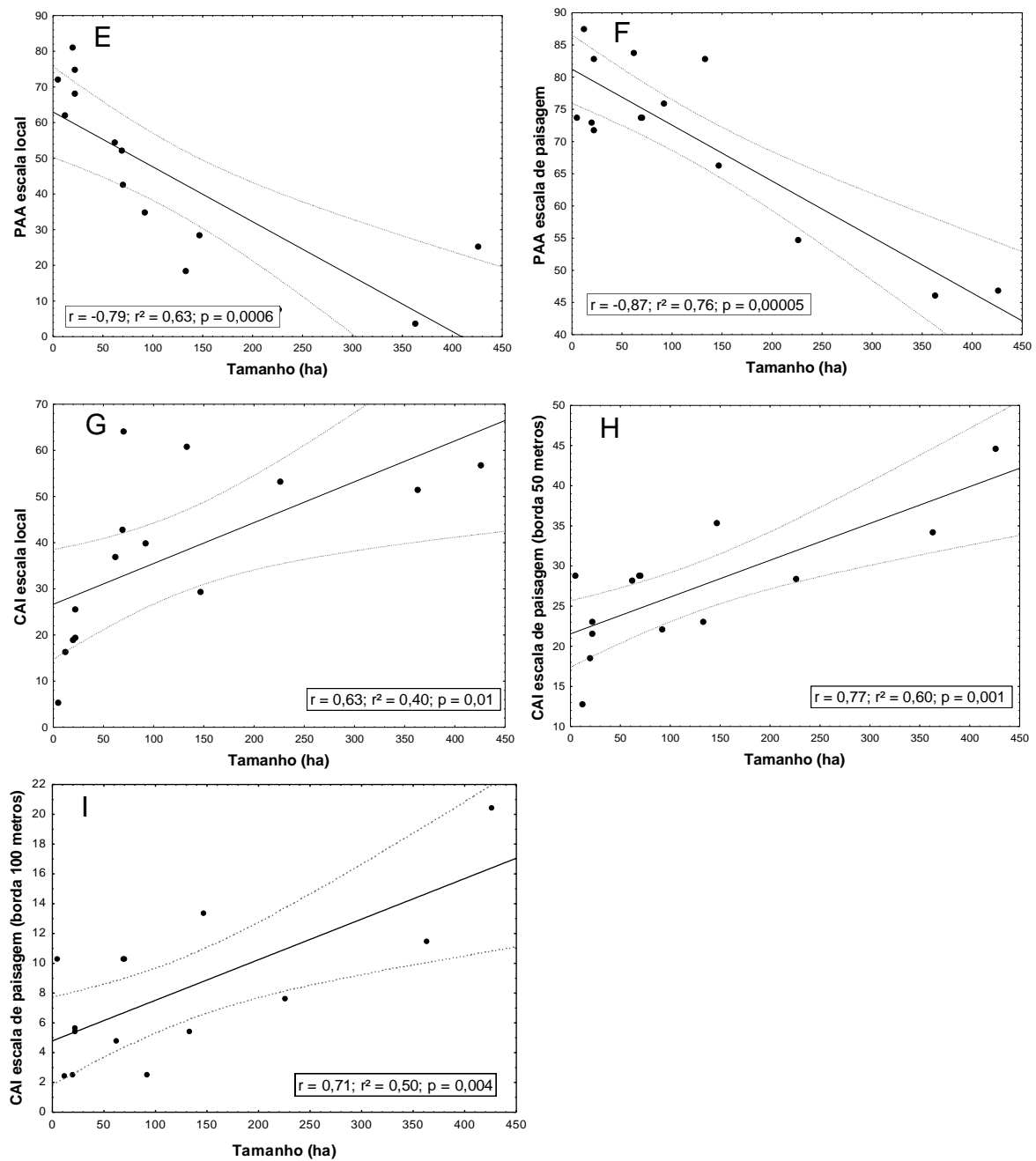


Figura 6 (E - I) – Relação entre o tamanho dos fragmentos e parâmetros da estrutura da paisagem na região da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. E) PAA escala local; F) PAA escala de paisagem; G) CAI escala local; H) CAI escala de paisagem (borda 50 metros); I) CAI escala de paisagem (borda 100 metros). PAA: Porcentagem de ambientes antrópicos; CAI: Índice de áreas núcleo.

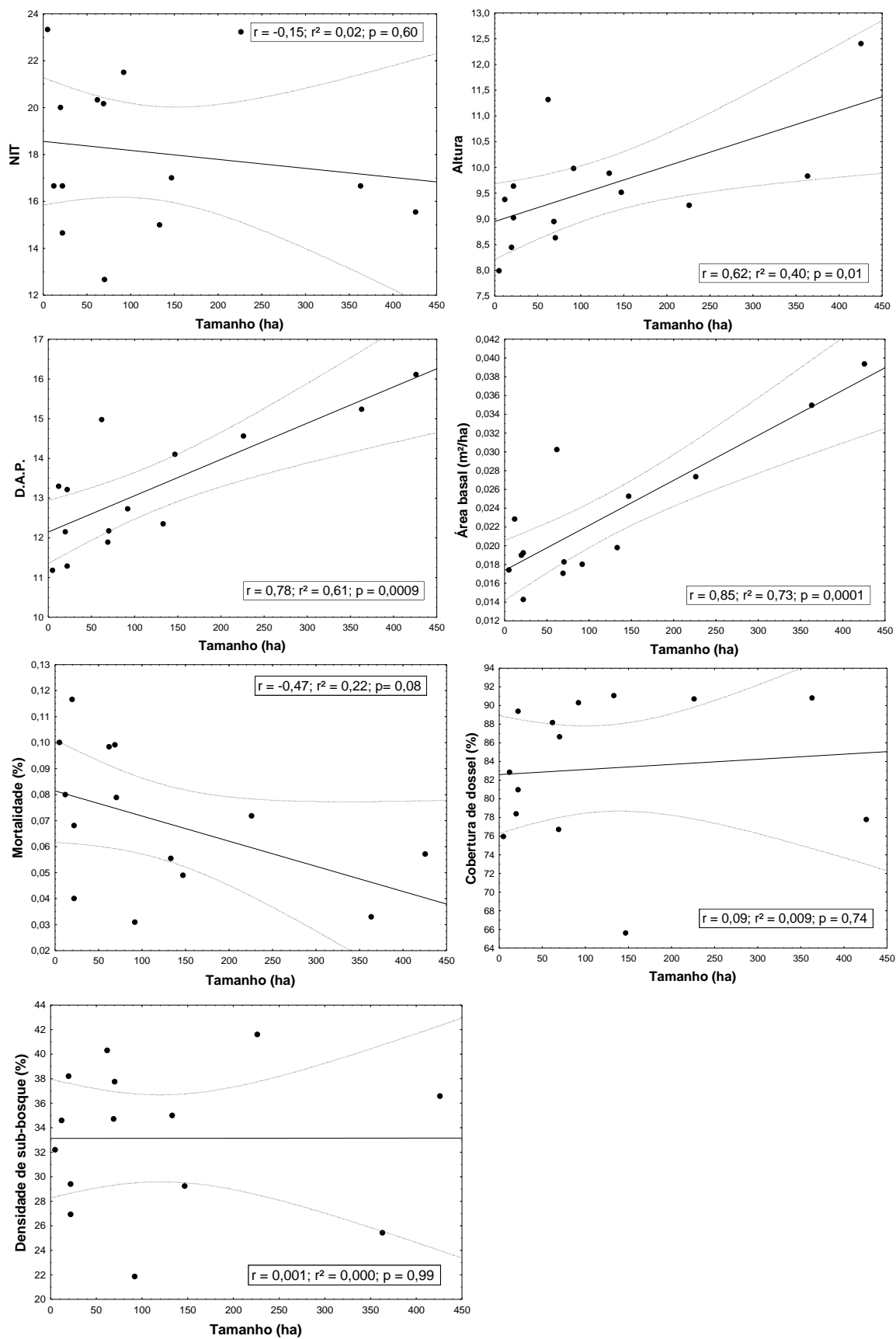


Figura 7 – Relação entre o tamanho dos fragmentos e parâmetros da estrutura da vegetação na região da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil.

