

ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA
(HYMENOPTERA; APIDAE) E VARIABILIDADE GENÉTICA DE
Eulaema cingulata Fab. EM FRAGMENTOS FLORESTAIS NO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO

WILLIAN MOURA DE AGUIAR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO-UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ
SETEMBRO DE 2011

ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA
(HYMENOPTERA, APIDAE) E VARIABILIDADE GENÉTICA DE
Eulaema cingulata Fab. EM FRAGMENTOS FLORESTAIS NO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO

WILLIAN MOURA DE AGUIAR

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

Orientadora: Maria Cristina Gaglianone

Coorientadora: Silvia Helena Sofia

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.

SETEMBRO DE 2011.

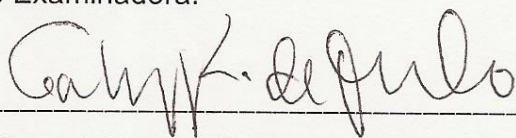
ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA
(HYMENOPTERA, APIDAE) E VARIABILIDADE GENÉTICA DE
Eulaema cingulata Fabr. EM FRAGMENTOS FLORESTAIS NO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO

WILLIAN MOURA DE AGUIAR

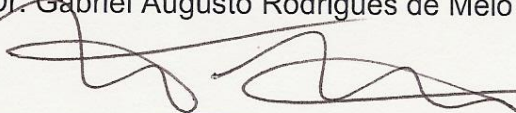
Tese apresentada ao Centro de Biociências
e Biotecnologia, da Universidade Estadual
do Norte Fluminense como parte das
exigências para obtenção do título de Doutor
em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 12 de setembro de 2011.

Comissão Examinadora:



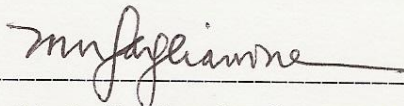
Prof. Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo (Doutor em Entomologia) –UFPR



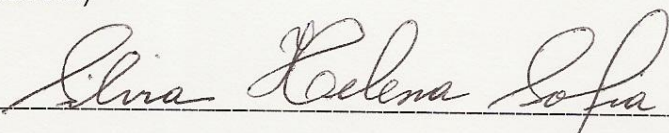
Prof. Dr. Marcelo Trindade Nascimento (Doutor em Ecologia)-UENF



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



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



Prof^a. Dr^a: Silvia Helena Sofia (Doutora em Zoologia)-UEL- (Coorientadora)

FICHA CATALOGRÁFICA

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

439 / 2012

Aguiar, Willian Moura de

Estrutura das comunidades de abelhas Euglossina e variabilidade genética em populações de *Eulaema cingulata* (Fab.) em fragmentos florestais no Estado do Rio de Janeiro / Willian Moura de Aguiar. -- Campos dos Goytacazes, 2011.

xix, 148, [2] f. : il.

Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – 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. 129-148

1. Abelhas Euglossina 2. Fragmentação 3. Estrutura de comunidades
4. Estrutura genética 5. Conservação da biodiversidade I. Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro II. Título

595.79
A282e

Dedico à toda minha família.

Agradecimentos

Agradeço...

À Deus por ter colocado todas essas pessoas abaixo relacionadas na minha vida.

À minha orientadora Maria Cristina Gaglianone por ter acreditado no meu esforço e capacidade desde o mestrado e por ter compartilhado de todo seu conhecimento durante esses anos. Tenho certeza que essa parceria continuará!!!

À minha coorientadora Silvia Helena Sofia por ter aceitado essa empreitada e por compartilhar do seu conhecimento, sua amizade e pelos maravilhosos momentos e por me convidar para tomar um chopp nos momentos em que tudo parecia dar errado.

Aos membros do Laboratório de Ciências Ambientais-LCA, Professora Ana Paula Madeira Di Benedetto e Professor Marcelo Trindade Nascimento, pelos conselhos e pelo direcionamento dado ao trabalho.

Aos membros da banca por terem aceitado o convite.

Às revisoras desta tese, Profa. Ana Paula M. Di Benedetto e Adriana Daudt Grativol pelas correções e grande contribuição dada no documento final.

Ao Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo pelo auxílio na identificação taxonômica das abelhas.

Ao Projeto de Gerenciamento Integrado de Agroecossistemas no Norte-Noroeste Fluminense (RIO RURAL/GEF) que suporte financeiro, que permitiu a realização das milhares saídas de campo durante o doutorado.

Aos proprietários rurais que cederam gentilmente os fragmentos para que os estudos fossem realizados.

À Emater dos municípios de Trajano de Moraes, São José de Ubá e Campos dos Goytacazes e à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento-SEAPPA-RJ pelo suporte logístico dado durante o período de estudos.

A Faperj pela bolsa concedida e à UENF pela infra-estrutura cedida.

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD/CAPES) 158/2007 que permitiu o intercâmbio para realização das análises genéticas na Universidade Estadual de Londrina.

À minha esposa Taise e ao meu filho Arthur, pela paciência, companheirismo, pelas inúmeras leituras dessa tese, pelos momentos de força e incentivo durante todo o doutorado, pela dedicação e pela família que constituímos.

Aos meus familiares, em especial meu pai Gelson e minha mãe Penha, pelo incentivo, compreensão, carinho e palavras de conforto nos momentos difíceis.

Aos Amigos do LCA, Marcela, Gisele, Elaine, Fred Lage, Mauricio, Karla, Dani, Vanessa, Ligia, Bruno Esteves, Bruno Masi, Gustavo, Mateuzinho, Fofuxo, Thiago Pedrosinha, Renatinho (Geoprocessamento) pelo companheirismo e momentos de descontração.

Aos meus colegas de laboratório, Mariana, Fred, Marcelita, Zé Luiz, Guilherme, Giselle e André pela amizade, trocas de informações, companheirismo e momentos de descontração. Agradeço em especial ao Fred, que foi meu fiel companheiro de doutorado, o cara que participou de todos os campos e com quem tive a maior troca de ideias, muitas dessas inseridas nessa tese. Valeu meu velho!!!

Aos meus colegas do Laboratório de Genética Animal-LAGEA, Karen, Alessandra, Gabriela, Leandro e Douglas por compartilharem a bancada, as pipetas e o bendito termociclador. Obrigado por terem ajudado nos momentos em que tudo só dava errado e por comemorarem no momento em que a coisa finalmente andou. Agradeço também à Prof^a: Leda e Prof^a: Fernanda pelo auxílio e palavras de incentivo no momento que as reações paravam de amplificar. Ao Yuldi, Armando, Jota e Nath pessoas que fizeram meu tempo passar mais rápido principalmente pelos momentos de descontração.

A família do Douglas que me acolheu em Londrina, Dona Terezinha e Sr. Onilson, pelo carinho, amizade, pelas pescarias, churrascos e os bons momentos que me proporcionaram, meu Muito Obrigado!!!!

À todos os membros do Laboratório de Ciências Ambientais pelo acolhimento e amizade durante todos esses anos.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigado!

SUMÁRIO

Lista de Figuras	XII
Lista de Tabelas	XV
Anexo	XVI
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XIX
Introdução Geral	
Estrutura de comunidades de abelhas Euglossina	1
Sazonalidade e padrão de dominância em Euglossina	3
Fatores que influenciam na estrutura da comunidade de abelhas Euglossina	4
A estrutura genética das populações e estudos genéticos com o grupo Euglossina	13
Áreas de Estudo	
O Bioma Mata Atlântica	14
As formações Fitofisionômicas	17
Objetivos	24
1.0. Capítulo 1- ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA, APIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DE MATA ATLÂNTICA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	25
1.1. Resumo	26
1.2. Abstract	27
1.3. Introdução	28
1.4. Material e Métodos	29
1.4.1. Áreas de Estudo	29
1.4.2. Coleta de dados	30
1.4.3. Análise de dados	31
1.5. Resultados	34
1.6. Discussão	44
1.7. Conclusões	52
2.0. Capítulo 2- EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO SOBRE AS COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA; APIDAE) EM ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA	53
2.1. Resumo	54
2.2. Abstract	55
2.3. Introdução	56
2.4. Material e Métodos	58
2.4.1. Áreas de Estudo	58
2.4.2. Coleta de dados	58
2.4.3. Medidas paisagísticas dos fragmentos	59

2.4.4. Análise de dados	62
2.5. Resultados	62
2.6. Discussão	70
2.7. Conclusões	76
3.0. Capítulo 3- COMPOSIÇÃO DE ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA; APIDAE) EM ÁREAS DE MATRIZES NO NORTE E NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO-BRASIL	77
3.1. Resumo	78
3.2. Abstract	79
3.3. Introdução	80
3.4. Material e Métodos	82
3.4.1. Áreas de Estudo	82
3.4.2. Coleta de dados	83
3.4.3. Análise de dados	84
3.5. Resultados	85
3.6. Discussão	92
3.7. Conclusões	97
4.0. Capítulo 4- ESTRUTURA POPULACIONAL E DIVERSIDADE GENÉTICA DE <i>Eulaema cingulata</i> (HYMENOPTERA; APIDAE; EUGLOSSINA) EM REMANESCENTES DE MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE DO BRASIL.	98
4.1. Resumo	99
4.2. Abstract	100
4.3. Introdução	101
4.4. Material e Métodos	103
4.4.1. Áreas de Estudo	103
4.4.2. Coleta das abelhas	107
4.4.3. Extração do DNA e obtenção dos marcadores microssátelites	108
4.4.4. Análise dos dados	109
4.5. Resultados	111
4.6. Discussão	117
4.7. Conclusões	122
4.8. Anexo	123
Considerações finais	126
Referências Bibliográficas	128

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

- Figura 1: Vista geral de uma abelha Euglossina, *Euglossa inflata* Roubik (Fonte: Extraída de Roubik 2004). 2
- Figura 2: Domínio de Mata Atlântica e remanescentes florestais no Bioma (Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica & INPE) 15
- Figura 3. Cobertura vegetal no estado do Rio de Janeiro (Extraído de Fundação SOS Mata Atlântica & INPE 2008). 16
- Figura 4. Distribuição da Mata Atlântica pelos estados brasileiros e seus ecossistemas associados (Fonte: Fundação SOS MATA ATLÂNTICA/INPE 2010). 18
- Figura 5: Localização das áreas estudadas no estado do Rio de Janeiro. As áreas em preto no mapa do estado do Rio de Janeiro indicam os tipos fitofisionômicos (FEST, FESS, FODM e *Inselberg*) estudados. Áreas em preto nos quadros ampliados representam os fragmentos estudados em cada tipo fitofisionômico e áreas em cinza são os fragmentos existentes na região. 23
- ### Capítulo 1
- Figura 1: Áreas estudadas no estado do Rio de Janeiro. As áreas pretas no mapa do estado do Rio de Janeiro indicam a região do estado em que o fragmento está localizado. Áreas em preto nos quadros ampliados representam o tipo fitofisionômico estudado. FEST-Floresta Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro, FESS-Floresta Estacional Semidecidual Submontana; FODM-Floresta Ombrófila Densa Montana e *Inselberg*-Floresta Estacional Semidecidual Submontana com afloramentos rochosos. Áreas em cinza representam os fragmentos existentes na região. 30
- Figura 2: Distribuição da ordem de abundância das espécies de abelhas Euglossina em quatro taxocenoses no estado do Rio de Janeiro. A siglas seguem como na Figura 1. 37
- Figura 3: Curvas de rarefação estimadas através de 1000 simulações para o parâmetro de riqueza de espécies de abelhas Euglossina em função da abundância amostrada nas áreas de diferentes fitofisionomias no estado do Rio de Janeiro. 38
- Figura 4: Dados climáticos (a) e sazonalidade para a comunidade de abelhas Euglossina (b) para as quatro fitofisionomias estudadas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. 4c a 5f representam a sazonalidade para as espécies mais abundantes (*Euglossa securigera*, *Eulaema cingulata*, *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata*. 40

Figura 5: Abundância mensal das espécies mais abundantes nas fitofisionomias estudadas no norte-noroeste do estado do Rio de Janeiro: a) <i>Eulaema cingulata</i> ; b) <i>Euglossa securigera</i> , <i>Eulaema nigrita</i> e <i>Euglossa cordata</i> . Estão representados os valores máximos e mínimos de indivíduos (barras), os intervalos interquartis de 25% (caixas) e a mediana (linha dentro da caixa).	41
Figura 6: Diagrama da análise de correspondência canônica (ACD) das áreas estudadas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, relativo à composição de espécies de Euglossina. Des1-9: áreas da região do Desengano, Uni: Reserva Biológica União, EST: Estreito, And: Andorinhas, Imb: Imbaú, Aft: Afetiva, Quei e Pres: Mata do Carvão (Queimada e Preservada), FUN: Funil, FEST: Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, Mata dos Tabuleiros, FODM: Floresta Ombrófila Densa Montana, FESS: Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Inselberg: Floresta Estacional Semidecidual com afloramentos rochosos.	43
Capítulo 2	
Figura 1: Localização dos fragmentos florestais estudados quanto aos efeitos da fragmentação sobre as comunidades de abelhas Euglossina no estado do Rio de Janeiro entre maio/07 e julho/09. Áreas em preto indicam fragmentos estudados, áreas contornadas indicam fragmentos não estudados. As siglas estão descritas na Tabela I (Imagem: Geoprocessamento-LCA/UENF).	60
Figura 2: Categorias de abundância das espécies de Euglossina para cada fragmento estudado no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. O número em cada linha mostra as espécies de abelhas mais abundantes em cada fragmento amostrado como segue: 1- <i>Eulaema nigrita</i> ; 2- <i>Euglossa cordata</i> ; 3- <i>Eulaema cingulata</i> ; 4- <i>Euglossa securigera</i> e 5- <i>Euglossa annectans</i> .	65
Figura 3: Curvas de rarefação para a riqueza de espécies nos 18 fragmentos florestais estudados no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, obtidas através de 1000 simulações.	66
Figura 4: Correlações de Pearson ($\alpha=0,05$) entre os parâmetros da comunidade de abelhas Euglossina (abundância, riqueza, diversidade e dominância) amostradas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro e as variáveis da paisagem (área do fragmento, isolamento, perímetro e forma).	68
Capítulo 3	
Figura 1: Localização das áreas de estudo no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. 1: Mata do Carvão (Matriz de cana e múltiplos usos), 2: Mata da Prosperidade (Matriz de pastagem), 3 e 4: Mata da Cabecinha e Mata do Sr. Elpideo (Matriz de eucalipto e banana, respectivamente).	83
Figura 2: Esquema da disposição dos pontos de amostragem no fragmento e na matriz circundante de cada área estudada.	84