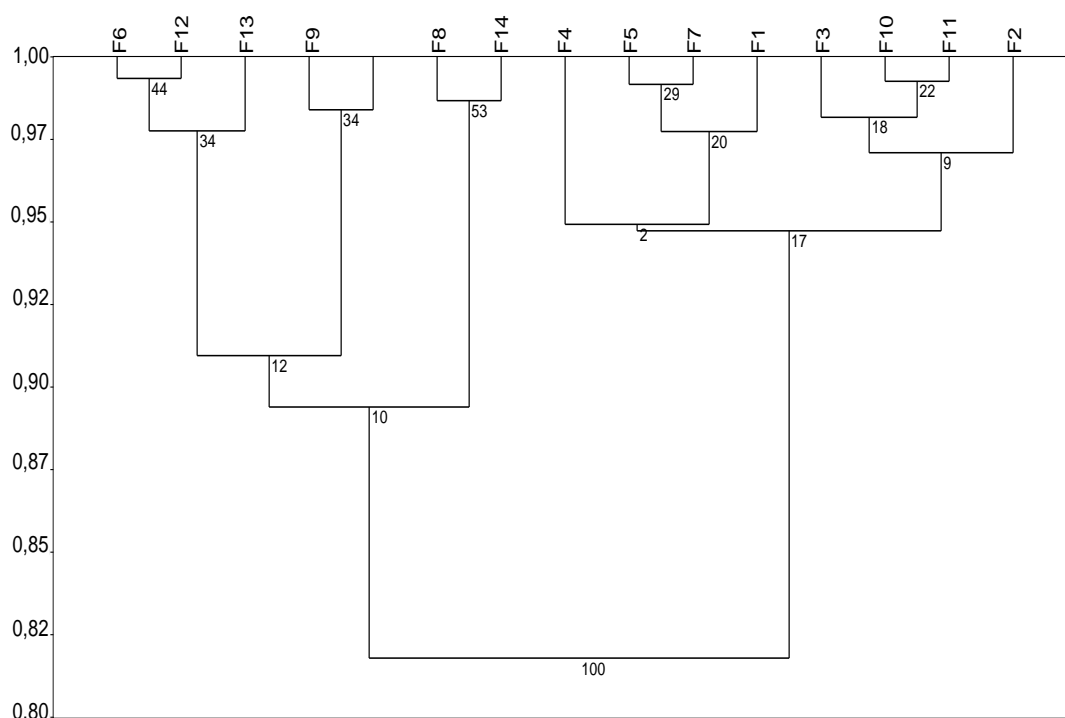


Figura 8 – Dendrograma de similaridade (Morisita-Horn) para as comunidades de abelhas *Euglossina* amostradas nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil.

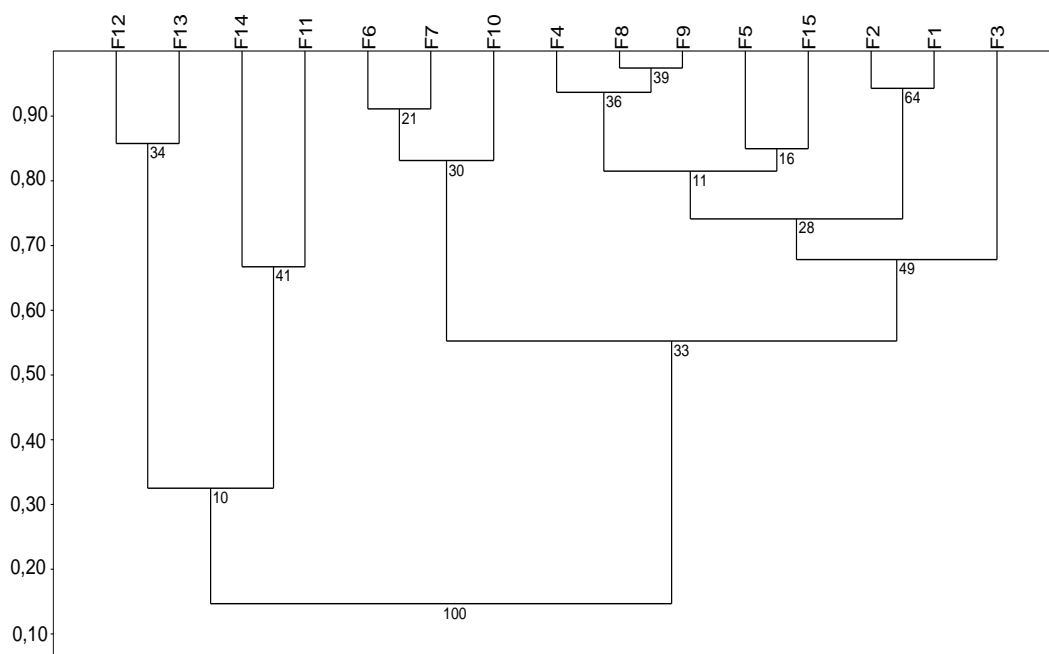


Figura 9 – Dendrograma de similaridade (Morisita-Horn) para as comunidades de abelhas *Euglossina* amostradas nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. Foram excluídas da análise *Eulaema nigrita*, *Eulaema cingulata*, *Euglossa cordata* e *Euglossa securigera*.

2.4 DISCUSSÃO

A avaliação da influência de fatores ambientais e das paisagens sobre as comunidades animais é importante porque possibilita compreender as respostas em termos de composição, riqueza e diversidade de espécies. É também possível detectar os efeitos da interferência antrópica da paisagem sobre as propriedades das comunidades e os processos ecológicos que as determinam (Metzger 2001). Neste estudo foi verificado que alguns fatores da estrutura da paisagem e vegetação foram determinantes para a riqueza e diversidade de espécies de abelhas Euglossina nos fragmentos amostrados.

Fragmentos em paisagens com menores porcentagens de ambientes antrópicos e maior conectividade apresentaram maiores valores de riqueza de espécies. De fato, este dado corrobora informações conhecidas sobre a distribuição e exigências ecológicas das abelhas Euglossina, grupo reconhecidamente de ambientes florestais (Dressler 1982; Roubik & Hanson 2004; Brosi 2009). Alterações do uso da terra através da substituição de áreas naturais por matrizes de ambientes antrópicos como pastagens para criação de gado, estradas, plantios de eucalipto, cultivos agrícolas, áreas urbanas, barragens, rodovias e áreas de mineração são desfavoráveis à nidificação, alimentação e dispersão de espécies de abelhas nativas exercendo efeitos negativos sobre a estrutura das comunidades (Aizen & Feisinger 1994; Steffan-Dewenter *et al.* 2002; Chacoff & Aizen 2006; Brosi *et al.* 2007; Hatfield & Lebuhn 2007; Brosi 2009; Calvillo *et al.* 2010; Williams & Winfree 2013).

Alguns estudos desenvolvidos avaliaram os efeitos da matriz circundante sobre a estrutura de comunidades de Euglossina e a capacidade de dispersão de algumas espécies, e chegaram à conclusão de que a matriz exerce um efeito negativo sobre tais atributos (Milet-Pinheiro & Schlindwein 2005; Aguiar 2011). Embora seja reconhecida a grande capacidade de voo destas abelhas (Janzen 1971), evidências têm demonstrado que espécies essencialmente florestais provavelmente não deixam os fragmentos para se dispersar através da matriz para outros fragmentos (Milet-Pinheiro & Schlindwein 2005; Aguiar 2011). Por outro lado, espécies comumente encontradas em bordas e ambientes abertos como *Eulaema nigrita*, *Eulaema cingulata* e *Euglossa*

cordata (Tonhasca *et al.* 2003; Milet-Pinheiro & Schlindwein 2005; Aguiar 2011) dispersam-se entre fragmentos e por isso parecem menos sensíveis aos efeitos de fragmentação.

A diversidade de espécies de Euglossina apresentou relação positiva e significativa com a área basal da vegetação arbórea no fragmento florestal. Esta medida, juntamente com outras da estrutura de vegetação, pode ser utilizada como indicativo do estágio sucessional em florestas secundárias (Siminski 2004), como os fragmentos amostrados neste estudo. A redução da área basal total pode ser considerada um dos indicadores de impactos ambientais em trechos de florestas secundárias (Finotti *et al.* 2012). Dessa forma, espera-se que em estágios mais avançados de regeneração, ou seja, em florestas mais maduras, a área basal seja maior (Amaral *et al.* 1996). Por outro lado, em fragmentos sujeitos à constante perturbação antrópica seria esperado a permanência em estágios sucessionais iniciais e valores de área basal mais baixos. Dentre os fragmentos amostrados, aqueles com menores valores de área basal e provavelmente sujeitos a distúrbios mais frequentes, apresentaram menores valores de diversidade de espécies de abelhas Euglossina em relação aos maiores fragmentos. Desta forma, medidas intrínsecas ao habitat onde as comunidades animais ocorrem e de onde extraem seus recursos, são importantes pois refletem a qualidade deste habitat para as espécies que compõem a comunidade.