Figura 3: Abundância (A), riqueza (B), diversidade (C) e dominância (D) para a comunidade de abelhas <i>Euglossina</i> sob influência de matrizes de eucalipto, banana, cana-de-açúcar, múltiplos usos do solo e pastagem entre os meses de maio/07 e julho/09.	86
Figura 4: Abundância das espécies mais representativas das áreas sob influência de diferentes matrizes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses de maio/07 e julho/09. Múltiplos: Refere-se à matriz de múltiplos usos do solo.	88
Figura 5: Correlações de Pearson entre a abundância e riqueza nos diferentes pontos amostrais em fragmentos florestais sob influência de diferentes matrizes entre os meses maio/07 e julho/09. A= matriz de eucalipto; B: matriz de banana, C: Matriz de múltiplos usos do solo, D: mMatriz de cana-de-açúcar e E: Matriz de Pastagem.	90
Figura 6: Similaridade de Morisita para a comunidade de <i>Euglossina</i> nos diferentes pontos amostrais em fragmentos florestais sob influência de diferentes matrizes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses maio/07 e julho/09. A= Matriz de eucalipto; B: Matriz de banana, C: Matriz de múltiplos usos do solo, D: Matriz de cana-de-açúcar e E: Matriz de Pastagem.	91
Capítulo 4	
Figura 1: Localização das áreas de amostragem de <i>Eulaema cingulata</i> , no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. CAB, ELP e HORTO são fragmentos formados por Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM); ITA, FSJU e PROSP consistem de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESS); CAR, FSFI e MICO são caracterizados por Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (Mata de Tabuleiro) (FEST) e UNI é caracterizado por Floresta Ombrófila Densa de Baixada (FODB). As áreas em cinza no mapa indicam remanescentes de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro.	104
Figura 2: Curvas de rarefação representando o tamanho da amostra, média, limite superior e inferior do número de alelos para três locos. O loco 2J (considerado de alto polimorfismo), 12A (médio polimorfismo) e 13 (baixo polimorfismo) para a abelha <i>Eulaema cingulata</i> .	112
Figura 3: Correlação linear de Pearson entre os valores estimados pelo índice de fixação ϕ_{ST} para populações de <i>Eulaema cingulata</i> e as variáveis de tamanho, perímetro e isolamento do fragmento florestal estudado.	116
Figura 4: Correlação linear de Pearson entre a heterozigiosidade média esperada para populações de <i>Eulaema cingulata</i> e as variáveis de tamanho, perímetro e isolamento do fragmento florestal estudado no estado do Rio de Janeiro.	116
Figura 5: Correlação linear de Pearson entre a riqueza de alelos para populações de <i>Eulaema cingulata</i> e as variáveis de tamanho, perímetro e isolamento do fragmento florestal estudado no estado do Rio de Janeiro.	117

LISTA DE TABELAS

Introdução Geral

Tabela 1: Informações referentes ao local de estudo, domínio, formação florestal, abundância, riqueza, tamanho da área estudada, altitude, precipitação média, método de captura e número de iscas utilizadas. AC=América Central, AM=Domínio Floresta Amazônica, CA=Domínio Caatinga, CE=Domínio Cerrado, MA=Domínio Mata Atlântica, MAN=Domínio Mata Atlântica (Área de Mangue), RE=Domínio Mata Atlântica (Restinga). !=Dados indisponíveis nos trabalhos, Mcap=Métodos de captura, rede=Rede entomológica, Arm=Armadilha e Obs=Observação sem captura. 10

Capítulo 1

Tabela1: Composição, riqueza, abundância, diversidade, dominância e uniformidade da comunidade de abelhas da subtribo Euglossina utilizando dois métodos de captura, em diferentes fitofisionomias de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. As coletas foram realizadas entre os meses de maio de 2008 e abril de 2009 no *Inselberg* e de agosto de 2008 a julho de 2009 nas demais fitofisionomias. FEST: Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (Mata dos Tabuleiros), FODM: Floresta Ombrófila Densa Montana, FESS: Floresta Estacional Semidecidual Submontana, *Inselberg*: Floresta estacional semidecidual com afloramentos rochosos. * amostradas fora do período de amostragem. 36

Tabela 2: Correlação de Pearson entre os eixos 1 e 2 da análise de correspondência destendenciada (ACD) e as variáveis precipitação, temperatura, umidade e altitude das áreas estudadas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, relativo à composição de espécies de Euglossina. 44

Capítulo 2

Tabela 1: Localização geográfica e medidas paisagísticas das áreas de estudo na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. 61

Tabela 2: Composição, abundância, riqueza, diversidade, dominância e uniformidade das comunidades de abelhas Euglossina amostradas em 18 fragmentos florestais no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses de maio/07 e julho/09. Siglas estão listadas na tabela 1. T= Floresta Estaciocional Semidecidual das Terras Baixas (Matas dos tabuleiros), S= Floresta Estacional Semidecidual Submontana e M= Floresta Ombrófila Densa Montana. OC= Número de áreas em que a espécie ocorreu, TF= Tipo fitofisionômico em que a espécie ocorreu. 64

Tabela 3: Valores de correlação de Pearson entre as espécies de Euglossina amostradas e as variáveis da paisagem de todos os fragmentos florestais analisados. 67

Tabela 4: Similaridade de Renkonen entre as comunidades de abelhas <i>Euglossina</i> amostradas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses de maio/07 e julho/09. Quadros em cinza claro representam as comparações dentro do mesmo tipo fitofisionômico e quadros em cinza escuro são as comparações entre os tipos fitofisionômicos.	69
Capítulo 3	
Tabela 1: Composição, abundância, riqueza, diversidade e dominância nas comunidades de abelhas <i>Euglossina</i> nos pontos de amostragem sob influência de diferentes matrizes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, amostradas entre maio/07 e julho/09.	87
Capítulo 4	
Tabela 1: Áreas de estudo, localização geográfica, tamanho das áreas, tipo de vegetação e número de indivíduos de <i>E. cingulata</i> analisados por área no estado do Rio de Janeiro. FODM= Floresta Ombrófila Densa Montana, FEST= Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (Mata de Tabuleiro), FESS= Floresta Estacional Semidecidual Submontana e FODB= Floresta Ombrófila Densa Baixada.	105
Tabela 2: Distância geográfica entre os pares de fragmentos florestais com populações de <i>E. cingulata</i> analisadas no estado do Rio de Janeiro.	107
Tabela 3: Número de alelos (A), heterozigosidade esperada (H_e) por locos e por população (H_T), diversidade de Shannon (H') e número total de alelos (A_T) encontrados nas 10 fragmentos florestais estudados para <i>Eulaema cingulata</i> no estado do Rio de Janeiro. N : número de indivíduos analisados em cada área de estudo.	113
Tabela 4: Comparação par a par para os valores estimados de diferenciação por ϕ_{ST} (diagonal abaixo); comparação par a par para os valores estimados de diferenciação por D_{est} (diagonal acima). As duas últimas linhas mostram o índice de fixação (ϕ_{ST}) e o isolamento (I) para cada área estudada. Valores em negrito indicam baixa diferenciação genética entre os pares comparados.	115
ANEXO	
Anexo1: Frequência alélica para os sete locos de microssatélites (ELN2J, ELN1, ELN13, ELN19J, ELN10J, ELN12B e ELN12A) nas 10 populações de <i>Eulaema cingulata</i> estudadas em fragmentos florestais no estado do Rio de Janeiro.	123

RESUMO

ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA E VARIABILIDADE GENÉTICA EM POPULAÇÕES DE *Eulaema cingulata* Fab. EM FRAGMENTOS FLORESTAIS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO- As abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) são popularmente conhecidas como abelhas das orquídeas, devido a sua estreita relação com a polinização de Orchidaceae. Essas abelhas são polinizadores essenciais em florestas tropicais e a estrutura das comunidades dessas abelhas pode ser influenciada pelas por fatores climáticos, vegetacionais, competição com espécies similares e fatores históricos. Adicionalmente, a fragmentação, a perda de habitat e o tipo de matriz ao redor dos fragmentos podem afetar significativamente a riqueza, abundância e diversidade dessas abelhas, diminuindo os serviços de polinização o que provoca redução de fluxo gênico entre espécies vegetais e entre a própria comunidade de abelhas Euglossina. Sendo assim este estudo teve como objetivos: 1-Inventariar e comparar a fauna de Euglossina em diferentes formações fitofisionômicas no estado do Rio de Janeiro identificando alguns fatores abióticos que podem interferir na composição, riqueza, diversidade e no padrão de abundância dessas abelhas; 2: Verificar os efeitos da fragmentação florestal sobre a comunidade de abelhas Euglossina em fragmentos de Mata Atlântica; 3: Examinar se a matriz em torno do fragmento florestal interfere na dispersão das espécies de abelhas Euglossina e 4: Avaliar a estrutura genética populacional de *Eulaema cingulata* (Fabricius), uma espécie comum nos fragmentos florestais no estado do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos revelaram que a composição e a abundância diferem entre as fitofisionomias e que a pluviosidade, altitude e temperatura são os fatores que atuam mais fortemente nessas diferenças. Os processos advindos da fragmentação e da perda de hábitat afetam significativamente os parâmetros das comunidades de abelhas Euglossina na Mata Atlântica. Espécies mais abundantes como, *Eulaema nigrita* Lep., *E. cingulata* e *Euglossa cordata* (L.) demonstraram ocupar os fragmentos independentemente do tamanho, perímetro, forma e isolamento do fragmento florestal. No entanto as espécies raras como, *Euglossa crassipunctata* Moure, *Euglossa truncata* Rêbello & Moure e *Eufriesea violacea* (Blanchard) e foram mais criticamente afetadas pela fragmentação florestal, ocorrendo somente nas áreas bem preservadas. Em áreas de matrizes no entorno de fragmentos, *Euglossa securigera* Moure, *Euglossa fimbriata* Dressler e *Eulaema cingulata*, demonstram ter sua abundância

significativamente afetada, enquanto *Euglossa crassipunctata*, *Euglossa truncata* e *Eufriesea violacea* foram extintas. Os dados genéticos demonstraram que a diversidade genética de *Eulaema cingulata* se manteve alta nas áreas estudadas, mas os valores acentuados de diferenciação genética indicam que o fluxo gênico, se existente, não ocorre igualmente entre as populações. Os resultados indicam que, apesar de *E. cingulata* ser uma espécie aparentemente persistente em ambientes alterados, suas populações estão sendo negativamente afetadas pelo processo de fragmentação das áreas estudadas.

ABSTRACT

STRUCTURE OF COMMUNITIES OF EUGLOSSINE BEES AND GENETIC VARIABILITY of *EULAEMA CINGULATA* Fab. In FOREST FRAGMENTS IN THE RIO DE JANEIRO STATE

Euglossine bees (Hymenoptera; Apidae; Euglossina) are commonly known as orchid bees because of their close relationship with the Orchidaceae. These bees are essential pollinators in tropical forests and the structure of their communities may be influenced by climate, vegetation, competition with similar species and historical factors. In addition, the fragmentation, habitat loss and the matrix surrounding the fragments can significantly affect the richness, abundance and diversity of these bees, reducing pollination services. Decreased pollination can cause the reduction of gene flow among plant species and affect also the euglossine bee community itself. So this study aims at: 1- to identify and compare the euglossine bee fauna in different phytogeographies in the Rio de Janeiro state, identifying some abiotic factors that may influence the composition, richness, diversity and abundance pattern of these bees; 2: To assess the effects of forest fragmentation on the euglossine bee community in fragments of Atlantic Forest, 3: To check if the matrix surrounding the forest fragment interferes in the dispersal of euglossine bee species and 4: To evaluate the genetic structure of *Eulaema cingulata* (Fabricius) populations in forest fragments in Rio Janeiro state. The results showed that the composition and abundance differ among phytogeographies and rainfall, altitude and temperature act strongly on these differences. The processes arising from the fragmentation and habitat loss affect significantly the parameters of the euglossine bee communities in the Atlantic forest. Most abundant species as *Eulaema nigrita* Lep., *E. cingulata* and *Euglossa cordata* (L.) occupied the fragments regardless of size, perimeter, shape and isolation of the areas. Nevertheless uncommon species or rare in well-preserved fragments such as *Euglossa crassipunctata* Moure, *Euglossa truncata* Rebelo & Moure and *Eufriesea violacea* (Blanchard) were critically impacted by forest fragmentation. On areas of matrices, *Euglossa securigera* Moure, *Euglossa fimbriata* Dressler and *Eulaema cingulata* demonstrated pattern of abundance have significantly affected, while *Euglossa crassipunctata*, *Euglossa truncata* and *Eufriesea violacea* were extinct. The genetic data of *Eulaema cingulata* showed that genetic diversity is maintained high in the studied areas, but the high genetic differentiation indicate that gene flow, if

it exists, does not occurs similarly among populations. The results indicate that, despite *E. cingulata* be persistent in changing environments, its populations seem to be negatively affected by the fragmentation of the studied areas.

INTRODUÇÃO GERAL

Estrutura de comunidades de abelhas Euglossina

As abelhas da subtribo Euglossina (Hymenoptera, Apidae, Apini, *sensu* Silveira *et al.* 2002) contêm as abelhas conhecidas popularmente como “abelhas de orquídeas” (Dressler 1982) devido à estreita relação com algumas subtribos da família Orchidaceae, especialmente Stanhopeinae, Catasetiinae, Zygopetaliinae e algumas espécies de Oncidiinae (Ackerman 1983, Singer 2004). Essas abelhas estão compreendidas em cinco gêneros (*Eulaema*, *Eufriesea*, *Euglossa*, *Exaerete* e *Aglae*) com mais de 200 espécies distribuídas na região neotropical (Dressler 1982).

As abelhas Euglossina formam um grupo particular dentro da família Apidae por apresentarem, frequentemente, integumento metálico, glossa bastante longa e, no caso dos machos (Figura 1), as pernas são modificadas para obtenção, transferência e metabolização de substâncias aromáticas que são utilizadas no comportamento de acasalamento (Dressler 1982, Eltz *et al.* 1999, Silveira *et al.* 2002, Roubik & Hanson 2004). Os hábitos de nidificação desta subtribo ainda são pouco estudados devido à grande dificuldade de se encontrar seus ninhos, que podem estar localizados em termiteiros, formigueiros, sob pedras, em barrancos ou em cavidades em árvores, bambu, no solo, ou ainda em cavidades feitas por atividades humanas, como em blocos de cimento (Dressler 1982a, Garófalo *et al.* 1993, Garófalo 1994, Marquez 2008, Silva 2009). Embora muitas espécies sejam solitárias, foram descritos comportamentos considerados de grau de sociabilidade intermediário entre comunal e eussocial (Dressler 1982), como para *Euglossa cordata* L. (Augusto & Garófalo 1994) e *Euglossa townsendi* (Cockerell) (Augusto & Garófalo 2004)

Uma fêmea de Euglossina pode voar cerca de 2.000 km durante seu tempo de vida, enquanto os machos possivelmente voam distâncias maiores (Roubik & Hanson 2004). Dados obtidos por Janzen (1971) sugerem que essas abelhas possam voar longas distâncias, de 1 a 5 km sobre a água, e 23 km retornando ao ninho no mesmo dia. Esta grande capacidade de vôo é um dos fatores associados à importante função de polinizadores que exercem nas florestas neotropicais (Oliveira & Campos 1995). Essas abelhas aparentemente forrageiam longas distâncias e visitam plantas repetidamente em sua rota de alimentação ao longo do dia, durante

vários dias sucessivos; esta estratégia de forrageamento, conhecida como “trap-lining”, e a fidelidade às plantas fazem com que estas abelhas provavelmente promovam o cruzamento entre plantas tropicais com população de baixa densidade ou com distribuição esparsa (Janzen 1971, Ackerman *et al.* 1982). Um estudo realizado por Wikelski *et al.* (2010) utilizando microrádio de telemetria confirmou a grande capacidade de vôo dessas abelhas. Os resultados obtidos nesse estudo indicaram que os machos de *Exaerete frontalis* (Guérin-Méneville) utilizam grande área de floresta tropical diariamente (pelo menos 42-115 ha). A telemetria localizou indivíduos em até 5 km de distância de sua área central.

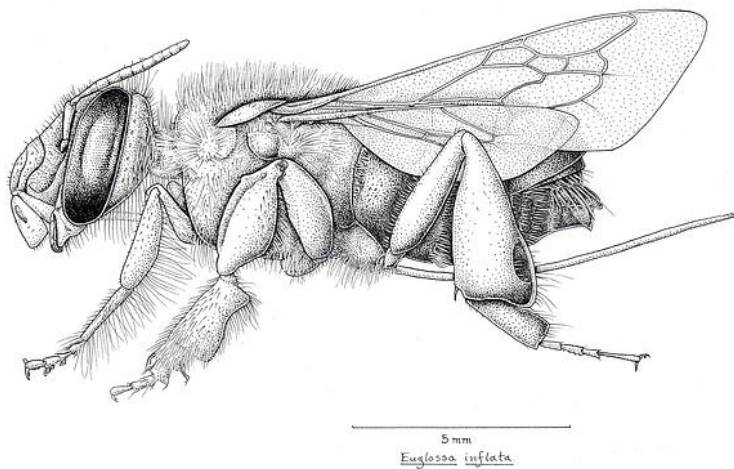


Figura 1: Vista geral de *Euglossa inflata* Roubik (Fonte: Extraída de Roubik 2004).

A maior diversidade de espécies de Euglossina é encontrada em ambientes de florestas equatoriais, embora várias espécies ocorram em florestas de galeria e cerrado (Dressler 1982; Neves & Viana 1999; Oliveira 2000; Alvarenga *et al.* 2007) (Tabela 1). De modo geral, maior riqueza de Euglossina tem sido registrada na Bacia Amazônica e na América Central, com cerca de 110 e 80 espécies, respectivamente (Dodson *et al.* 1969; Ackerman 1989; Nemésio & Silveira 2007a). No Panamá e Costa Rica estão presentes cerca de 40% das espécies descritas de Euglossina. Segundo Roubik & Hanson (2004) esse número de espécies conhecidas pode representar cerca de um terço das espécies viventes, tendo em vista que muitas regiões ainda não foram amostradas.

Estudos na região Amazônica revelaram alta riqueza de espécies nas serras do norte do estado do Amazonas (48 espécies, segundo Dias, 2007) e na Amazônia Peruana (33 espécies, de acordo com Rasmussen 2009). Em regiões de Mata

Atlântica essa riqueza variou entre 8 e 17 espécies (Peruquetti *et al.* 1999, Tonhasca *et al.* 2002a, Nemésio & Silveira 2007a, Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009).

Sazonalidade e padrão de dominância em Euglossina

De modo geral, a composição, riqueza e abundância das abelhas Euglossina mudam sazonalmente (Janzen *et al.* 1982, Ackerman 1983, Rebêlo & Garófalo 1997). Mesmo que a maioria das espécies tenha atividade dos adultos durante todo o ano, as populações são dinâmicas e possuem picos de abundância distintos e períodos de menor número de indivíduos em atividade.

Experimentos com iscas aromáticas para captura de machos de Euglossina, acompanhados de extensos censos desses machos em flores de *Spathiphyllum* (Araceae) na Ilha do Barro Colorado no Panamá (Ackerman 1983) corroboram a existência de sazonalidade nas comunidades dessas abelhas. De acordo com Roubik & Hanson (2004), as comunidades de abelhas Euglossina nas florestas de terras baixas da região central do Panamá mostram-se mais abundantes desde meados da estação seca até o início da estação chuvosa, período em que a comunidade aumenta visivelmente de tamanho e as abelhas predominantes são menores, sobretudo as do gênero *Euglossa*. Esse padrão de sazonalidade também foi observado na região sudeste do Brasil, no domínio de Mata Atlântica (Tonhasca *et al.* 2002a; Aguiar & Gaglianone 2008a; Ramalho *et al.* 2009). Entretanto, os dados de sazonalidade nessa região apresentam grande variabilidade. Dados obtidos em diferentes domínios vegetacionais, como no estado da Paraíba, mostraram que de modo geral as espécies apresentam maior abundância de indivíduos nos períodos mais secos em áreas de mata, enquanto em áreas de dunas são homoganeamente distribuídas nos períodos seco e chuvoso (Farias *et al.* 2008).

Ackerman (1983) explicou as flutuações sazonais na abundância das espécies como decorrência, provavelmente, dos padrões locais de nidificação e emergência das abelhas e, ainda, das variações na disponibilidade de recursos. Embora alguns indivíduos realmente se desloquem por longas distâncias, isso não é responsável pelo fenômeno sazonal observado nas comunidades de Euglossina.

A abundância de indivíduos em Euglossina parece obedecer a um padrão, com a predominância de poucas espécies com muitos indivíduos e muitas espécies com poucos indivíduos (Janzen *et al.* 1982, Bezerra & Martins 2001, Souza *et al.*

2005). No caso dos estudos de Souza *et al.* (2005), Aguiar & Gaglianone (2008a) e Ramalho *et al.* (2009), as três espécies mais abundantes na amostragem representaram mais de 60% dos espécimes amostrados.

Fatores que influenciam na estrutura das comunidades de abelhas Euglossina

A estrutura de uma comunidade pode ser influenciada pela distribuição geográfica das espécies, que é determinada por fatores, como clima, vegetação, competição com espécies similares e fatores históricos (Rosenzweig 1995; Roubik & Hanson 2004). No caso das abelhas Euglossina, outros fatores críticos sobre a distribuição das espécies estão relacionados aos recursos, tais como locais de nidificação, fontes de pólen, néctar, resina e possivelmente parasitas (Roubik & Hanson 2004). Abelhas cleptoparasitas, como *Exaerete*, dependem da presença do hospedeiro (Wcislo & Cane 1996; Nemésio & Silveira 2006a).

As diferenças na composição florística local e na disponibilidade de recursos podem ser fatores importantes na variação da riqueza e composição das espécies de Euglossina (Souza *et al.* 2005). Ramirez *et al.* (2002) destacaram as variações altitudinais entre os principais fatores que influenciam na distribuição geográfica destas abelhas. Dias (2007) reportou que a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos de Euglossina não diferenciaram significativamente com o gradiente de altitude (50-2150 m) na região Amazônica; porém mostraram uma forte tendência de diminuição a partir de 1000 m de altitude. Por outro lado, a composição de espécies apresentou diferenças significativas com a altitude.

De acordo com Nemésio & Silveira (2006b), as variações na abundância de indivíduos em Euglossina podem resultar de pequenas alterações na incidência da luz, temperatura e umidade e outras variáveis difíceis de mensurar, como a dispersão do odor dentro da floresta. Outro aspecto é discutido por Viana *et al.* (2006) para explicar a variação na abundância de abelhas Euglossina; segundo esses autores a densidade do sub-bosque, de plantas lenhosas e de folhagem no estrato superior da floresta influenciam a abundância de indivíduos e a riqueza de espécies de Euglossina.

Diversos trabalhos realizados na região neotropical elucidam algumas indicações supracitadas. Mesmo sabendo dos problemas quanto às comparações entre dados referentes às comunidades de Euglossina, em decorrência das diferenças nos métodos de captura, no uso de iscas aromáticas, no esforço de

amostragem em cada área e dos problemas taxonômicos no grupo (Aguiar & Gaglianone 2008a; Nemésio 2009), com base nos trabalhos citados na Tabela 1 podemos observar alguns padrões ou tendências para a comunidade de Euglossina:

1º- A riqueza e abundância de Euglossina, de maneira geral, são maiores na América Central (Costa Rica e Panamá) e na região amazônica, principalmente em Florestas Tropicais Ombrófilas de Baixada e Florestas de Terra Firme, onde a altitude média não ultrapassa 250 m, os índices pluviométricos são acima de 2000 mm anuais e as florestas são contínuas ou pouco fragmentadas.

2º- Áreas de Mata Atlântica apresentam fauna de Euglossina com riqueza e abundância muito heterogêneas. No domínio de Mata Atlântica ao sul do Brasil, a riqueza de espécies varia de cinco a nove nos estudos realizados no Paraná e Rio Grande do Sul (Wittmann *et al.* 1988, Sofia & Suzuki 2004, Sofia *et al.* 2004). Na região sudeste e nordeste a fauna de Euglossina é mais rica, com números variando de sete (áreas de dunas) (Viana *et al.* 2002) a 31 espécies (Bonilla-Gómez 1999). As comunidades de Euglossina nessas áreas são essencialmente dominadas por *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata* (Peruqueti *et al.* 1999; Tonhasca *et al.* 2002a; Aguiar & Gaglianone 2008a; Ramalho *et al.* 2009), espécies sugeridas como indicadoras de áreas perturbadas ou ambientes abertos.

3º- Áreas com predomínio de Cerrado e Caatinga ainda são pouco estudadas. Até o momento a riqueza e abundância encontrada nesses ambientes são inferiores aos observados para o domínio de Mata Atlântica. Assim como em áreas de Mata Atlântica, *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata* são as espécies dominantes nessas áreas (Neves & Viana 1999, Souza *et al.* 2005, Alvarenga *et al.* 2007).

4º- A formação vegetacional dentro de um mesmo domínio apresenta faunas de Euglossina diferentes. No domínio Mata Atlântica, Florestas Estacionais Semidecíduais apresentam riqueza e diversidade menores do que Florestas Ombrófilas Densas (Tonhasca *et al.* 2002, Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009, Aguiar & Gaglianone 2011).

5º- A altitude parece influenciar na estrutura da comunidade de abelhas Euglossina (ver Dias 2007). Áreas com altitudes superiores a 1000 m exibem diminuição na riqueza de espécies e abundância de indivíduos, além de uma alteração significativa na composição de espécies.

6º- O tamanho dos fragmentos demonstra efeitos significativos sobre a fauna de Euglossina. Áreas maiores apresentam maior riqueza de espécies, no entanto, a

abundância não obedece ao mesmo padrão. Em diversos estudos a abundância de Euglossina em pequenos fragmentos é maior do que em grandes fragmentos. No entanto, uma ou duas espécies são extremamente dominantes (Ramalho *et al.* 2009, Capítulo 2). Entretanto, outros autores reportam que a abundância de abelhas Euglossina tende a aumentar com o tamanho do fragmento florestal, mas a riqueza de espécies não parece ser influenciada pelo tamanho do fragmento (Nemésio & Silveira 2007b).

Fatores, como a fragmentação, perda de hábitat e formação de bordas podem afetar significativamente a estrutura da comunidade de abelhas Euglossina dentro de um mesmo bioma.

Os processos de fragmentação de uma área têm duas consequências imediatas: a primeira delas é a subdivisão do hábitat, antes contínuo, e a outra é a perda de área (Andrén 1994, Fahrig 2003). Neste contexto, diversos componentes que se interrelacionam são determinantes para a persistência ou não das espécies originais. Dentre esses componentes podem-se citar o tamanho dos fragmentos, a heterogeneidade ambiental dentro de cada fragmento, a matriz de hábitat do entorno, a conectividade entre os fragmentos e o efeito de borda (Rolstad 1991, Saunders *et al.* 1991, Andrén 1994, Fahrig 2003). Em decorrência da destruição do hábitat, o declínio da diversidade nas Florestas Tropicais úmidas é observado primariamente (Laurance & Vasconcelos 2009).

Estudos realizados em diferentes contextos têm demonstrado que a fragmentação pode afetar de forma negativa a estrutura e os processos ecológicos do ecossistema, inclusive a polinização (Liow *et al.* 2001, Donaldson *et al.* 2002; Samejima *et al.* 2004). Isto pode ser observado na estrutura da comunidade de abelhas da subtribo Euglossina, cuja abundância, riqueza e composição podem ser significativamente afetadas pelo tamanho do fragmento e pela sua cobertura vegetal (Sofia & Suzuki 2004, Ramalho *et al.* 2009, Brosi 2009). Contudo, existem sérias críticas aos trabalhos que têm abordado os efeitos da fragmentação sobre a estrutura de comunidade de abelhas Euglossina, como a falta de padronização no delineamento amostral, abordagens utilizando características descritivas como estágio de sucessão e de conservação sem critérios claros de classificação, o pequeno número de fragmentos amostrados e a omissão da composição de espécies, muitas vezes ignorada neste tipo de avaliação, além da ausência de uma avaliação sobre a estrutura da comunidade como um todo (ver Tonhasca *et al.*

2002b, Sofia & Suzuki 2004, Brosi 2009, Rasmussen 2009). O que tem provocado resultados ambíguos a esse respeito.