Alguns estudos com diferentes grupos de abelhas verificaram relações significativas entre parâmetros da estrutura de comunidades e aspectos intrínsecos da vegetação (Liow *et al.* 2001; Kleijn & Langevelde 2006; Hatfield & LeBuhn 2007; Brosi 2009 b; Ramalho *et al.* 2009). Liow *et al.* (2001) verificaram que a presença de certas espécies de abelhas da subtribo Meliponina foi relacionada a fatores associados à vegetação como a densidade de árvores grandes (DAP entre 30 e 40 cm) e a intensidade de florescimento de árvores e arbustos. Kleijn & Langevelde (2006), em estudo desenvolvido com comunidades de abelhas em manchas de habitat seminatural na Holanda, verificaram que em locais com menor quantidade de habitat foi encontrada relação mais positiva entre a abundância floral e a riqueza de espécies de abelhas. Isto sugere que em ambientes mais pobres ou menos complexos a

quantidade de recursos tende a ser um fator ainda mais limitante. Ramalho *et al.* (2009) estudando comunidades de abelhas *Euglossina* verificaram efeito positivo e significativo da diversidade florística sobre a diversidade de espécies de abelhas e do tamanho do fragmento sobre a riqueza de espécies.

A análise mais abrangente dos atributos da vegetação pode indicar ainda outras relações importantes com espécies de abelhas, como os efeitos da distribuição espacial de recursos dentro do habitat sobre a estratégia de forrageamento e distribuição espacial dos polinizadores, como destacado em alguns estudos (Armbruster 1993; Brosi 2009 b; Knoll & Penatti 2012).

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que as comunidades amostradas nos menores fragmentos representam subgrupos de espécies presentes nos grandes fragmentos e em paisagens menos degradadas, o que explica a alta similaridade na composição de espécies observada entre o conjunto de fragmentos amostrados. Nenhuma das espécies amostradas nos menores fragmentos foi exclusiva destas áreas e na sua maioria representam espécies com maior capacidade de dispersão, ampla distribuição geográfica e baixa especialização ecológica. Este mesmo argumento foi utilizado por Aguiar & Gaglianone (2012), em estudo desenvolvido nas regiões Norte e Noroeste Fluminense. Os autores discutem que as comunidades de abelhas *Euglossina* presentes em pequenos fragmentos florestais naquela região são compostas principalmente por espécies com ampla distribuição geográfica e supostamente tolerantes a ambientes abertos e perturbados. A lista de espécies mais comuns nos fragmentos pequenos, citada pelos autores, assemelha-se aos dados obtidos neste trabalho. Desta relação, pode-se destacar *Euglossa cordata*, *Euglossa fimbriata*, *Euglossa securigera*, *Eulaema cingulata*, *Eulaema nigrita* e *Exaerete smaragdina* que se enquadrariam nesta explicação.

Quando as espécies com maior capacidade de dispersão (segundo informações em Tonhasca *et al.* 2003; Milet-Pinheiro & Schlindwein 2005; Aguiar 2011) foram excluídas da análise, a similaridade total entre as comunidades em todos os fragmentos amostrados caiu fortemente (de mais de 80% para menos de 20%). Este resultado reforça que a composição de espécies, muitas vezes não analisada em estudos sobre efeitos de fragmentação, é afetada em paisagens fragmentadas, sendo as comunidades

de Euglossina em pequenos fragmentos compostas primariamente por poucas espécies que provavelmente conseguem se dispersar através da matriz circundante. O desenvolvimento de novos estudos enfocando a dispersão de indivíduos em paisagens fragmentadas pode contribuir significativamente para ampliar os conhecimentos sobre as respostas das espécies de abelhas Euglossina às alterações antrópicas do uso da terra.

Os resultados deste estudo reforçam o *status* de Euglossina como um grupo de abelhas extremamente sensível ao processo de fragmentação e que responde em termos de riqueza, diversidade e composição de espécies tanto a alterações na estrutura da paisagem quanto da vegetação. Atestam também que outros fatores além do tamanho do fragmento, como a porcentagem de ambientes antrópicos na paisagem e a área basal podem influenciar a estrutura de comunidades de abelhas. Dessa forma, novos estudos acerca dos efeitos de fragmentação devem levar em consideração aspectos relacionados tanto à paisagem na qual os fragmentos florestais estão inseridos como a aspectos da estrutura da vegetação, os quais se relacionam à qualidade do habitat. Brosi (2009) verificou que além do tamanho do fragmento a forma do mesmo exerceu forte influência sobre a abundância e riqueza de espécies. Com base nos resultados de seu estudo, este autor sugere que mais abelhas deveriam ser encontradas em áreas de habitat mais extensas, sobretudo devido à maior disponibilidade de recursos nessas áreas. Assim, a avaliação da disponibilidade dos recursos alimentares e de nidificação para as abelhas em paisagens fragmentadas é uma questão chave e também deve ser considerada em futuros estudos. Este fator é extremamente importante, considerando-se que a fragmentação florestal e perda de habitat podem levar à depauperação e redução da disponibilidade dos recursos nos remanescentes naturais.

Dentro do contexto geral em que as alterações antrópicas do uso da terra são cada vez mais intensas e exercem crescente pressão sobre as comunidades biológicas, se faz necessário mensurar e considerar fatores ambientais em diferentes escalas espaciais, não apenas a do fragmento, mas também a da paisagem em seu entorno. O problema da fragmentação florestal e perda de habitat, pela complexidade com que se apresenta, exige abordagens diferenciadas e amplas, inclusive em termos de variáveis

analisadas, para que mais conhecimentos possam ser gerados e aplicados de forma eficiente à conservação e manejo dos ambientes naturais e seus recursos.

DISCUSSÃO GERAL

As comunidades animais em determinado local são o resultado de um conjunto de fatores, tais como as restrições ambientais e de dispersão das espécies, bem como as interações bióticas. Na escala do gradiente espacial litoral-interior, as variações nas condições ambientais são determinantes sobre as comunidades, pois cada espécie possui limites de distribuição determinados por fatores ambientais, interações com outras espécies, capacidade de dispersão, e tolerância à interferência antrópica (Calvillo *et al.* 2010; Rajão *et al.* 2010). Variações nestes fatores determinam onde a espécie pode ou não existir (Cerqueira 1995).

Como verificado no primeiro capítulo, as variações em diferentes propriedades da estrutura de comunidades, como abundância, riqueza e composição de espécies, foram influenciadas por fatores geoclimáticos ao longo do gradiente espacial litoral-interior. Os padrões geográficos de ocorrência de espécies verificados ao longo do gradiente poderiam estar associados a efeitos antrópicos em cada região amostrada, visto que tais regiões apresentam particularidades no que diz respeito à sua relação histórica e atual com o uso da terra. No entanto, apesar das diferenças, todas são florestas secundárias inseridas em paisagens fragmentadas e sujeitas a constantes perturbações antrópicas, advindas principalmente de uma matriz de terras agrícolas. As matrizes em todos os fragmentos são compostas predominantemente de pastagem e, em menor escala, eucalipto, cana-de-açúcar, pequenos plantios e, principalmente em INT1 e INT2, certa proximidade a áreas urbanas (Silveira 2010; Aguiar 2011). Dentre as seis áreas amostradas três podem ser consideradas protegidas, LIT1, transformada em estação ecológica no ano de 2002; parte de CEN2, por estar contida na *Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto da Boa Vista* e *Reserva Biológica da Represa do Grama*; INT1, por estar protegida em fazenda pertencente à Universidade Federal de Uberlândia. Assim, os dados deste estudo sugerem que as condições ambientais vigentes em cada região do gradiente espacial, bem como a proximidade e interação com outras fisionomias vegetais, como Floresta Atlântica Ombrófila, no litoral, e Cerrado, no interior, são os principais

fatores atuando sobre os padrões geográficos de ocorrência verificados. Embora, a avaliação de efeitos antrópicos em macroescala não tenha sido o alvo deste estudo.