De acordo com Powel & Powel (1987), o número de machos de abelhas da subtribo Euglossina declinou com a diminuição do tamanho de fragmentos florestais próximos a Manaus no Amazonas; este efeito foi verificado mesmo em fragmentos separados de florestas contínuas por apenas 100 m. Tonhasca *et al.* (2002b, 2003), estudando fragmentos de Floresta Ombrófila Densa Submontana no norte do estado do Rio de Janeiro, não obtiveram resultados que sustentassem a hipótese de que a fragmentação ou alteração de hábitat reduz a abundância e diversidade de espécies dessas abelhas. Segundo esses autores, as abelhas se dispersaram dentro e entre fragmentos de florestas; com isso eles sugeriram que os fragmentos estudados estariam funcionalmente conectados para essas abelhas. No entanto, os autores identificaram *Euglossa marianae* Nemésio (identificada como *Euglossa analis* Westwood nos trabalhos supracitados) ocorrendo preferencialmente em florestas mais conservadas, e sugeriram-na como possível indicadora de qualidade ambiental.

De forma semelhante, os dados obtidos por Ramalho (2009) para os fragmentos de Floresta Atlântica de Baixada na região do Imbaú, bacia do Rio São João (RJ), mostraram movimentos de *Euglossa cordata* (L.) entre fragmentos florestais próximos. Entretanto, os parâmetros das comunidades de Euglossina foram significativamente afetados pela diversidade florística e tamanho dos fragmentos florestais estudados. O maior fragmento, representado pela Rebio União (3126 ha), apresentou maior riqueza, abundância, diversidade e menor grau de dominância quando comparado aos menores fragmentos.

Brosi (2009) levou em consideração que não apenas o tamanho dos fragmentos, mas também a sua forma e o isolamento entre eles devam ter influências sobre as comunidades de abelhas Euglossina. O autor observou que a abundância dessas abelhas teve relação significativamente positiva com o tamanho do fragmento florestal e negativa com a forma do fragmento, marginalmente relacionada com o isolamento desses fragmentos. Já a riqueza de espécies mostrou-se similar entre os fragmentos, porém com algumas tendências. A riqueza foi positivamente relacionada com a quantidade de borda florestal, marginalmente negativa com o tamanho do fragmento e sem relação com o isolamento das áreas. No entanto, seus dados mostram que 40% das espécies são exclusivas de um ou de

outro fragmento florestal, mostrando que a composição de espécies altera consideravelmente entre as áreas estudadas.

A matriz em torno do fragmento pode influenciar significativamente a conectividade estrutural dos fragmentos de hábitat, o que pode levar ao aumento ou decréscimo da densidade populacional e do risco de extinção de espécies (Ricketts 2001). A maior abundância de recursos disponibilizados por espécies pioneiras que florescem ao longo de todo ano na matriz do fragmento pode favorecer espécies generalistas. Por outro lado, espécies especializadas tendem à extinção conforme aumenta o grau de perturbação do hábitat, uma vez que dependem de determinadas espécies vegetais para a obtenção de recursos. Logo, a ausência destas espécies vegetais pode acarretar na perda das espécies animais (Steffan-Dewenter 2002, Samejima *et al.* 2004). Algumas espécies de abelhas, por exemplo, necessitam de diferentes tipos de hábitats dentro de sua rota de forrageio para atender aos requerimentos específicos no que diz respeito a recursos de alimentação, locais de nidificação e material para construção dos ninhos (Steffan-Dewenter *et al.* 2002).

Hirsch *et al.* (2003) avaliaram a influência do tipo de matriz sobre visitantes florais de *Centaurea jacea* L. (Asteraceae) na Alemanha, e concluíram que essas influências são para grupos específicos. Os fortes efeitos da matriz sobre polinizadores sugerem que alguns grupos sejam hábeis para discriminar diferentes matrizes. Milet-Pinheiro & Schlindwein (2005) avaliaram a dispersão de machos de *Euglossina* entre áreas de mata e monoculturas de cana-de-açúcar e revelaram que apenas 5 das 16 espécies existentes no fragmento foram capazes de sair da mata em busca de essências, demonstrando forte efeito negativo sobre a comunidade de *Euglossina*.

Steffan-Dewenter (2003) indicou importantes implicações para conservação de fragmentos florestais a partir da abundância de indivíduos e riqueza de espécies de abelhas e vespas. Primeiro: abelhas são mais afetadas pela fragmentação de hábitats naturais do que outros grupos de insetos. Abelhas são totalmente dependentes das flores e, se a polinização é interrompida, as populações de plantas serão afetadas e, com isso, o suprimento do recurso para as abelhas. Segundo: A abundância de abelhas e o seu tamanho populacional aumentam com a conectividade do fragmento, reduzindo o risco de extinção. Terceiro: Os inimigos naturais tendem a aumentar com a diversidade da paisagem e, com isso a conservação de hábitat especialistas depende principalmente da conectividade

desse hábitat. Por outro lado, a conservação de hábitat generalista ou de espécies que dependem de recursos de diferentes tipos de hábitat dentro de uma escala espacial limitada pode ser suportada por uma complexa matriz da paisagem circundante. Desta maneira, alguns autores têm sugerido o manejo da matriz como importante estratégia de conservação para paisagens fragmentadas (Hirsch *et al.* 2003, Watson *et al.* 2005).

O isolamento do hábitat pela fragmentação pode limitar o potencial de uma espécie para dispersão e colonização. Muitas espécies de pássaros, mamíferos e insetos (incluindo abelhas Euglossina) que vivem no interior da floresta e que não transpõem nem mesmo faixas estreitas de ambiente aberto são exemplos de grupos afetados pela fragmentação (Bierregaard *et al.* 1992, Milet-Pinheiro & Schlindwein 2005, Schtickzelle *et al.* 2006, Laurance & Vasconcelos 2009).

Tabela 1: Informações referentes ao local de estudo, domínio, formação florestal, abundância, riqueza, tamanho da área estudada, altitude, precipitação media, método de captura e número de iscas utilizadas. AC=América Central, AM=Domínio Floresta Amazônica, CA=Domínio Caatinga, CE=Domínio Cerrado, MA=Domínio Mata Atlântica, MAN=Domínio Mata Atlântica (Área de Mangue), RE=Domínio Mata Atlântica (Restinga). !=Dados indisponíveis nos trabalhos, Mcap=Métodos de captura, rede=Rede entomológica, Arm=Armadilha e Obs=Observação sem captura.

Local	Domínio	Formação Florestal	nº de ind.	nº de spp.	Tamanho (ha)	Altitude (m)	Precipitação (mm)	Mcap.	nº iscas	Espécie dominante	Autor(es)
Costa Rica (Pncorcovado)	AC	Fl. trop. umida (Ombrofila)	961	27	!!	3-300	5000	rede	5	<i>Euglossa imperialis</i> Cockerell	Janzen <i>et al.</i> (1982)
Costa Rica (PnSanta Rosa)	AC	Fl. trop. decídua	720	20	!!	300	2000	rede	5	<i>Euglossa viridissima</i> Friese	Janzen <i>et al.</i> (1982)
Costa Rica (PnSanta Rosa)	AC	Fl. trop. decídua	480	12	!!	5	2000	rede	5	<i>Euglossa viridissima</i> Friese	Janzen <i>et al.</i> (1982)
Costa Rica(Las Cruces)	AC	Fl. trop. ombrofila submontana	412	23	0.28-230	900-1300	5000	arm	2	<i>Euglossa championi</i> Cheesman,	Brosi (2009)
Panamá	AC	Fl. trop.semidecídua	27874	53	!!	800	!!	arm	16	!!	Ackerman (1989)
Panamá	AC	Fl. trop. ombrofila	20000	51	!!	500-900	!!	arm	!!	!!	Roubik & Ackerman (1987)
Panamá	AC	Fl. trop. ombrofila	21.842	44	!!	164	!!	rede	16	<i>Euglossa tridentata</i> Moure	Ackerman (1983)
Panamá	AC	Fl. trop. ombrofila	927	48	!!	1!	!!	rede	!!	!!	Dodson <i>et al.</i> (1969)
Guiana-Dawa	AM	Fl. trop. ombrofila	539	30	!!	35	3000	rede	11	!!	Williams & Dodson (1972)
Colombia leste	AM	Fl. trop. ombrofila	160	42	!!	!!	!!	rede	!!	!!	Dodson <i>et al.</i> (1969)
Peru	AM	Fl. trop. de Terra Firme	2917	38	!!	300	2800	rede	5	<i>Euglossa ignita</i> Smith	Pearson & Dressler (1985)
Maranhão	AM	Vegetação secundária	467	19	!!	0-20	1400	rede	5	<i>Euglossa piliventris</i> Guérin	Brito & Rêgo (2001)
Peru-Loreto	AM	Fl. trop. ombrofila de baixada	2072	33	fl. continua	120	>2500	rede	5	<i>Euglossa ignita</i> Smith	Rasmussen (2009)
Pq.Nac. Pico da Neblina	AM	Fl. ombrofila densa	1959	48	2.200.000	50-1500 ¹	3500	rede	5	<i>Euglossa orellana</i> Roubik	Dias (2007)
Manaus	AM	Fl. trop. de Terra Firme	1061	32	1000	100	2200	rede	8	<i>Euglossa stilbonota</i> Dressler	Oliveira & Campos (1995)
Manaus	AM	Fl. trop. de Terra Firme	1361	36	fl. continua	100	2200	rede	8	<i>Euglossa stilbonota</i> Dressler	Oliveira & Campos (1995)
Acre	AM	Fl. trop. de Terra Firme	3675	36	0,83-3665	100-150	2000	rede/arm	6	<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius)	Storck-Tonon (2007)
Manaus	AM	Fl. trop. de Terra Firme	290	16	1,10 e 1000	100	2000	arm	3	<i>Euglossa stilbonota</i> Dressler	Becker <i>et al.</i> (1991)
Manaus	AM	Fl. trop. de Terra Firme	1242	27	!!	100	2000	arm	4	<i>Euglossa stilbonota</i> Dressler	Morato <i>et al.</i> (1992)
Maranhão-Buriticupu	AM	Fl. estacional smidecídua	1740	37	10000	200	1800	rede	6	<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler	Silva & Rebêlo (1999)

Tabela 1: Continuação

Bahia	CA	Mata de galeria	527	7	!!	0-10	800	rede/arm	5	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Neves & Viana (1999)
Paraíba	CE	varios tipos	737	5	3378 ³	100-200	1700	arm	6	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Souza et al. (2005)
Uberlândia (CCPIU)	CE	Vários tipos	184	7	127	800	1800	rede	3	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Alvarenga et al. (2007)
Maranhão	CE	varios tipos	1153	9	!!	0-10	2000	rede	4	<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler	Rebêlo & Cabral (1997)
Uberlândia (EEP)	CE	Vários tipos	29	5	409	800	1800	rede	3	<i>Euglossa imperialis</i> Cockerell	Alvarenga et al. (2007)
Paraíba	CE/MA	Zona de transição	727	6	3378 ³	100-200	1700	arm	6	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Souza et al. (2005)
Faz. Santa Carlota (SP1)	MA	Fl. trop.semidecidual	892	8	100	550-900	1500	rede	3	<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler	Rebêlo & Garófalo (1991)
EEZ (SP2)	MA	Fl. trop.semidecidual	736	10	75	550		rede	3	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Rebêlo & Garófalo (1997)
Faz. Santa Carlota (SP3)	MA	Fl. trop.semidecidual	906	14	2200	550-900	1500	rede	3	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Rebêlo & Garófalo (1997)
Viçosa (MG1) (PERD)	MA	Fl. trop.semidecidual	893	10	3600 ³	450	1250	arm	5	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Peruquetti et al. (1999)
Belo Horizonte (MG2)	MA	Fl. trop.semidecidual	1325	14	237, 102,60 e 24,2	800	1250	rede	5	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Nemésio & Silveira (2007b)
Belo Horizonte (MG3) Efeito de altitude (várias áreas)	MA	Fl. trop.semidecidual	2382	14	10000 ³ (várias áreas)	850-1400	1250	rede	5	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Nemésio 2004
Parque Estadual Rio Doce	MA	Fl. trop.semidecidual	1183	18	36000 ³	250-500	1500	rede	13	<i>Euglossa marianae</i> Nemésio	Nemésio & Silveira (2006b)
Rio de Janeiro	MA	Fl. trop.Ombrofila	3653	21	200, 156 e 14	250-500	1500	rede	6	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Tonhasca et al.(2002a)
Rio de Janeiro (Carvão)	MA	Fl. trop.semidecidual tab	2954	12	1200	20-50	1500	arm	7	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Aguiar & Gaglianone (2008a)
Rio de Janeiro (Funil)	MA	Fl. trop.semidecidual tab	1115	10	150	20-50	1500	arm	7	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Aguiar & Gaglianone (2008a)
Rio de Janeiro (Itaoca)	MA	Fl. trop.semidecidual	1153	10	300	100-150	1500	rede/arm	7	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Aguiar & Gaglianone (2009)
Rio de Janeiro (IMB)	MA	Fl. trop.Ombrofila	929	11	130	200-300	1500	arm	7	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Ramalho et al. (2009)
Rio de Janeiro (AND)	MA	Fl. trop.Ombrofila	522	8	145	20-50	1500	arm	7	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Ramalho et al. (2009)
Rio de Janeiro (EST)	MA	Fl. trop.Ombrofila	287	8	21	150-200	1500	arm	7	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Ramalho et al. (2009)
Rio de Janeiro (AFT)	MA	Fl. trop.Ombrofila	433	9	19	100-150	1500	arm	7	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Ramalho et al. (2009)
Rio de Janeiro (UNIAO)	MA	Fl. trop.Ombrofila	1923	17	3126	50-200	1500	arm	7	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Ramalho et al. (2009)

Tabela1: Continuação

Paraíba	MA	Fl. trop.semidecidual	850	11	3378 ³	100-200	1700	arm	6	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Souza et al. (2005)
Londrina	MA	Fl. trop.semidecidual	48	7	8.5	700	1700	rede	3	<i>Euglossa fimbriata</i> Moure	Sofia & Suzuki (2004)
Londrina	MA	Fl. trop.semidecidual	45	5	86	700	1700	rede	3	<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler	Sofia & Suzuki (2004)
Londrina	MA	Fl. trop.semidecidual	152	6	680	700	1700	rede	3	<i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard)	Sofia & Suzuki (2004)
Londrina	MA	Fl. trop.semidecidual	434	9	680	700	1600	rede	6	<i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard)	Sofia et al. 2004
Espírito Santo	MA	Fl. trop.semidecidual tab	16177	31	21787	20-50	1500	obs	5	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Bonilla-Gómez (1999)
Paraíba	MA	!!	1082	9	6, 471	40	1700	arm	6	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Bezerra & Martins (2001)
Paraíba (APA Br.Rio Mamanguape)	MA	!!	2274	9	14600 ²	0-10	2000	rede	6	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Farias et al. (2008)
Pernambuco	MA	!!	945	16	476	95	!!	arm	5	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Milet-Pineiro & Schindwein (2005)
Rio Grande do Sul	MA	Fl. trop. umida (Ombrofila)	639	5	!!	!!	!!	rede	3	<i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard)	Wittmann et al. (1988)
Belo Horizonte (RPPN Serra do Caraça)	MA	Fl. trop. estacional semidecidual	234	9	11233	850-1350	1500	rede	5	<i>Euglossa truncata</i> Rebêlo & Moure	Nemésio 2008
Bahia	MAN	Campos litorâneos	1144	12	!!	0-10	!!	arm	4	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	Neves & Viana (1997)
Bahia	RE	Dunas litorâneas	670	7	!!!!	0-10	1000	arm	5	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Viana et al. (2002)
Paraíba (APA Br.Rio Mamanguape)	RE	Dunas litorâneas	858	7	14600 ²	0-10	2000	rede	6	<i>Euglossa cordata</i> (L.)	Farias et al. (2008)
Maranhão	RE	Rstinga	429	14	200	0-20	1500	rede/arm	5	<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius)	Silva et al. (2009)

¹ Estudo de gradiente de altitude, ²refere-se a área da APA, ³tamanho da reserva estudada, !! = Dados indisponíveis nos trabalhos, AC=América Central, AM=Domínio Floresta Amazônica, CA=Domínio Caatinga, CE=Domínio Cerrado, MA=Domínio Mata Atlântica, MAN=Domínio Mata Atlântica (Área de Mangue), RE=Domínio Mata Atlântica (Restinga). Mcap=Métodos de captura, rede=Rede entomológica, Arm=Armadilha e Obs=Observação sem captura. *Euglossa mariane* Nemésio é citada nos artigos como *Euglossa analis* Westwood.