Em uma escala espacial restrita às paisagens (capítulo 2), foi verificado que fatores ambientais associados à estrutura da paisagem e vegetação influenciaram a riqueza e diversidade de espécies das comunidades de abelhas estudadas. Nesta escala espacial, foi possível avaliar de forma mais efetiva os efeitos da interferência antrópica sobre as comunidades nas paisagens avaliadas. A composição de espécies provavelmente foi influenciada pela maior capacidade de dispersão de algumas espécies mais tolerantes às alterações antrópicas do uso da terra, que representam barreiras de dispersão a outras espécies mais sensíveis. Cerqueira (1995) afirma que tanto em uma escala geográfica (distribuição total da espécie) quanto em uma escala local (distribuição local da espécie) as barreiras de dispersão constituem fatores limitantes sobre onde as espécies podem ou não podem existir.

A riqueza e abundância de abelhas obtidas nos fragmentos estudados de Floresta Estacional na Zona da Mata em Minas Gerais foram elevadas e assemelham-se aos valores encontrados em outras Florestas Estacionais Semidecíduais (Rebêlo & Garófalo 1997; Peruquetti *et al.* 1999; Tonhasca *et al.* 2002 a; Souza *et al.* 2005; Nemésio & Silveira 2007; Aguiar & Gaglianone 2008, 2011, 2012; Ramalho *et al.* 2009; Silveira *et al.* 2011; Cordeiro *et al.* 2012; Knoll & Penatti 2012; Rebêlo & Garófalo 1997; Peruquetti *et al.* 1999; Sofia *et al.* 2004; Souza *et al.* 2005; Nemésio & Silveira 2007, 2010; Aguiar & Gaglianone 2008, 2011, 2012; Farias *et al.* 2008; Silveira *et al.* 2011; Knoll & Penatti 2012). Considerando-se em conjunto as amostragens através do uso de rede entomológica e armadilhas, a riqueza obtida nos quinze fragmentos amostrados foi de 16 espécies, ou seja, um valor relativamente elevado e representativo para Florestas Estacionais Semidecíduais. Estes dados são significativos e destacam a importância da região estudada para a conservação de abelhas das orquídeas.

Dentre as espécies amostradas, alguns registros notáveis e de certa forma raros foram obtidos. *Euglossa milenae*, por exemplo, é uma espécie pouco comum em inventários de Euglossina (Nemésio 2010, 2013). Sua

distribuição está restrita a remanescentes de floresta pluvial na América Central (Costa Rica, Panamá), Amazônia (Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela, Brasil – Pará) e Mata Atlântica (Florestas Ombrófilas - Espírito Santo e Nordeste do Brasil) (Moure *et al.* 2012). Três indivíduos desta espécie foram amostrados em um fragmento de tamanho médio, considerando os fragmentos existentes na região (F10 – capítulo 2; 62,02 hectares). A presença desta espécie em números tão reduzidos em um fragmento com alta interferência antrópica (caça, extração de madeira, poluição, tráfego de veículos; observação pessoal) é preocupante. No entanto, por ser uma espécie pouco frequente em inventários de abelhas das orquídeas existe a possibilidade de que ocorra em outros fragmentos florestais nos quais ainda não foi amostrada.

Outro importante registro foi *Eufriesea dentilabris*, uma espécie também pouco comum em inventários de abelhas das orquídeas (Nemésio & Silveira 2006; Nemésio 2013) e que apresenta uma distribuição restrita a Mata Atlântica (Nemésio 2009; Moure *et al.* 2012). Os quatro indivíduos amostrados neste estudo foram provenientes da Fazenda Sinimbu, um dos maiores fragmentos amostrados e aquele onde foi verificada maior riqueza de espécies de Euglossina. Pelo fato de todos os indivíduos terem sido amostrados com rede entomológica e não com armadilhas é possível que a espécie ocorra em outros fragmentos de FES na região da Zona da Mata, MG. O registro mais próximo da espécie no Estado de Minas Gerais ocorreu no Parque Estadual do Rio Doce por Nemésio & Silveira (2006), a maior reserva de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais (Lopes *et al.* 2002).

O uso exclusivo de armadilhas na amostragem de machos de Euglossina na avaliação dos efeitos de fragmentação (capítulo 2) provou ser um método eficiente e adequado levando-se em consideração o propósito do estudo. O uso de armadilhas permite a amostragem simultânea e padronizada em vários pontos de coleta, minimizando possíveis variações climáticas entre os dias de amostragem, e diferentes esforços amostrais decorrentes de características intrínsecas da habilidade de diferentes coletores. Estas vantagens foram também salientadas por outros autores, como Knoll & Penatti (2012) e Aguiar & Gaglianone (2011).

Embora não tenha sido objetivo deste estudo a comparação entre metodologias de amostragem, pequenas diferenças na riqueza e na composição de espécies obtidas com os dois métodos foram observadas. Nas redes, uma espécie a mais foi coletada. Além disso, três espécies foram amostradas exclusivamente com o uso de rede entomológica (*Eufrisea dentilabris*, *E. surinamensis*, *E. violacea*) e duas exclusivamente com armadilhas (*Euglossa leucotricha* Rebêlo & Moure, 1996; *Euglossa milenae* Bembé, 2007).

Estes resultados sugerem que, em estudos que envolvam a amostragem de um grande número de fragmentos simultaneamente, o uso exclusivo de armadilhas pode ser adequado e satisfatório, visto que através deste método é possível aumentar o esforço amostral e ao mesmo tempo padronizar o método de coleta, eliminando a influência de diferenças de habilidade de coletores. Já em estudos destinados a caracterizar a estrutura da comunidade em um número menor de fragmentos (capítulo 1) o emprego conjunto de armadilhas e redes entomológicas deve ser mais eficiente por serem métodos complementares (Aguiar & Gaglianone 2011), embora seja menos viável em termos logísticos ao se amostrar um grande número de fragmentos simultaneamente e, no caso de rede entomológica, não ser um método de coleta padronizado.

A subtribo Euglossina demonstrou ser um modelo biológico válido para estudos que tenham como objetivo avaliar aspectos relacionados aos efeitos da fragmentação florestal e perda de habitat sobre comunidades animais. Os resultados obtidos reforçam a tendência presente em estudos mais recentes de se avaliar um número crescente de variáveis associadas à estrutura da paisagem, bem como variáveis associadas à vegetação, principalmente quando se trata de abelhas, que apresentam estreita relação com as plantas. É importante que a inserção de novas variáveis esteja acompanhada de uma reflexão acerca da sua importância para o sistema ecológico estudado, considerando-se tanto aspectos da paisagem estudada como do grupo taxonômico. Dada a complexidade com que se apresenta o problema da perda de habitat e fragmentação florestal, abordagens que considerem tais questões

em futuros estudos podem permitir avanços significativos na aplicação de tais conhecimentos em políticas de manejo e conservação de espécies.

Ao final deste estudo espera-se que os resultados obtidos contribuam para o desenvolvimento das pesquisas em ecologia e conservação de abelhas silvestres e sirvam para o desenvolvimento de futuros estudos que almejem avaliar padrões associados a comunidades de abelhas, bem como as respostas destas comunidades a interferências antrópicas. As informações obtidas podem também ser aplicadas em políticas de manejo e conservação de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, dada a sua importância ecológica e o alto nível de pressão antrópica ao qual estão submetidos, seja no domínio da Floresta Atlântica ou do Cerrado, os quais estão entre os biomas mais ameaçados globalmente.

Anexo 1 – Modelos lineares generalizados gerados a partir da análise de relações entre a riqueza de espécies e os fatores ambientais extraídos na PCA.