A estrutura genética das populações

A estrutura genética está relacionada com a distribuição não aleatória dos alelos e genótipos no espaço e no tempo, a qual é resultante da ação de forças evolutivas, tais como: mutação, migração, seleção e deriva genética. A migração e a mutação tendem a aumentar a variabilidade genética, enquanto a seleção e a deriva genética podem causar a diminuição da variabilidade genética dentro das populações (Felsenstein 2005).

A diversidade genética é um termo utilizado para descrever a variação genética individual, populacional ou na espécie. Desta forma, a diversidade genética descreve a quantidade de variação de uma população, a diferenciação genética descreve o quanto desta variação está dividida entre as populações e a distância genética quantifica o grau de similaridade entre indivíduos, amostras ou populações (Lowe *et al.* 2004)

A divergência genética entre populações está relacionada aos fatores ecológicos e a história de vida das populações e espécies, como sistema reprodutivo, tamanho populacional e padrões de dispersão, podendo atuar nos efeitos de deriva genética e fluxo gênico (Whiteley *et al.* 2004). Estudos de estrutura genética populacional inferem sobre endogamia, diversidade genética e diferenciação genética entre populações. Entender esses atributos é importante para tomada de ações de manejo e conservação e, em longo prazo, podem evitar a endogamia dentro das populações (Perez-Sweeney *et al.* 2004). Dentre os marcadores genéticos utilizados, os microssatélites são mais apropriados para estudos que envolvem hibridação, história populacional, filogeografia, estrutura social e fluxo gênico como medida de dispersão (estrutura genética populacional), ou identificação da procedência de indivíduos de diversas espécies (Pritchard *et al.* 2000, Avise 2004, Manel *et al.* 2005). A estrutura genética populacional é estudada a partir de divergência genética entre as populações; uma alta estruturação genética entre populações pode significar que estas estão isoladas no que diz respeito ao fluxo gênico; em populações panmíticas espera-se que esta estruturação não seja observada.

Estudos genéticos com o grupo *Euglossina*

Os primeiros estudos genéticos com abelhas *Euglossina* envolveram as análises citogenéticas de *Eufriesea violacea* (Blanchard) (Kerr 1952, Tarelho 1973).

Pompolo *et al.* (1986) determinaram o número cromossômico de *Eulaema nigrita* e Gomes *et al.* (1998) determinaram o número cromossômico haplóide igual a 15 e 21 para *Eufriesea violacea* (Blanchard) e *Euglossa townsendi* Cockerell, respectivamente. Outros estudos envolvendo genética de Euglossina foram conduzidos a fim de fornecer informações sobre a frequência da diploidia em populações de machos deste grupo (Roubik *et al.* 1996, Del Lama *et al.* 1998, Peruquetti 1999, Souza 2007, L'opez Uribe *et al.* 2007, Souza *et al.* 2010).

Estudos de genética de populações aplicados à conservação têm sido desenvolvidos mediante a aplicação das técnicas de marcadores moleculares. O objetivo de tais técnicas é revelar a variabilidade genética em nível de DNA para detectar possíveis diferenças entre indivíduos (Lowe *et al.* 2004).

Baseado nos efeitos que a fragmentação florestal provoca sobre a estrutura das comunidades de abelhas Euglossina, como o declínio populacional, alguns estudos têm revelado resultados como a diminuição da variabilidade genética e do fluxo gênico interpopulacional (Curtis & Taylor 2003, Reed & Frankham 2003, Leinu *et al.* 2010). Isso despertou o interesse de pesquisadores nos últimos anos para verificar a viabilidade e diversidade genética dessas populações (e.g. Sofia *et al.* 2005, Suzuki *et al.* 2010, Cerântola *et al.* 2010, Zimmermann *et al.* 2011).

ÁREAS DE ESTUDO

O Bioma Mata Atlântica

A Mata Atlântica corresponde a um mosaico de ecossistemas florestais e ecossistemas associados (restingas e manguezais) que formavam um grande contínuo florestal até a época do descobrimento do Brasil (MMA 2000, Galindo-Leal & Câmara 2003). Originalmente, a Mata Atlântica, considerada a segunda maior Floresta Tropical da América do Sul, estendia-se por toda a costa leste do Brasil, apresentando incursões profundas em direção ao interior do país, cobrindo total ou parcialmente 17 estados brasileiros, alcançando ainda o leste do Paraguai e o norte da Argentina (IBGE 2005).

De acordo com Galindo-Leal & Câmara (2003) e Ribeiro *et al.* (2009), a ampla extensão longitudinal e a grande faixa latitudinal compreendida pela Mata Atlântica

constituem fatores importantes na composição de diferentes tipos de formações vegetacionais neste bioma. Essas características geográficas em associação com as variações altitudinais encontradas nos domínios da Mata Atlântica fornecem a este bioma sua alta diversidade e endemismo de espécies (Silva & Casteleti 2003).

Esse Bioma foi o primeiro a ser explorado durante a colonização européia no Brasil (Câmara 2003). Os sucessivos ciclos econômicos e a contínua expansão da população humana na região durante os últimos cinco séculos comprometeram seriamente a integridade ecológica dos ecossistemas singulares da Mata Atlântica (Myers *et al.* 2000, Galindo-Leal & Câmara 2003). O Bioma Mata Atlântica cobria mais de 1.350.000 km², ou aproximadamente, 15% do território brasileiro (MMA 2000, Câmara 2005). Hoje, essa extensa área abriga mais de 70% da população do país (IBGE 2010). Diante da exploração e ocupação descontrolada, esse Bioma perdeu mais de 92% de sua área original (Figura 2), restando apenas cerca de 100.000 km² da floresta original, a maioria em fragmentos distribuídos ao longo de toda a sua extensão e em grande parte concentrados nas áreas de relevo acidentado das regiões Sul e Sudeste do país (Hirota 2003, Fundação SOS Mata Atlântica *et al.* 2011).

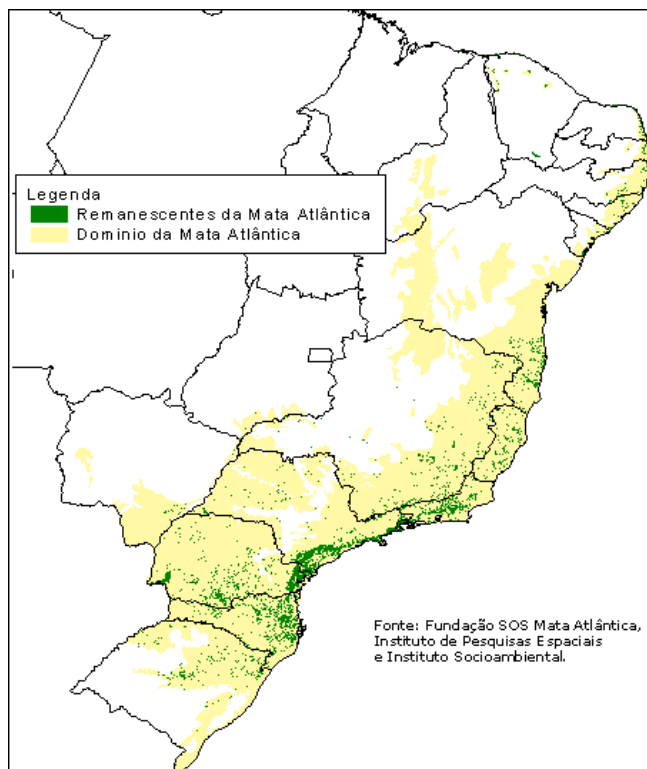


Figura 2: Domínio de Mata Atlântica e remanescentes florestais no Bioma (Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica & INPE 2011).

O desmatamento e as agressões à Mata Atlântica comprometem regiões nas quais se localizam centros de endemismo importantes (Myers *et al.* 2000, Aguiar *et al.* 2003), tais como o estado do Rio de Janeiro, que perdeu mais de 1.747,24 km² entre os anos de 1985 e 2000 (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2001). Neste estado, a Mata Atlântica equivale hoje aproximadamente a 17% da sua cobertura original (Figura 3). Este valor, aparentemente elevado quando comparado com outros estados, não representa condição satisfatória de conservação que inclua os diferentes habitats, principalmente porque os remanescentes florestais cobrem áreas montanhosas (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2001, Rocha *et al.* 2003).

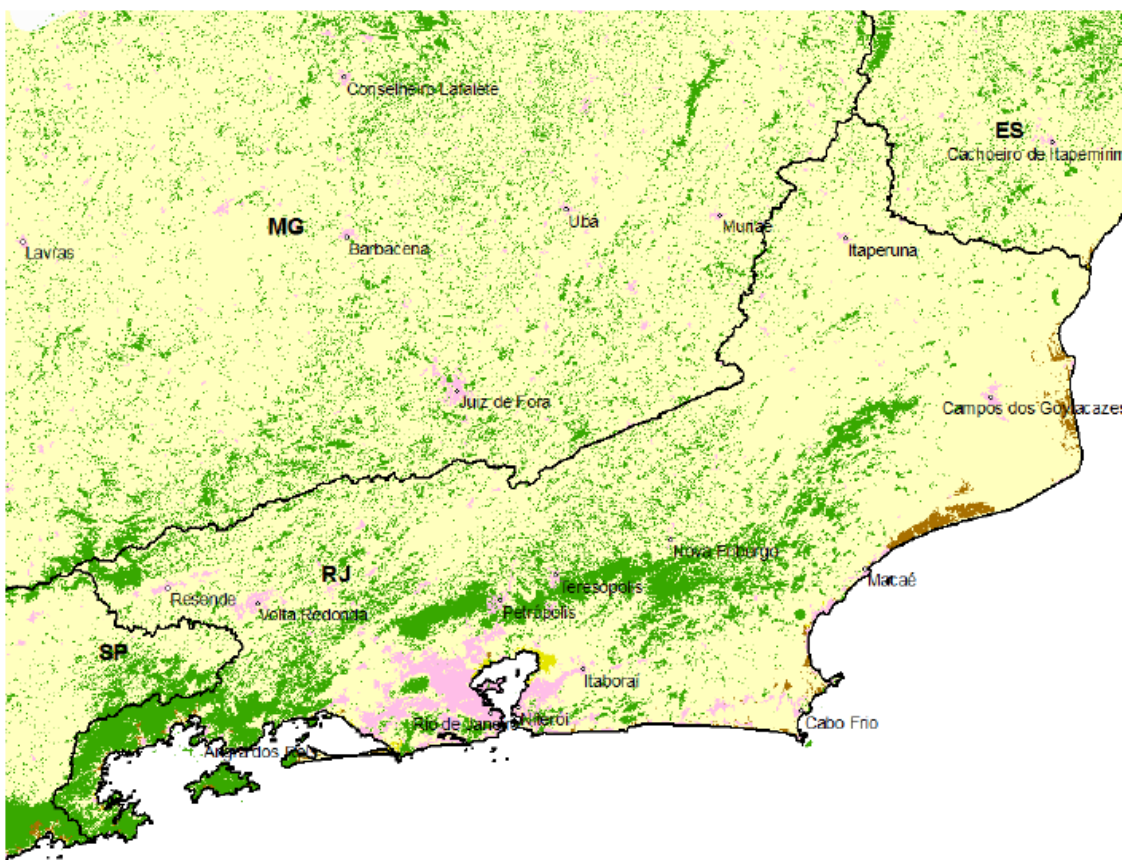


Figura 3. Cobertura vegetal no estado do Rio de Janeiro (Extraído de Fundação SOS Mata Atlântica & INPE 2011).

A pecuária e a agricultura são as atividades de uso da terra mais intensivas no estado, situação que se agrava com as queimadas que são frequentemente utilizadas para limpar as pastagens (Aguiar *et al.* 2003). Originalmente, a bacia do Paraíba do Sul era quase inteiramente coberta pela Mata Atlântica; a vegetação original, porém, agora existe apenas em fragmentos isolados nos topos das montanhas. Mesmo assim, a floresta remanescente está ainda sujeita à exploração

desordenada: cerca de 20 km² de vegetação nativa foram desmatados na região de 1990 a 1995 (Fundação SOS Mata Atlântica *et al.* 1998). Os maiores índices de desmatamento no estado do Rio de Janeiro estão concentrados nos municípios de Angra dos Reis, Carmo, Santa Maria Madalena e Campos dos Goytacazes (Aguiar *et al.* 2003).