Modelo	Variável 1	Variável 2	Variável 3	Variável 4	Variável 5	G.L.	AIC	p
1	Fator1_veg	Fator1_pais	Fator2_pais			3	46,12	0,00
2	Fator1_veg	Fator3_veg	Fator1_pais	Fator2_pais		4	46,16	0,00
3	Fator3_veg	Fator1_pais	Fator2_pais			3	46,26	0,00
4	Fator1_veg	Fator1_pais				2	46,27	0,00
5	Fator1_veg	Fator3_veg	Fator1_pais			3	46,76	0,00
6	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator1_pais			3	47,92	0,00
7	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator1_pais	Fator2_pais		4	48,10	0,00
8	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator1_pais	Fator2_pais	5	48,15	0,00
9	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator1_pais	Fator2_pais		4	48,21	0,00
10	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator1_pais		4	48,40	0,00
11	Fator1_pais	Fator2_pais				2	48,51	0,00
12	Fator3_veg	Fator1_pais				2	48,65	0,00
13	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator1_pais			3	49,79	0,00
14	Fator2_veg	Fator1_pais	Fator2_pais			3	50,40	0,00
15	Fator1_pais					1	50,87	0,00
16	Fator1_veg					1	51,31	0,00
17	Fator2_veg	Fator1_pais				2	51,83	0,00
18	Fator1_veg	Fator2_pais				2	53,08	0,00
19	Fator1_veg	Fator3_veg				2	53,27	0,00
20	Fator1_veg	Fator2_veg				2	53,31	0,00
21	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator2_pais			3	55,03	0,00
22	Fator1_veg	Fator3_veg	Fator2_pais			3	55,05	0,00
23	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator3_veg			3	55,27	0,00
24	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator2_pais		4	57,00	0,01
25	Fator2_pais					1	63,49	0,30
26	Fator2_veg					1	64,50	0,83
27	Fator3_veg					1	64,51	0,85
28	Fator2_veg	Fator2_pais				2	65,22	0,51
29	Fator3_veg	Fator2_pais				2	65,32	0,54
30	Fator2_veg	Fator3_veg				2	66,48	0,96
31	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator2_pais			3	67,08	0,69

Anexo 2 – Modelos lineares generalizados gerados a partir da análise de relações entre a diversidade de espécies e os fatores ambientais extraídos na PCA.

Modelo	Variável 1	Variável 2	Variável 3	Variável 4	Variável 5	G.L.	AIC	p
1	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator2_pais			3	-14,91	0,02
2	Fator1_veg	Fator2_pais				2	-14,15	0,03
3	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator2_pais		4	-13,83	0,03
4	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator1_pais	Fator2_pais		4	-13,10	0,04
5	Fator1_veg	Fator3_veg	Fator2_pais			3	-13,02	0,04
6	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator1_pais	Fator2_pais	5	-12,59	0,04
7	Fator1_veg	Fator1_pais	Fator2_pais			3	-12,18	0,06
8	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator1_pais	Fator2_pais		4	-12,01	0,06
9	Fator2_veg	Fator1_pais	Fator2_pais			3	-11,65	0,08
10	Fator1_veg					1	-11,61	0,10
11	Fator1_veg	Fator3_veg	Fator1_pais	Fator2_pais		4	-11,35	0,08
12	Fator1_pais	Fator2_pais				2	-11,20	0,11
13	Fator3_veg	Fator1_pais	Fator2_pais			3	-11,12	0,10
14	Fator1_pais					1	-11,06	0,14
15	Fator2_pais					1	-10,99	0,14
16	Fator3_veg	Fator1_pais				2	-10,45	0,17
17	Fator2_veg	Fator2_pais				2	-10,11	0,20
18	Fator1_veg	Fator3_veg				2	-10,09	0,20
19	Fator1_veg	Fator1_pais				2	-10,02	0,21
20	Fator1_veg	Fator2_veg				2	-9,92	0,22
21	Fator2_veg	Fator1_pais				2	-9,72	0,24
22	Fator3_veg	Fator2_pais				2	-9,50	0,27
23	Fator3_veg					1	-9,30	0,51
24	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator1_pais			3	-9,15	0,23
25	Fator2_veg					1	-9,07	0,65
26	Fator1_veg	Fator3_veg	Fator1_pais			3	-8,99	0,25
27	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator2_pais			3	-8,65	0,29
28	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator1_pais			3	-8,52	0,30
29	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator3_veg			3	-8,40	0,32
30	Fator1_veg	Fator2_veg	Fator3_veg	Fator1_pais		4	-7,56	0,32
31	Fator2_veg	Fator3_veg				2	-7,53	0,72

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber A.N. 1970. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. *Geomorfologia* 20: 1 – 25.
- Ackerman J.D. 1983. Diversity and sasonality of male euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in Central Panama. *Ecology* 64: 274 – 283.
- Aguiar W.M. & M.C. Gaglianone. 2008. Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro. *Neotropical Entomology* 37(2):118 – 125.
- Aguiar W.M. & M.C. Gaglianone. 2011. Euglossine bees (Hymenoptera Apidae Euglossina) on an inselberg in the Atlantic Forest domain of southeastern Brazil. *Tropical Zoology* 24: 107 – 125.
- Aguiar W.M. & M.C. Gaglianone. 2012. Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 56 (2): 210 – 219.
- Aguiar W.M., Gaglianone M.C., Medeiros R.L.S., Borges I.G.M., M.A.S. Santos Filho. 2013. Abelhas Euglossina: Eficiência de dois métodos de amostragem, proposta de um modelo de armadilha de captura. Anais do XI Congresso de Ecologia do Brasil, Porto Seguro, Bahia.
- Aguiar W.M. & M.C. Gaglianone. 2014. Does forest physiognomy affect the structure of orchid bee (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) communities? A study in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro State, Brazil. *Sociobiology* 61(1): 68 – 77.
- Aguiar W.M. 2011. Estrutura das comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) e variabilidade genética de *Eulaema cingutata* Fabr. em fragmentos florestais no estado do Rio de Janeiro. *Tese de doutorado em Ecologia e Recursos Naturais*. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 146 p.
- Aizen M.A. & P. Feinsinger. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco dry forest. *Ecology* 75: 330 – 351.

- Akaike H. 1973. Information theory and an extension of the likelihood principle
In Petrov B.N. & F. Csaki (Eds.). *Segundo Simpósio Internacional de Teoria da Informação. Budapest: Akademiai Kiado.*
- Alvarenga P.E.F., Freitas R.F., S.C. Augusto. 2007. Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de cerrado do Triângulo Mineiro, MG. *Bioscience Journal*, 23: 30 – 37.
- Amaral S., Soares J.V., Alves D.S., Mello E.M.K., Almeida S.A.S., Silva O.F., A.M. Silveira. 1996. Relações entre índice de área foliar (LAI), área basal e índice de vegetação (NDVI) em relação a diferentes estágios de crescimento secundário na Floresta Amazônica em Rondônia. *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, INPE* 485 – 489.
- Andrade-Silva A.C.R., Nemésio A., Oliveira F.F., F.S. Nascimento. 2012. Spatial-temporal variation in orchid bee communities (Hymenoptera: Apidae) in remnants of arboreal Caatinga in the Chapada Diamantina region, State of Bahia, Brazil. *Neotropical Entomology on-line version.*
- Barros N.A. 2005. História regional, café e indústria: A Zona da Mata de Minas Gerais. *Anais do XXIII Simpósio Nacional de História, Londrina-PR.*
- Bailey D., Schmidt-Entling M.H., Eberhart P., Herrmann J.D., Hofer G., Kormann U., F. Herzog. 2010. Effects of habitat amount and isolation on biodiversity in fragmented traditional orchards. *Journal of Applied Ecology* 47: 1003 – 1013.
- Blanchet S., Rey O., Etienne R., Lek S., G. Loot. 2010. Species-specific responses to landscape fragmentation: implications for management strategies. *Evolutionary applications* 3: 291 – 304.
- Becker P., Moure J.S., F. Peralta. 1991. More about euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 23(4b): 586 – 591.
- Begon M., Townsend C.R., J.L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems.* Blackwell Publishing, Oxford, 759p.
- Bezerra C.P. & C.F. Martins. 2001. Diversidade de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em dois fragmentos de Mata Atlântica localizados na região urbana de João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 18: 823 – 835.

- Brito C.M.S. & M.M.C. Rêgo. 2001. Community of male Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) in a secondary forest, Alcântara, MA, Brazilian *Journal of Biology* 61: 631 – 638.
- Brosi B.B., Gretchen C.D., Tiffany M.S., Federico O., Guillermo D. 2007. The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. *Journal of Applied Ecology*. p.1 – 11.
- Brosi B.J. 2009. The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biological Conservation* 142(2): 414 – 423.
- Brosi B.J. 2009b. The complex responses of social stingless bees (Apidae, Meliponini) to tropical deforestation. *Forest Ecology and Management* 258: 1830 – 1837.
- Brown J.H. & M. V. Lomolino. 2006. **Biogeografia**. FUNPEC Editora, Ribeirão Preto, 691p.
- Calvillo L.M., Ramírez V.M., Parra-Tabla V., J. Navarro. 2010. Bee diversity in a fragmented landscape of the Mexican neotropic. *Journal of Insect Conservation* 14: 323 – 334.
- Cameron S.A. 2004. Phylogeny and Biology of Neotropical Orchid Bees. *Annual Review of Entomology* 49: 377-404.
- Cane J.H. 2001. Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? *Conservation Ecology* 5 (1): [online] URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art3>
- Cane J.H. & V.J. Tepedino. 2001. Causes and extent of declines among native north american invertebrate pollinators: detection, evidence and consequences. *Ecology and Society* 5(1): 1 [online] URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art1>
- Castro E.B.V & F.A.S. Fernandez. 2004. Determinants of diferencial extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic Forest fragments in Brazil. *Biological Conservation* 119: 73 – 80.
- Cerqueira R. 1995. Determinação de distribuições potenciais de espécies. *Oecologia Brasiliensis* 2: 141 – 161.
- Cerqueira R.; Brant A., Nascimento M.T., R. Pardini. 2003. Fragmentação: Alguns conceitos *In: Rambaldi D.M. & D.A.S. Oliveira (Orgs.)*

Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas, Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, 510 p.