Formações Fitofisionômicas

As amplas variações latitudinais, longitudinais e altitudinais da distribuição da Mata Atlântica são responsáveis pela criação de uma diversidade única de paisagens, que estão intimamente relacionadas à diversidade de espécies da região (Silva & Casteleti 2003).

De acordo com o mapa de vegetação do IBGE (1993), o domínio de Mata Atlântica inclui as Florestas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Ombrófila Aberta, Estacional Semidecidual e Estacional Decidual, manguezais, restingas e campos de altitude associados, brejos interioranos e encaves florestais da região nordeste (Figura 4).

As Florestas Estacionais e Ombrófilas podem apresentar uma transição gradual e complexa, e não necessariamente ligada ao gradiente climático da costa. As Florestas Estacionais atingem o litoral, onde o clima é mais seco, como na região norte fluminense, e cede lugar às Florestas Ombrófilas onde os índices de precipitação são mais elevados e os períodos de sazonalidade são menores (Oliveira-Filho & Fontes 2000).

As áreas estudadas apresentam histórico de fragmentação diferenciados e estão inseridas em quatro diferentes formações fitofisionômicas na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. De acordo com a classificação proposta por Veloso *et al.* (1991), as áreas estudadas são assim classificadas: 1- Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, denominada mata dos Tabuleiros por Rizzini (1979), como será nomeada nesta tese (FEST). Neste tipo fitofisionômico o histórico de fragmentação, segundo moradores locais, se deu em virtude da exploração de madeira para produção de carvão e pelos ciclos de expansão da pecuária e da cana-de-açúcar na região; 2- Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESS). Nesta fitofisionomia o processo de fragmentação, pelos relatos de moradores antigos e donos de fazenda, ocorreu durante os ciclos do café, arroz e da agropecuária e mais recentemente pela tomaticultura; 3- Floresta Ombrófila

Densa Montana (FODM). Esta fitofisionomia apresenta, ainda nos dias de hoje, as maiores taxas de cobertura florestal do estado do Rio de Janeiro, principalmente por ocuparem áreas muito elevadas e de difícil acesso (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE 2011). O histórico de fragmentação dessa região também ocorreu durante a expansão do ciclo do café e da agropecuária, porém recentemente sofre forte pressão dos plantios de eucalipto e banana; 4- Floresta Estacional Semidecidual, que apresenta uma particularidade por ser uma área com afloramentos rochosos, denominado de *inselberg*, termo que será utilizado no curso desta tese para esta área (*Inselberg*), nessa região a fragmentação e perda de habitat ocorreram principalmente pelo plantio de cana-de-açúcar e agropecuária, além de extração de plantas ornamentais e rochas. Em cada formação fitofisionômica foi selecionado um fragmento representativo em termos de tamanho para região (>600ha) e fragmentos menores em diferentes estágios de conservação.

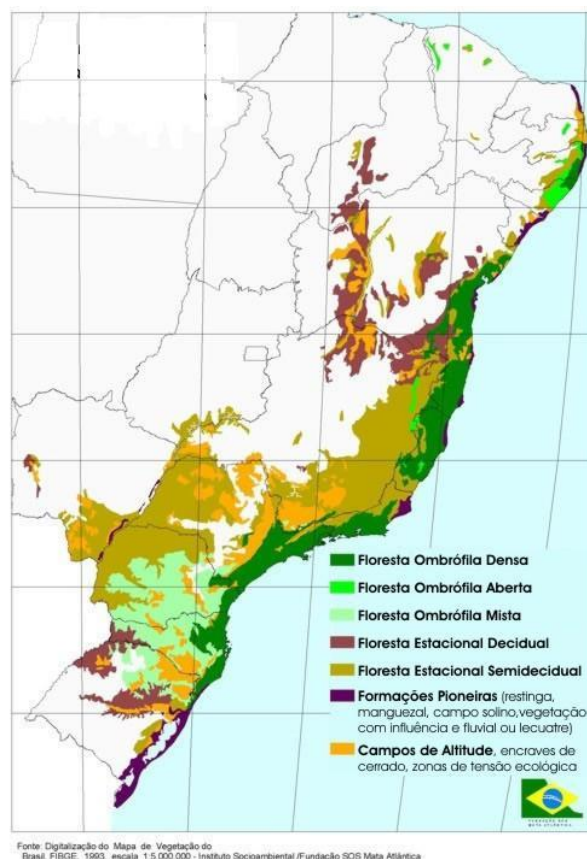


Figura 4. Distribuição da Mata Atlântica pelos estados brasileiros e seus ecossistemas associados (Fonte: Fundação SOS MATA ATLÂNTICA/INPE 2010).

1- Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas , Mata dos Tabuleiros (FEST)

Está localizada em altitude a partir dos 5 m até os 100 m acima do nível do mar, frequentemente revestindo tabuleiros Terciários do Grupo Barreiras, desde o sul da cidade de Natal até o norte do estado do Rio de Janeiro, nas cercanias de Campos dos Goytacazes até as proximidades de Cabo Frio.

O fragmento florestal mais significativo desta formação no estado do Rio de Janeiro é a Mata do Carvão (CA) (21°24' S e 41°04' W, 1200 ha), localizada no município de São Francisco de Itabapoana (Figura 5). A área sofreu diversos tipos de agressão, principalmente entre as décadas de 1960 e 1980, pelas atividades canavieiras e pecuárias, produção de carvão vegetal e comercialização de madeiras (Silva & Nascimento 2001, Nascimento & Silva 2003). Atualmente faz parte da Estação Ecológica de Guaxindiba, com 3000ha e foi incluída na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

Outros fragmentos desta fitofisionomia estudados neste trabalho estão localizados em propriedades privadas com diferentes tamanhos e matrizes da paisagem, como segue: Morro do Mico (MI) 200 ha em estágio maduro de regeneração (Nascimento, M.T, comunicação pessoal) e com matriz de pastagem; Fazenda Santo Antônio (SNT), 57 ha com matriz de pastagem, maracujá e cana-de-açúcar; Fazenda Santana (SAN), com 35 ha com matriz de pastagem e cana-de-açúcar; Fragmento do Sr. Alfeu (AL) com 55 ha e matriz de cana-de-açúcar; Fragmento Sigmaringa (SI), 16 ha com matriz de cana-de-açúcar, mandioca e maracujá e Fragmento 7 (F7), 5,5 ha com matriz de pastagem (Figura 5).

O clima na região é Aw, caracterizado por temperaturas elevadas, com chuva no verão e seca no inverno (RadamBrasil 1983; Rocha *et al.* 2003). As médias de temperatura dos meses são maiores que 20°C e no mês mais frio do ano as mínimas são menores que 18°C. A região apresenta uma estação seca bem definida, de maio a setembro (fonte: INMET- Instituto de Meteorologia do Brasil). A precipitação média anual é de aproximadamente 1100 mm (RadamBrasil, 1983) e no período de estudo foi de aproximadamente 1600 mm anuais (dados INMET). O solo caracteriza-se como argiloso amarelo álico com pouca retenção de água e pobre em nutrientes (Villela *et al.* 2006).

Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESS)

Essa fitofisionomia ocorre a partir dos 100 m até 600 m de altitude, nas encostas interioranas das serras da Mantiqueira e dos Órgãos, distribuindo-se desde o Espírito Santo e sul da Bahia até o Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, sudoeste do Paraná e sul do Mato Grosso do Sul;

A Mata da Prosperidade (PROSP) (21°24'42"S 42°01'58"W, 900ha), localizada em uma fazenda particular situada no município de São José de Ubá, é um fragmento em estágio maduro de regeneração, e corresponde à maior área florestada na região (Dan *et al.* 2010). Outros fragmentos nomeados como, Fazenda José Marinho (JM) com 7,6 ha, Fazenda Humberto (HB) com 6,6 ha, Fazendo José Francisco (JF) com 4,1ha e Fragmento ZT (ZT) com 2,1 ha (Figura 5), todos em matrizes de pastagem e tomaticultura. Os fragmentos nessa região estão localizados em topos de morros e em pequenas propriedades rurais. O clima é caracterizado como Aw, segundo a classificação de Koppen e a precipitação no ano de estudo foi de 1600 mm (INMET)

As áreas de abrangência desta formação foram quase totalmente desmatadas, cedendo lugar a extensas áreas de pastagens, entremeadas por alguns cultivos agrícolas e pequenas glebas de reflorestamento de *Eucaliptus* spp., além de alguma vegetação secundária (RadamBrasil 1983). Essa região passou por diversos ciclos de produção, tais como o café e o arroz. Atualmente, atividades agropecuárias predominantes são a pecuária leiteira e de corte e a tomaticultura (Brandão 2004).

Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM)

Essa fitofisionomia ocupa áreas a partir dos 600 m até 2000 m, principalmente na face interiorana da serra dos Órgãos, no RJ (serra da Mantiqueira), SP, RJ e MG (serra do Itatiaia) e no ES (Serra do Caparaó).

A Mata da Cabecinha (21°48'S, 14°40'W, 900 ha) (Figura 5), situada no município de Trajano de Moraes, faz parte do entorno do Parque Estadual do Desengano, que representa um dos maiores remanescentes de Floresta Ombrófila Densa Atlântica. Este tipo vegetacional encontra-se hoje ilhado e fragmentado por uma série de atividades agropecuárias que se desenvolvem na região desde a colonização, principalmente pelo plantio de cana-de-açúcar e pastagem (Moreno *et*

al. 2003). A matriz atual que circunda a área estudada é formada principalmente por plantações de eucalipto e banana (observação pessoal).

Outros fragmentos deste tipo vegetacional estão situados em pequenas propriedades rurais e ainda é possível perceber intervenções antrópicas no interior dessas áreas: a Mata do Sr. Elpideo (ELP), de 141 ha, matriz de eucalipto e banana; a Mata da torre (TO) de 125 ha, matriz de pastagem; a Mata do PC (PC) com 16 ha, matriz de pastagem, o Horto regenerado (HRG) com 14 ha e o Horto reflorestado (HRF) com 12 ha, ambos com matriz de eucalipto e área urbana.

A região possui uma série de pequenos rios que têm origem nas regiões altas das montanhas, com grande importância econômica e ecológica. Os solos são relativamente rasos, com muitos afloramentos rochosos (Mazurec 1998). O relevo é alternado entre algumas áreas planas com outras de declive bastante acentuado. O clima, segundo a classificação de Koppen, é Cwa, caracterizado como temperado úmido com inverno seco e verão quente. As precipitações médias anuais ficam em torno de 1.300 mm e o clima predominante é o úmido com pouco ou nenhum déficit hídrico (RadamBrasil 1983). No ano de estudo a precipitação foi de 1600 mm e a temperatura média de 21,4°C (Fonte: INMET).

Floresta Estacional Semidecidual com afloramentos rochosos (*Inselberg*)

Este tipo fitofisionômico possui uma particularidade quanto às Florestas Estacionais Semidecíduais por apresentar vegetação predominantemente arbustiva-arbórea com afloramentos rochosos onde cresce vegetação tipicamente rupícola (Pessanha 2011).

O Morro do Itaoca (21°48'S 41°26'W, 600 ha), localizado no Maciço Itaoca no distrito de Ibitioca, município de Campos dos Goytacazes, RJ, destaca-se por ser um afloramento rochoso em meio a uma planície costeira no delta do rio Paraíba do Sul (RadamBrasil, 1983). A altitude mínima é de 8 m e atinge 420 m no seu ponto culminante. A floresta, que em épocas passadas dominava a planície do entorno do maciço, foi totalmente substituída por pastagens e plantios de cana-de-açúcar, fazendo com que esta área ficasse isolada por um raio de aproximadamente 15 km do fragmento florestal mais próximo. Embora ameaçado pela intensiva retirada de madeira, extração de rochas e plantas ornamentais, este remanescente apresenta intensa cobertura vegetal, com espécies vegetais e animais de relevante interesse científico, como a endêmica *Begonia ibitiocensis* E. L. Jacques & Mamede

(Begoniaceae), *Sinningia* sp. nov. (Gesneriaceae) que ainda está sendo descrita (Dan, M.L. informação pessoal), *Cryptanthus delicatus* Leme (Bromeliaceae) (Leme 1995) e *Wunderlichia mirabilis* Riedel ex Baker, com o primeiro registro para o estado do Rio de Janeiro (Dan *et al.* 2009). Além de animais como *Alouatta guariba clamitans* Cabrera 1940 (Mendes *et al.* 2008) e a uma espécie de roedor *Trinomys* sp. (Tavares & Pessoa 2010). O clima na região, segundo a classificação de Köppen, é Aw, com médias de temperatura ao longo do ano em torno de 20°C. A precipitação durante o estudo foi de 1.530 mm e a temperatura e a umidade média foram 25,1°C e 77,3%, respectivamente. (Fonte: INMET).