- Chase M.W. 2001. The origin and biogeography of Orchidaceae. *In*: Pridgeon A.M.; Chase M.W.; Cribb P.J.; Rasmussen N.F. *Genera Orchidacearum*, Vol. 2, Oxford University Press.
- Cordeiro G.D., Boff S., Caetano T.A., Fernandes P.C., I. Alves-dos-Santos. 2012. Euglossine bees (Apidae) in Atlantic forest areas of São Paulo State, southeastern Brazil. *Apidologie* 44: 254 – 267.
- Costa L.P. 2003. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic Forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. *Journal of Biogeography* 30: 71 – 86.
- De Marco Jr. P. & F.M. Coelho. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation* 13: 1245 – 1255.
- Dodson C.D., Dressler R.L., Hills H.C., Adams R.M., N.H. Williams. 1969. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science* 164: 1234-1249.
- Dressler R.L. 1982. Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual Review in Ecology and Systematics* 13: 373-394.
- Dupont Y.L. & B.O. Nielsen. 2006. Species composition, feeding specificity and larval trophic level of flower-visiting insects in fragmented versus continuous heathlands in Denmark. *Biological Conservation* 131: 475 – 485.
- Eltz T., Whitten W.M., Roubik D.W., K.E. Linsenmair. 1999. Fragrance, collection, storage and accumulation by individual male orchid bees. *Journal of Chemical Ecology* 25(1): 157 – 176.
- Eltz T., Roubik D.W., W.M Whitten. 2003. Fragrances, male display and mating behavior of *Euglossa hemichlora* – a flight cage experiment. *Physiological Entomology* 28: 251-260.
- Eltz T., Roubik D.W., K. Lunau. 2005. Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees. *Behavior Ecology Sociobiology* 59: 149 – 156.

- Faria Jr. L.R.R. & G.A.R. Melo. 2007. Species of *Euglossa* (Glossura) in the Brazilian Atlantic Forest, with taxonomic notes on *Euglossa stellfeldi* Moure (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Revista Brasileira de Entomologia* 51: 275 – 284.
- Faria L.R.R. & F.A. Silveira. 2011. The orchid bee fauna (Hymenoptera, Apidae) of a core area of the Cerrado, Brazil: the role of riparian forests as corridors for forest-associated bees. *Biota Neotropica* 11: 87 – 94.
- Faria L.R.R. & R.B. Gonçalves. 2013. Abiotic correlates of bee diversity and composition along eastern Neotropics. *Apidologie* 44(5): 547 – 562.
- Farias R.C.A.P., Madeira-da-Silva M.C., Pereira-Peixoto M.H., C.F. Martins. 2008. Composição e Sazonalidade de Espécies de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Mata e Duna na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape, Rio Tinto, PB. *Neotropical Entomology* 37: 253 – 258.
- Finotti R., Kurtz B.C., Cerqueira R., I. Garay. 2012. Variação na estrutura diamétrica, composição florística e características sucessionais de fragmentos florestais da bacia do rio Guapiaçu (Guapimirim/Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil). *Acta Botanica Brasilica* 26(2): 464 – 475.
- Fizon J.T., Marchioro N.P.X., Britez R.M., Cabral D.C., Camely N.C., Canavesi V., Castella P.R., Castro E.B.V., Junior L.C., Cunha M.B.S., Figueiredo E.O., Franke I.L., Gomes H., Gomes L.J., Hreisemnou V.H.V., Landau E.C., Lima S.M.F., Lopes A.T.L., Neto E.M., Mello A.L., Oliveira L.C., Ono K.Y., Pereira N.W.V., Rodrigues A.S., Rodrigues A.A.F., Ruiz-Miranda C.R., Santos L.F.G.L., Smith W.S., C.R. Souza 2003 *In*: Rambaldi D.M. & D.A.S. Oliveira (Orgs.) Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas, Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, 510 p.
- Freitas S.R., Cerqueira R., M.V. Vieira. 2002. A device and standard variables to describe micro-habitat structure of small mammals based on plant cover. *Brazilian Journal of Biology* 62(4B): 795 – 800.
- Fundação SOS Mata Atlântica; INPE. 2011. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período de 2008-2010: relatório final.** Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, São Paulo. 130p.

- Giangarelli D.C., Freiria G.A., Colatreli P.O., Suzuki K.M., S.H. Sofia. 2009. *Eufriesea violacea* (Blanchard) (Hymenoptera: Apidae): an orchid bee apparently sensitive to size reduction in forest patches. *Neotropical Entomology* 38: 610 – 615.
- Gotelli N.J. & G.L. Entsminger. 2005. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7.71. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear.
- Haila Y. 2002. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications* 12(2): 321 – 334.
- Hammer O., Harper D.A.T., P.D. Ryan. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleo. Electronica* 4(1).
- Hatfield R.G. & G. Lebuhn. 2007. Patch and landscape factors shape community assemblage of bumble bees, *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae), in montane meadows. *Biological Conservation* 139: 150 – 158.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 275 p.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP), disponível no site: <http://www.inmet.gov.br>
- Janzen D.H. 1971. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. *Science* 171: 203-205.
- Janzen D.H., de Vries P.J., Higgins M.L., L.S. Kimsey. 1982. Seasonal and site variation in Costa Rican euglossine bees at chemical baits in lowland deciduous and evergreen forests. *Ecology* 63: 6-74.
- Jauker B., Krauss J., Jauker F., I. Steffan-Dewenter. 2013. Linking life history traits to pollinator loss in fragmented calcareous landscape. *Landscape Ecology* 28: 107 – 120.
- Justino D.G. & S.C. Augusto 2010. Avaliação da eficiência de coleta utilizando armadilhas aromáticas e riqueza de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em áreas de Cerrado no Triângulo Mineiro. *Revista Brasileira de Zoociências* 12: 227 – 239.

- Kaiser H.F. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and psychological measurement* 20: 141 – 151.
- Kimsey L.S. 1980. The behavior of male orchid bees (Apidae, Hymenoptera, Insecta) and the question of leks. *Animal behavior* 28: 996-1004.
- Kimsey L.S. 1982. Systematics of bees of the genus *Eufriesea* (Hymenoptera; Apidae). *University of California Publications in Entomology* 95: 1 – 125.
- Kleijn D. & F. van Langevelde. 2006. Interacting effects of landscape effects and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. *Basic and applied Ecology* 7: 201 – 214.
- Knoll F.R.N. & N.C. Penatti. 2012. Habitat Fragmentation Effects on the Orchid Bee Communities in Remnant Forests of Southeastern Brazil. *Neotropical Entomology* 41: 355 – 365.
- Laurance W.F. 2008. Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation* 141: 1731 – 1744.
- Liow L.H., N.S. Sodhi, T. Elmqvist. 2001. Bee diversity along a disturbance gradient in tropical lowland forest of south-east Asia. *The Journal of Applied Ecology* 38: 180 – 192.
- Lôbo D., Leão T., Melo F.P.L., Santos A.M.M., M. Tabarelli. 2011. Forest fragmentation drives Atlantic Forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. *Diversity and Distributions* 17: 287 – 296.
- Lopes W.P., Silva A.F., Souza A.L., J.A.A. Meira Neto. 2002. Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual do Rio Doce – Minas Gerais, Brasil. *Acta bot. bras.* 16 (4): 443 – 456.
- MacArthur R.H., E.O. Wilson. 1967. **The theory of island biogeography**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. 203 p.
- Maffia A.M.C. 2011. Impactos ambientais decorrentes da mineração de bauxita e proposição de estratégias de formação docente no entorno do Parque Estadual Serra do Brigadeiro. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 115 p.
- Magurran A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.