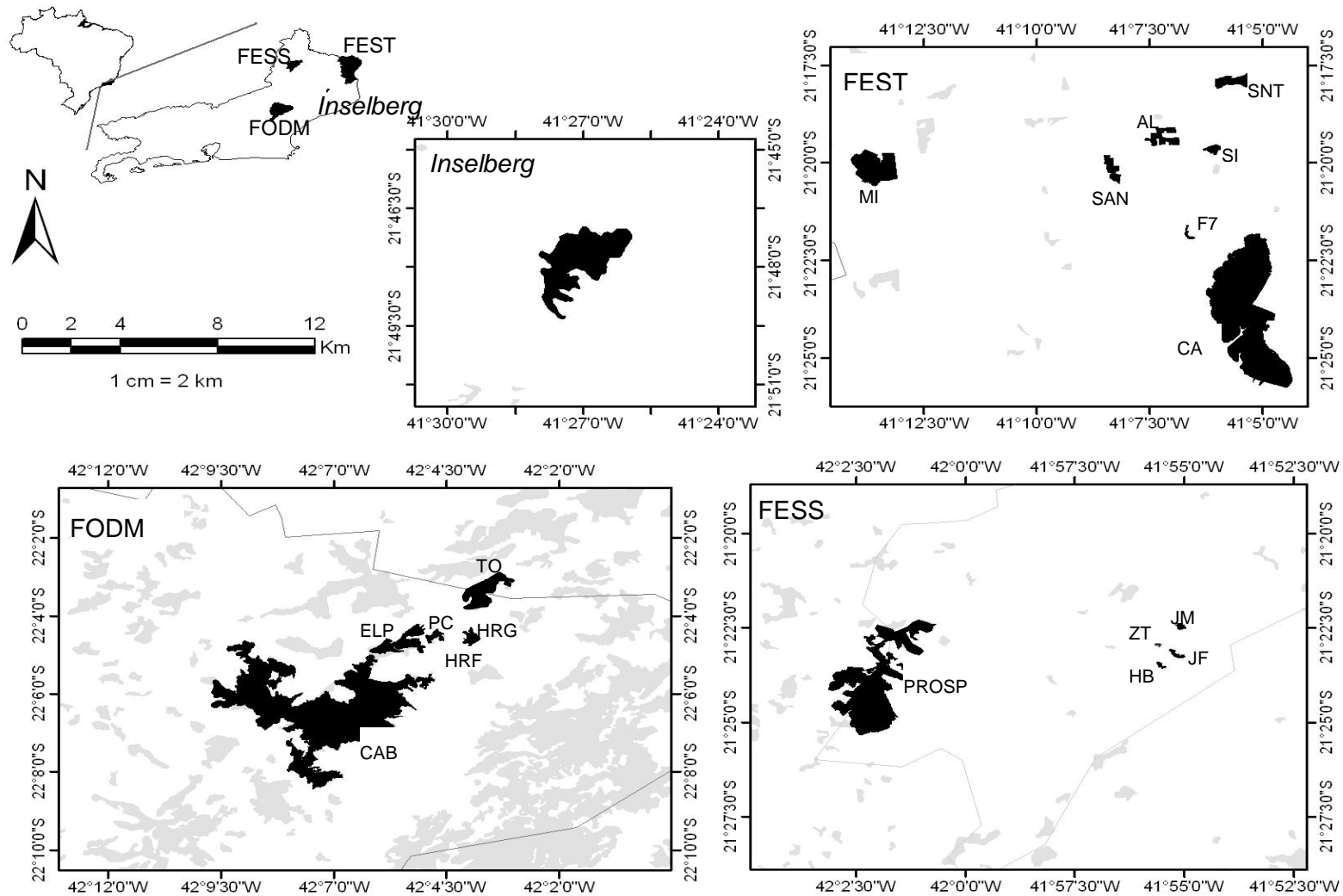


Figura 5: Localização das áreas estudadas no estado do Rio de Janeiro. As áreas pretas no mapa do estado do Rio de Janeiro indicam os tipos fitofisionômicos (FEST, FESS, FODM e *Inselberg*) estudados. Áreas em preto nos quadros ampliados representam os fragmentos estudados em cada tipo fitofisionômico e áreas em cinza são os fragmentos existentes na região.

OBJETIVOS

Capítulo 1

Inventariar e comparar a fauna de Euglossina (Hymenoptera; Apidae) em diferentes formações fitofisionômicas no estado do Rio de Janeiro;

Identificar quais fatores abióticos (temperatura, umidade, precipitação, altitude e fitofisionomia) podem estar correlacionados com as diferenças na composição, riqueza, diversidade e padrão de abundância de abelhas Euglossina no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro;

Capítulo 2

Verificar os possíveis efeitos da fragmentação florestal nos diferentes tipos fitofisionômicos sobre a comunidade de abelhas Euglossina em fragmentos de Mata Atlântica;

Capítulo 3

Examinar como o tipo de matriz em torno do fragmento florestal pode interferir na dispersão das espécies de abelhas Euglossina;

Capítulo 4

Avaliar a estrutura genética populacional de *Eulaema cingulata* (Fabricius) em fragmentos florestais no estado do Rio de Janeiro.

CAPÍTULO 1

ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA
(HYMENOPTERA; APIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DE
MATA ATLÂNTICA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.

1.1. RESUMO: A Mata Atlântica abrange um complexo de Florestas Ombrófilas Densas e Estacionais Semidecíduas. As diferenças climáticas e características fitofisionômicas locais, como disponibilidade de recursos, são fatores que podem interferir na composição das espécies de Euglossina. O presente estudo teve como objetivos; 1- Comparar a estrutura da comunidade de abelhas Euglossina em quatro diferentes formações fitofisionômicas no domínio de mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro; 2- Verificar a similaridade na composição de espécies entre as comunidades de Euglossina dessas áreas com dados obtidos para outras áreas no estado do Rio de Janeiro e 3- Identificar se os fatores abióticos como temperatura, umidade, precipitação e altitude, e o tipo fitofisionômico interferem na composição de espécies entre as áreas de Mata Atlântica comparadas. Os machos das abelhas Euglossina foram amostrados mensalmente das 9:00 às 15:00 horas, durante 12 meses, entre os anos de 2008 e 2009. As capturas foram realizadas após atração às iscas cinamato de metila, vanilina, eucaliptol, acetato de benzila e salicilato de metila, com rede entomológica e armadilhas. Foram amostrados 2868 indivíduos pertencentes a quatro gêneros e 15 espécies. *Euglossa cordata* (L.), *Eulaema nigrita* Lep. e *E. cingulata* (Fab.) foram as espécies dominantes, representando mais de 85% dos indivíduos capturados neste estudo. A abundância diferiu significativamente entre as quatro áreas estudadas ($F_{3,43} = 5,7677$; $p = 0,0021$) e a maioria das espécies coletadas foi representada por menos de 10% dos indivíduos. A composição e a abundância mudaram entre as fitofisionomias e sazonalmente. A fitofisionomia, altitude, precipitação e temperatura tiveram maior importância relativa sobre a variação na composição de espécies. As diferenças encontradas entre as áreas comparadas parecem estar relacionadas com as características fitofisionômicas e as variações de clima específicas de cada região. Além dos fatores indicados como responsáveis pelas diferenças na composição de Euglossina, à fragmentação e perda de habitat podem provocar alterações na composição de espécies aumentando assim a diferença entre as fitofisionomias estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Abelhas das orquídeas, polinizadores, comunidade de abelhas, conservação da biodiversidade

1.2. **ABSTRACT:** The Atlantic forest covers a complex of rainforests and semideciduous forests. The climate differences and phytophysiological local features like availability of resources are factors that can interfere in the patterns of distribution of Euglossina species. This study aimed to, (1) compare the euglossine bees community in four different phytophysiological configurations of Atlantic forest in the Rio de Janeiro state, (2) verify the similarity in species composition among the euglossine bees community studied with data obtained for other areas in the Rio de Janeiro state, and (3) identify when temperature, humidity, rainfall, altitude and phytophysiology, affect the species composition. Euglossine males attracted by fragrances were sampled monthly from 9 a.m. to 3 p.m. The bees were captured after being attracted to five scent-baits, methyl cinnamate, vanillin, eucalyptol, benzyl acetate and methyl salicylate using entomological nets and traps. A total of 2868 individuals, fifteen species belonging to four genera were sampled. The most frequent and abundant were *Euglossa cordata* (L.), *Eulaema nigrita* Lep. and *E. cingulata* (Fab.) were dominant species, representing more than 85% of individuals captured.. The abundance differed significantly among areas ($F_{3;43} = 5,7677$; $p = 0,0021$). Most species collected were represented by less than 10% of individuals. The composition and abundance changed with the phytophysiological features and seasonality. The phytophysiology, altitude, rainfall and temperature had a greater relative importance on the variation in species composition. The differences among compared sites seem to be related to the phytophysiological characteristics and variations of climate in each region studied. In addition to the factors indicated as responsible for the differences in the composition of euglossine bees, others factors associated with fragmentation and habitat loss can cause changes in the composition of species in studied areas.

KEY-WORDS: Biodiversity conservation, community of bees, euglossine bees, pollinators.

1.3. INTRODUÇÃO

Abelhas da subtribo Euglossina compreendem mais de 200 espécies conhecidas, sendo que a maior riqueza e diversidade são encontradas em florestas úmidas, principalmente na região da Bacia Amazônica e América Central, onde são registradas 110 e 80 espécies, respectivamente (Roubik & Hanson 2004, Nemésio & Silveira 2007a). Adicionalmente, florestas estacionais, matas de galeria, restinga, cerrado, caatinga, dunas e áreas urbanas constituem habitats para várias espécies deste grupo (Neves & Viana 1999, Viana *et al.* 2002, Aguiar & Zanella 2005, Souza *et al.* 2005, Alvarenga *et al.* 2007, Aguiar & Gaglianone 2008a, Silva *et al.* 2009).

Essas abelhas são de extrema importância na polinização de angiospermas em florestas tropicais devido à sua grande capacidade de vôo e fidelidade floral (Janzen 1971, Ramirez *et al.* 2002, Roubik & Hanson 2004). Estima-se que aproximadamente 700 espécies de orquídeas em 55 gêneros sejam polinizadas exclusivamente por essas abelhas (Roubik & Hanson 2004) e outras 42 famílias botânicas tenham essas abelhas atuando na polinização (Ramirez *et al.* 2002).

As comunidades de Euglossina têm se mostrado sensíveis aos processos de fragmentação e perda de habitat, fato que tem levado à alteração na estrutura dessas comunidades em áreas fragmentadas (Powel & Powel 1987, Nemésio & Silveira 2006a, Brosi 2009, Ramalho *et al.* 2009). Além desses fatores, as diferenças climáticas e características fitofisionômicas locais podem interferir nos padrões de distribuição das espécies de Euglossina (Roubik & Hanson 2004).

Segundo Nemésio & Silveira (2007a), as diferenças na composição de espécies de Euglossina no domínio de Mata Atlântica podem estar associadas às diferenças florísticas entre as Florestas Ombrófilas Densas e Semidecíduas. A altitude é outro fator que tem demonstrado forte influência sobre a distribuição geográfica das espécies de Euglossina (Ramirez *et al.* 2002, Dias 2007). Dias (2007) demonstrou que a riqueza e a abundância de espécies de Euglossina não diferenciam significativamente entre altitudes (50-2150 m), porém mostra uma forte tendência de diminuição nestes parâmetros a partir de 1000 m de altitude; no entanto a composição de espécies difere significativamente. Armbruster (1993) reporta que a ocorrência de concentrações de recursos ao longo da floresta modifica os padrões de abundância e composição de espécies deste grupo, resultado também encontrado por Roubik (2001). Essas modificações podem estar associadas

a fatores físicos, concentrações de recursos, sítios de nidificação ou de acasalamento. De acordo com Souza *et al.* (2005) diferenças na composição florística local e na disponibilidade de recursos podem alterar a riqueza e a composição das espécies de Euglossina.

Outros fatores críticos sobre a distribuição das espécies estão relacionados aos recursos, tais como locais de nidificação, fontes de pólen, néctar, resina e possivelmente parasitas ou parasitóides (Roubik & Hanson 2004). Abelhas Euglossina cleptoparasitas como *Exaerete*, por exemplo, têm sua presença determinada pela ocorrência do hospedeiro, que são as abelhas do gênero *Eulaema* e *Eufriesea* (Wcislo & Cane 1996; Garófalo & Rozen Jr. 2001, Nemésio & Silveira 2006a).

Diante dos diversos fatores que podem atuar na distribuição das espécies de abelhas Euglossina, o presente estudo teve como objetivos; 1- Comparar a estrutura da comunidade de abelhas Euglossina em quatro diferentes formações fitofisionômicas no domínio de mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro; 2- Identificar como os fatores, temperatura, umidade, precipitação, tipo fitofisionômico e altitude, interferem na composição de espécies entre as áreas comparadas e 3- Verificar a similaridade na composição de espécies entre a comunidade de Euglossina dessas áreas com dados obtidos para outras áreas no estado do Rio de Janeiro, com diferentes fitofisionomias.

1.4. MATERIAL E MÉTODOS

1.4.1. ÁREAS DE ESTUDO- Este estudo foi realizado em quatro fragmentos florestais de diferentes formações fitofisionômicas de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, escolhidos por serem os mais significativos remanescentes nas regiões e por apresentarem estágio de regeneração avançado ou por nunca terem sofrido corte raso, sendo os mais representativos às características originais de Mata Atlântica onde estão situados: Mata do Carvão, Mata da Prosperidade, Mata da Cabecinha e Mata do Itaoca (Figura 1). Para a descrição das áreas, ver descrição no item INTRODUÇÃO GERAL-Áreas de estudo). As siglas utilizadas para as áreas são relativas ao seu tipo fitofisionômico correspondente: Mata do Carvão (MA), Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, Mata dos Tabuleiros (FEST) com altitude de 40m; Mata da Prosperidade (PROSP), Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESS) com altitude 350m; Mata da Cabecinha (CAB), Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM) com 790m de altitude e Mata do Itaoca

(*Inselberg*), Floresta Estacional Semidecidual com afloramentos rochosos com altitude entre 8 e 420m.

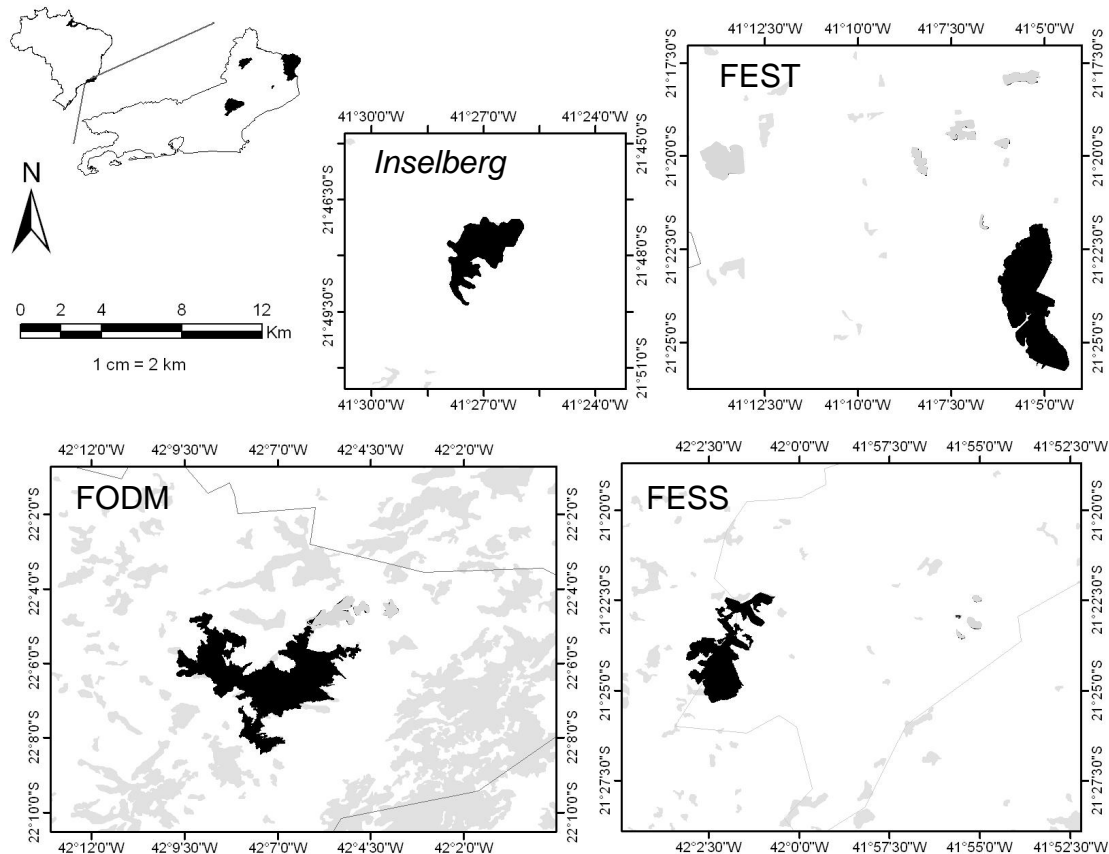


Figura 1: Áreas estudadas no estado do Rio de Janeiro. As áreas pretas no mapa do estado do Rio de Janeiro indicam a região do estado em que o fragmento está localizado. Áreas em preto nos quadros ampliados representam tipo fitofisionômico estudado. FEST-Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, Mata dos Tabuleiros, FESS-Floresta Estacional Semidecidual Submontana; FODM-Floresta Ombrófila Densa Montana e *Inselberg*- Floresta Estacional Semidecidual com afloramentos rochosos. Áreas em cinza representam os fragmentos existentes na região.