- McCune B. & M.J. Mefford. 1999. **PC-ORD version 4.0, multivariate analysis of ecological data, Users guide**. Glaneden Beach, MJM Software Design, 148 p.
- Metzger J.P. 2001. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, volume 1, disponível no site: <http://www.biotaneotropica.org.br>
- Metzger J.P. 2009. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. Editorial/ *Biological Conservation* 142: 1138 – 1140.
- Milet-Pinheiro P. & C. Schindwein. 2005. Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 853 – 858.
- Morin P.J. 1999. *Community Ecology*. Blackwell Science, Massachussetts, 424 p.
- Morrone J.J. 2006. Biogeographic áreas and transition zones of Latin America and Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology* 51: 467 – 494.
- Morrone J.J. 2010. América do sul e geografia da vida: comparação de algumas propostas de regionalização *In: Biogeografia da América do Sul: Padrões & Processos*. Editora Roca, São Paulo, 306 p.
- Moure J.S., Urban D., G.A.R. Melo. 2012. Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Sociedade Brasileira de Entomologia, Curitiba.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Fonseca G.A.B., J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853 – 858.
- Nanni A.S., Descovi Filho L., Virtuoso M.A., Montenegro D., Willrich G., Machado P.H., Sperb R., Dantas G.S., Y. Calazans. 2012. **Quantum GIS - Guia do usuário (versão 1.7.4 'Wroclaw')**. Acesso em <09/06/2014> Disponível em : <http://qgisbrasil.org> 291 p., il.
- Nemésio A. 2009. Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa* 2041: 1242.
- Nemésio A. 2010. The orchid-bee fauna (Hymenoptera:Apidae) of a forest remnant in northeastern Brazil, with new geographic records and an identification key to known species of the Atlantic Forest of northeastern Brazil. *Zootaxa* 2656: 55 – 66.

- Nemésio A. 2011. The orchid-bee fauna (Hymenoptera:Apidae) of a forest remnant in southern Bahia, Brazil, with new geographic records and an identification key to known species of the area. *Zootaxa* 2821: 47 – 54.
- Nemésio A. 2012a. Methodological concerns and challenges in ecological studies with orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossina). *Bioscience Journal* 28: 118 – 134.
- Nemésio A. 2012b. The western limits of the “Hileia Baiana” for orchid bees, including seven new records for the state of Minas Gerais, eastern Brazil. *Spixiana* 35(1): 109 – 116.
- Nemésio A. 2013. The orchid-bee faunas (Hymenoptera: Apidae) of ‘Parque Nacional do Monte Pascoal’, ‘Parque Nacional do Descobrimento’ and three other Atlantic Forest remnants in southern Bahia, eastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 73 (2): 437 – 446.
- Nemésio A. & E.F. Morato. 2004. Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) of the Humaitá Reserve, Acre state, Brazilian Amazon, with comments on bait trap efficiency. *Revista de Tecnologia e Ambiente* 10(2): 71 – 80.
- Nemésio A. & L.R.R. Faria Jr. 2004. First assessment of orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Apini: Euglossina) of Parque Estadual do Rio Preto, a cerrado area in southeastern Brazil. *Lundiana* 5: 113-117.
- Nemésio A. & E.F. Morato. 2006. The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of Acre state (northwestern Brazil) and a re-evaluation of euglossine bait-trapping. *Lundiana* 7(1): 59 – 64.
- Nemésio A. & F.A. Silveira. 2006. Edge effects on the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at a large remnant of Atlantic rain forest in southeastern Brazil. *Neotropical Entomology* 35(3): 313 – 323.
- Nemésio A., Augusto S.C., E.A.B. Almeida. 2007. *Euglossa decorata* Smith (Hymenoptera: Apidae) in central Brazil – biogeographic implications. *Lundiana* 8(1): 57 – 61.
- Nemésio A. & F.A. Silveira. 2007. Orchid Bee Fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) of Atlantic Forest Fragments inside an Urban Area in Southeastern Brazil. *Neotropical Entomology* 36(2): 186 – 191.

- Nemésio A. & F.A. Silveira. 2010. Forest fragments with larger core areas better sustain diverse orchid bee faunas (Hymenoptera: Apidae: Euglossina). *Neotropical Entomology* 39(4): 555 – 561.
- Nemésio A. & H.L. Vasconcelos. 2013. Beta diversity of orchid bees in a tropical biodiversity hotspot. *Biodiversity Conservation* 22: 1647 – 1661.
- Neves E.D. & B.F. Viana. 1999. Comunidade de machos de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) das matas ciliares da margem esquerda do médio rio São Francisco, Bahia. *Anais da Sociedade Entomológica Brasileira* 28: 201 – 210.
- Oliveira M.R. 1998. **Uma incursão numa Zona Proibida: Zona da Mata Mineira: 1809 – 1850.** Juiz de Fora: Departamento de História/ICHL, p. 9 – 10.
- Oliveira M.L. 2006. Três novas espécies de abelhas da Amazônia pertencentes ao gênero *Eulaema* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Acta Amazonica* 36: 121 – 128.
- Oliveira M.L. 2007. Catálogo comentado das espécies do gênero *Eulaema* Lepeletier, 1841(Hymenoptera: Apidae). *Lundiana* 8: 113 – 136.
- Oliveira-Filho A.T. & M.A.L. Fontes 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32 (4b): 793 – 810.
- Oliveira-Filho A.T., Tameirão-Neto E., Carvalho W.A.C., Werneck M., Brina A.E., Vidal C.V., Rezende S.C., J. A. A. Pereira. 2005. Análise florística do compartimento arbóreo de áreas de Floresta Atlântica *sensu lato* na região das Bacias do Leste (Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro). *Rodriguésia* 56(87): 185 – 235.
- Oliver A.J., Hong-Wa C., Devonshire J., Olea K.R., Rivas G.F., M.K. Gahl. 2011. Avifauna richness enhanced in large, isolated urban parks. *Landscape and Urban Planning* 102: 215 – 225.
- Paula A., Silva A.F., Souza A.L., F.A.M. Santos. 2002. Alterações florísticas ocorridas num período de quatorze anos na vegetação arbórea de uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa-MG. *Revista Árvore* 26(6): 743 – 749.

- Parra-H A. & G. Nates-Parra 2007. Variación de la comunidad de abejas de las orquídeas (Hymenoptera: Apidae) en tres ambientes perturbados del piedemonte llanero colombiano. *Revista de Biología Tropical* 55: 931-941.
- Parra-H A. & G. Nates-Parra. 2012. The ecological basis for biogeographic classification: na example in orchid bees (Apidae: Euglossini). *Neotropical Entomology* 41: 442 – 449.
- Pearson D.L. & R.L. Dressler 1985. Two-year study of male orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) attraction to chemical baits in lowland south-eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology* 1: 37 – 54.
- Pennington R.T., Prado D.E., C.A. Pendry. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261 – 273.
- Peruquetti R.C., Campos L.A.O., Coelho C.D.P., Abrantes C.V.M., L.C.O. Lisboa. 1999. As abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundância, riqueza e aspectos biológicos. *Revista Brasileira de Zoologia* 16: 101 – 118.
- Pielou E.C. 1966. **An introduction to mathematical ecology**. John Wiley & Sons. New York, 286p.
- Pielou E.C. 1975. **Ecological diversity**. New York, John Wiley & Sons. 165p.
- Piha H., Luoto M., J. Merilä. 2007. Amphibian occurrence is influenced by current and historic landscape characteristics. *Ecological Applications* 17: 2298 – 2309.
- Powell A.H. & V.N. Powell 1987. Population dynamics of male euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica*. 19(2): 176 – 179.
- Primack R.B. & E. Rodrigues. 2001. **Biologia da Conservação**. Ed. Planta, Londrina. 328p.
- Ramalho A.V., Gaglianone M.C., M.L. Oliveira. 2009. Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 53(1): 95 – 101.
- Ramírez S.R., Dressler R. & M. Ospina. 2002. Abejas euglossinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Listado de especies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana* 3: 7 – 118.

- Ramírez S.R., Roubik D.W., Skov C., N.E. Pierce. 2010. Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae). *Biological Journal of Linnean Society* 100: 552 – 572.
- Rajão H., Cerqueira R., M.L. Lorini. 2010. Determinants of geographical distribution in Atlantic Forest species of *Drymophila* (Aves: Thamnophilidae). *Zoologia* 27(1): 19 – 29.
- Rebêlo J.M.M. 2001. **História natural das Euglossíneas. As abelhas das orquídeas**. Lithograf editora. São Luís, 152p.
- Rebêlo J.M.M. & C.A. Garófalo. 1991. Diversidade e Sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferências por iscas-odores em um fragmento de floresta no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 51: 787 – 799.
- Rebêlo J. M. M. & J.S. Moure. 1995. As espécies de *Euglossa* Latreille do Nordeste de São Paulo (Apidae, Euglossinae). *Revista Brasileira de Zoologia* 12 (3): 445 – 466.
- Rebêlo J.M.M. & A.J.M. Cabral. 1997. Abelhas *Euglossinae* de Barreirinhas, zona do litoral da Baixada Oriental Maranhense. *Acta Amazonica* 27: 145 – 152.
- Rebêlo J.M.M. & C.A. Garófalo. 1997. Comunidades de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em matas semidecíduas do Nordeste do estado de São Paulo. *Anais da Sociedade Entomológica Brasileira* 26(2): 243 – 255.
- Ricketts T.H. 2004. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology* 18: 1262 – 1271.
- Ricklefs R.E. 2003. **A economia da natureza**, 5ª edição, Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 503 p.
- Rocha-Filho L.C. & C.A. Garófalo. 2013. Community ecology of euglossine bees in the coastal Atlantic Forest of São Paulo State, Brazil. *Journal of insect science* 13:23, disponível no site: <http://insectscience.org/13.23>
- Roubik D.W. & P.E. Hanson. 2004. **Orchid bees of tropical america: biology and field guide**. Heredia. INBio Press. 370 p.

- Saunders D.A., Hobbs R.J., C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation biology* 5(10): 18 – 32.
- Sazima M., Vogel S., Cocucci A., G. Hausner. 1993. The perfume flowers of *Cyphomandra* (Solanaceae): pollination by euglossine bees, bellows mechanism, osmophores and volatiles. *Plant Systematics and Evolution* 187: 55-88.
- Schilinder S., von Werhden H., Poizaridis K., Wrbka T., Kati V. 2013. Multiscale performance of landscape metrics as indicators of species richness of plants, insects and vertebrates. *Ecological Indicators*.
- Silva F.S. & J.M.M. Rebêlo. 1999. Euglossine bees of Buriticupu, Amazônia of Maranhão, Brazil. *Acta Amazonica* 29: 472 – 486.
- Silva F.S. & J.M.M. Rebêlo. 2002. Population dynamics of euglossinae bees (Hymenoptera, Apidae) in an early second-growth forest of Cajual island, in the state of Maranhão, Brasil. *Brazilian Journal of Biology* 62: 15 – 23.
- Silva F.S. 2012. Orchid bee (Hymenoptera: Apidae) community from a gallery forest in the Brazilian Cerrado. *Revista de Biología Tropical* 60: 625 – 633.
- Silveira F.A. & M.J.O. 1995. A melissofauna de Corumbataí (SP) e Paraobeba (MG) e uma análise da biogeografia de abelhas do cerrado brasileiro (Hymenoptera, Apoidea). *Revista brasileira de entomologia* 39(2): 371 – 401.
- Silveira G.C., Nascimento A.M., Sofia S.H., S.C. Augusto. 2011. Diversity of the Euglossine bee community (Hymenoptera, Apidae) of an Atlantic Forest remnant in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55 (1): 109 – 115.
- Silveira G.C., Freitas R.F., Tosta T.H.A., Rabelo L.S., Gaglianone M.C., S.C. Augusto. 2014. The orchid bee fauna in the Brazilian savanna: do forest formations contribute to higher species diversity? *Apidologie*, disponível no site: <http://link.springer.com/journal/13592/onlineFirst/page/1>
- Silveira G.C. 2010. Diversidade e sazonalidade de abelhas Euglossini Latreille (Hymenoptera: Apidae) em duas áreas de mata estacional semidecidual no domínio do Cerrado no Triângulo Mineiro. Dissertação de mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia, 57 p.

- Siminski A. 2004. Formações florestais secundárias como recurso para o desenvolvimento rural e a conservação ambiental no litoral de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais. Universidade Federal de Santa Catarina, 103 p.
- Singer R.B., Marsaioli A.J., Flach A., M.G. Reis. The ecology and chemistry of pollination in Brazilian orchids: recent advances. *Floriculture, ornamental and plant plant biotechnology* 4: 569 – 582.
- Sneath P.H. & R.R. Sokal. 1973. **Numerical Taxonomy**. W.H. Freeman. San Francisco.
- Soares J.M. 2009. Cartografia e ocupação do território: a Zona da Mata mineira no século XVIII e primeira metade do XIX. Anais do III Simpósio luso-brasileiro de cartografia histórica. Ouro Preto, Brasil.
- Sofia S.H. & K.M. Suzuki. 2004. Comunidades de machos de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em fragmentos florestais no Sul do Brasil. *Neotropical Entomology* 33(6): 693 – 702.
- Sofia S.H., Santos A.M., C.R.M. Silva. 2004. Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in a remnant of Atlantic Forest in Paraná State, Brazil. *Inheringia (Zoologia)* 94(2): 27 – 222.
- Souza A.K.P., Hernández M.I.M., C.F. Martins. 2005. Riqueza, abundância e diversidade de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em três áreas da Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22(2): 320 – 325.
- Steffan-Dewenter I., Münzenberg U., Bürger C., Thies C., T. Tschardt. 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollination guilds. *Ecology* 83(5): 1421 – 1432.
- Storck-Tonon D., Morato E.F., M.L. Oliveira. 2009. Fauna de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia Sul-Occidental, Acre, Brasil. *Acta Amazonica* 39: 693 – 706.
- Summerville K.S. & T.O. Crist. 2004. Contrasting effects of habitat quantity and quality on moth communities in fragmented landscapes. *Ecography* 27: 3 – 12.

- Sydney N.V., Gonçalves R.B., L.R.R. Faria. 2010. Padrões espaciais na distribuição de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) da região Neotropical. *Pap. Avulsos Zool.* 50: 667 – 679.
- Tonhasca Jr. A., Blackmer J.L., G.S. Albuquerque. 2002. Abundance and diversity of euglossine bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 34:416 – 422.
- Tonhasca Jr. A., Albuquerque G.S., J.L. Blackmer. 2003. Dispersal of euglossine bees between fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology* 19: 99 – 102.
- Uezu A. & J.P. Metzger. 2011. Vanishing bird species in the Atlantic Forest: relative importance of landscape configuration, forest structure and species characteristics. *Biodiversity Conservation* 20: 3627 – 3643.
- Valverde O. 1958. Estudo regional da zona da mata, de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia* 1: 3 – 82.
- Veloso H.P. & L. Góes-Filho. 1982. **Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical.** Salvador: Projeto RadamBrasil, 86 p.
- Veloso H.P., Rangel Filho A.L.R., Lima J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 123 p.
- Viana B.F., Kleinert A.M.P., E.L. Neves. 2002. Comunidade de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) das dunas litorâneas do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 46:539 – 545.
- Vögeli M., David Serrano D., Pacios F., J.L. Tella. 2010. The relative importance of patch habitat quality and landscape attributes on a declining steppe-bird metapopulation. *Biological Conservation* 143: 1057 – 1067.
- Watson D.M. 2002. A conceptual framework for studying species composition in fragments, islands and other patchy ecosystems. *Journal of Biogeography* 29: 823 – 834.
- Wikelski M., Moxley J., Eaton-Mordas A., López-Urbe M., Holland R., Moskowicz D., Roubik D.W., R. Kays. 2010. Large-range movements of neotropical orchid bees observed via radio telemetry. *Plos One* 5(5): [online] URL: <http://www.plosone.org>

- Williams N.H. & W.M. Whitten. 1983. Orchid floral fragrances and male euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. *Biol. Bull.* 164: 355 – 395.
- Williams N.M. & R. Winfree. 2013. Local habitat characteristics but not landscape urbanization drive pollination visitation and native plant pollination in forest remnants. *Biological Conservation* 160: 10 – 18.
- Winfree R. 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Annals of New York Academy of Science* 1195: 169 – 197.
- Z_GIS Centro de Geoinformação. 2011. **V-LATE - Vector-based Landscape Analysis Tools Extension**. Universidade de Salzburg, Áustria. Disponível em: <<http://www.geo.sbg.ac.at/larg/vlate.htm>>