1.4.2. COLETA DE DADOS

Os machos das abelhas *Euglossina* foram amostrados mensalmente durante um (1) dia, entre 9 e 15 horas. No *Inselberg*, as amostragens foram feitas entre os meses de maio/08 e abril/09, com exceção do mês de dezembro/08 quando devido a intensas chuvas não foi possível realizar a coleta. Nas demais áreas as coletas foram realizadas entre os meses de agosto/08 e julho/09. A captura foi realizada após atração a cinco iscas aromáticas (cinamato de metila, vanilina, eucaliptol,

acetato de benzila e salicilato de metila), com duas metodologias de amostragem quantitativa: rede entomológica e armadilhas. As iscas foram dispostas em chumaços de algodão, inseridos no interior de armadilhas ou pendurados diretamente em arbustos no sub-bosque, neste caso para coleta direta com rede. Os atrativos foram disponibilizados a 1,5 m do solo, a uma distância mínima de 2 m entre cada atrativo. As armadilhas utilizadas neste estudo seguem o modelo utilizado por Aguiar & Gaglianone (2008a). A distância mínima entre os pontos de coletas foi de 500 m. Optou-se por utilizar dois métodos de captura a fim de minimizar os efeitos seletivos provocados pelas armadilhas, conforme observado por Nemésio & Morato (2006).

A fim de padronizar as condições de coleta e minimizar possíveis efeitos pelo fato das coletas não terem sido realizadas de modo simultâneo nas áreas estudadas, todas as amostragens foram realizadas em dias de sol e nunca em dias com chuva ou com temperaturas muito baixas, atípicas da estação em que estavam sendo realizadas as coletas. Os espécimes capturados foram depositados na Coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais na Universidade Estadual do Norte Fluminense. A identificação taxonômica foi feita por comparações com material já identificado na referida coleção, com base em chaves e publicações de cunho taxonômico, e pelo especialista Dr. Gabriel A.R. Melo (Universidade Federal do Paraná).

1.4.3. ANÁLISES DOS DADOS

O índice de diversidade de espécies foi calculado segundo a fórmula de Shannon-Wiener (Magurran 2003). A dominância foi obtida pelo índice de Berger-Parker (d) e a uniformidade da distribuição de abundância entre as espécies foi calculada segundo a fórmula de Pielou (Magurran 2003). Essas medidas foram obtidas utilizando o programa Past versão 1.91 (Hammer *et al.* 2001).

Para verificar se os métodos de captura com redes entomológicas e armadilhas diferem entre si foi realizada comparação pelo teste t de Student, após ter sido verificada a homogeneidade das variâncias (Levene) entre os valores de diversidade para os dois métodos de captura empregados no estudo. Os cálculos foram feitos utilizando-se o programa Statistica 7.0.

Os padrões de distribuição das abundâncias das espécies nas áreas foram determinados através do Rank-Abundance Plot, onde as abundâncias relativas foram plotadas em ordem decrescente (Whittaker 1965).

A sazonalidade foi expressa como a abundância mensal de todas as espécies em conjunto para cada fitofisionomia e para as quatro espécies mais abundantes nas fitofisionomias estudadas. A abundância dos indivíduos foi transformada para a escala log (x+1) para que a escala de abundância pudesse ser representada uniformemente entre as fitofisionomias (Zar 1996).

A curva de rarefação para riqueza de espécies foi expressa em função de 1000 aleatorizações, conforme indicado por Magurran (2003). A curva foi realizada a fim de avaliar o esforço de amostragem com base na riqueza de espécies para cada uma das áreas estudadas, obtidos através das duas metodologias de amostragem. Essa análise foi realizada com o auxílio do programa EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 2001). As curvas foram obtidas plotando-se os valores simulados pelo EcoSim no Microsoft Office Excel 2007.

Os resultados obtidos para a composição de espécies foram comparados com os de outros levantamentos faunísticos de Euglossina realizados na região norte do estado do Rio de Janeiro. Os dados foram compilados de:

- 1- Nove fragmentos de Floresta Ombrófila Densa Submontana amostrados por Tonhasca *et al.* (2002a) na região do Parque Estadual do Desengano com 22.000 ha (Des1-9) (21°53'S 41°48'W);
- 2- Dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual sobre Tabuleiros, a Mata do Carvão com 1200 ha, sendo uma porção preservada (CPres) e outra com interferência de uma grande queimada (CQuei) (21°24'S 41°04'W), e a Mata do Funil (Fun) com 135 ha (21°33'S 41° 12'W) amostrados por Aguiar & Gaglianone (2008a). A Mata do Carvão corresponde à área de FEST do estudo atual;
- 3- Cinco áreas de Floresta Ombrófila Densa Baixada e Submontana amostradas por Ramalho *et al.* (2009) na Reserva Biológica União (União) com 3126 ha (22°26'S 42°02'W), no fragmento Andorinhas (And) com 145 ha (22°37'S 42°26'W), Imbaú (Imb) com 130 ha (22°36'S 42°28'W), Afetiva (Aft) com 19 ha (22°38'S 42°27'W) e Estreito (Est) com 21 ha (22°37'S 42°27'W).

A ordenação entre as comunidades de Euglossina estudadas e das comunidades em que os dados foram compilados de Tonhasca *et al.* 2002a, Aguiar & Gaglianone 2008 e de Ramalho *et al.* 2009 foram avaliados usando uma Análise

de Correspondência Destendenciada (ACD). Foi montada uma matriz de dados com a abundância de indivíduos em cada fragmento florestal. Os dados de abundância foram preferidos aos dados de presença e ausência, tendo em vista que, mesmo os estudos tendo sido realizados com diferentes metodologias e períodos de coletas, as informações sobre os padrões de abundância das espécies em cada área foram preservados.

A ACD foi empregada pois é comumente aplicado para representar padrões de substituição gradual de espécies ao longo de gradientes ambientais (Ter Braak 1995). Posteriormente, os dois primeiros eixos da ACD foram utilizadas para verificar a relação com a precipitação, temperatura, umidade e altitude das áreas estudada, assim como das áreas em que os dados foram compilados através de uma correlação de Pearson. Os mesmos eixos da ACD foram utilizados para verificar a influência da fitofisionomia sobre a ordenação das comunidades de abelhas *Euglossina* através de uma análise de variância (ANOVA); para isso os tipos fitofisionômicos foram categorizados. A fitofisionomia FODM foi excluída da análise, pois apenas um fragmento dessa formação foi estudado e o fragmento *Inselberg* foi inserido na mesma categoria do fragmento FESS. Essas análises foram realizadas com auxílio do programa Past 1.9.

Algumas atualizações taxonômicas foram realizadas para a matriz de composição de espécies originalmente publicadas, de acordo com as modificações sugeridas pelo Prof. Dr. Gabriel A. R. Melo (comunicação pessoal). Espécies identificadas como *Eufriesea brasilianorum* (Friese), *Euglossa* cf. *deceptrix*, *Euglossa* cf. *nigropilosa* e *Euglossa cybelia* Moure, registradas em Tonhasca *et al.* (2002a), foram consideradas *Eufriesea violacea* (Blanchard), *Euglossa gairanii* Dressler, *Euglossa bembei* Nemésio (as duas últimas), respectivamente. Os espécimes identificados em estudos prévios como *Eufriesea ornata* (Mocsáry), *Euglossa chalybeata* Friese, *E. sapphirina* Moure, *E. townsendi* Cockerell e *Eulaema bombiformis* (Packard) foram considerados, respectivamente, *Eufriesea atlantica* Nemésio, *Euglossa iopoecila*, *E. crassipunctata* Moure, *E. aratingae* Nemésio and *Eulaema niveofasciata* (Friese), de acordo com Gabriel A.R. Melo (comunicação pessoal).

1.5. RESULTADOS

Nas quatro áreas estudadas, foi amostrado um total de 2868 machos de abelhas da subtribo Euglossina pertencentes a 4 gêneros e 15 espécies. *Euglossa cordata* (Linnaeus), *Eulaema nigrita* Lepeletier e *E. cingulata* (Fabricius) foram as espécies dominantes, representando mais de 85% dos indivíduos (Tabela 1).

No fragmento de Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, Mata dos Tabuleiros (FEST) foram amostrados 444 indivíduos pertencentes a 4 gêneros e 10 espécies. *Euglossa cordata* foi a espécie dominante representando 52% dos indivíduos amostrados. A diversidade da área foi de $H'=1,33$ e a uniformidade foi de $J= 0,57$ (Tabela 1).

Na Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESS) foram amostrados 968 indivíduos representados por 4 gêneros e 11 espécies. A espécie dominante foi *Eulaema cingulata* (Fabricius) representando 31% dos indivíduos amostrados. A diversidade observada foi de $H'= 1,56$ e a uniformidade de $J= 0,65$ (Tabela 1).

No fragmento de Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM) foram coletados 288 indivíduos de 3 gêneros e 12 espécies. *Eulaema cingulata* representou 59% dos espécimes amostrados. A diversidade observada foi de $H'= 1,31$ e a uniformidade foi $J= 0,53$ (Tabela 1).

Na área de Floresta Estacional Semidecidual com afloramento rochoso (*Inselberg*) foram capturados 1158 indivíduos pertencentes a 4 gêneros e 11 espécies. A espécie dominante nessa área foi *Euglossa cordata* com 45% dos espécimes amostrados. A diversidade foi de $H'= 1,16$ e a uniformidade foi de $J= 0,48$ (Tabela 1).

A composição de espécies diferiu entre as fitofisionomias estudadas. Algumas espécies foram exclusivas nas fitofisionomias, como *Eulaema atleticana* Nemésio na área de FEST. *Euglossa annectans* Dressler e *E. bembai* na área de FODM. *Eufriesea violacea* (Blanchard) não foi amostrada em FEST. *Euglossa crassipunctata* Moure foi amostrada apenas nas áreas de FESS e FODM. *Euglossa truncata* Rebêlo & Moure foi registrada nas áreas FODM e *Inselberg* (Tabela 1).

Quanto aos diferentes métodos de captura não foram observadas diferenças significativas na diversidade de espécies para as áreas de FEST, FODM e *Inselberg*, quando comparados os métodos de rede e de armadilha. Porém, na área FESS o método de rede entomológica apresentou diversidade significativamente maior que o método de armadilhas (rede entomológica: $H'=1,61$; armadilhas: $H'=1,46$; $t_{\text{calc}}=3,28$,

$p < 0,001$). Além disso, foi observada maior abundância de indivíduos do gênero *Euglossa* com rede entomológica, e para o método com armadilhas a maior abundância foi obtida para o gênero *Eulaema* (Tabela1).

Tabela1: Composição, riqueza, abundância, diversidade, dominância e uniformidade da comunidade de abelhas da subtribo Euglossina utilizando dois métodos de captura, em diferentes fitofisionomias de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. As coletas foram realizadas entre os meses de maio de 2008 e abril de 2009 no *Inselberg* e de agosto de 2008 a julho de 2009 nas demais fitofisionomias. FEST: Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (Mata dos Tabuleiros), FODM: Floresta Ombrófila Densa Montana, FESS: Floresta Estacional Semidecidual Submontana, *Inselberg*: Floresta estacional semidecidual com afloramentos rochosos. * amostradas fora do período de amostragem.

Espécies	FEST			FESS			FODM			<i>Inselberg</i>		
	Armadilha	Rede	Total	Armadilha	Rede	Total	Armadilha	Rede	Total	Armadilha	Rede	Total
<i>Eufriesea surinamensis</i> (L.)	0	1	1	0	1	1	2	2	4	0	5*	5
<i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard)	0	0	0	0	3	3	0	1*	1	0	2	2
<i>Euglossa annectans</i> Dressler	0	0	0	0	0	0	3	6	9	0	0	0
<i>Euglossa cordata</i> (L.)	94	136	230	93	78	171	8	12	20	249	268	517
<i>Euglossa crassipunctata</i> Moure	0	0	0	2	4	6	1	0	1	0	0	0
<i>Euglossa despecta</i> Moure	3	2	5	1	1	2	1	0	1	1	1	2
<i>Euglossa fimbriata</i> Moure	2	0	2	13	9	22	3	1	4	1	1	2
<i>Euglossa bembei</i> Nemésio	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler	7	16	23	3	7	10	2	3	5	2	9	11
<i>Euglossa securigera</i> Dressler	7	5	12	78	135	213	6	3	9	10	15	25
<i>Euglossa truncata</i> Rebêlo & Moure	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
<i>Eulaema atleticana</i> Nemésio	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius)	33	15	48	215	91	306	100	70	170	67	22	89
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	76	44	120	149	93	242	37	25	62	324	168	492
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin)	0	2	2	1	1	2	0	0	0	4	8	12
Abundância	222	222	444	555	423	978	164	124	288	659	499	1158
Riqueza	7	9	10	9	11	11	11	10	13	9	9	11
Diversidade	1,33	1,21	1,31	1,46	1,61	1,56	1,25	1,35	1,34	1,09	1,18	1,16
Dominância	0,42	0,61	0,52	0,39	0,32	0,31	0,61	0,56	0,59	0,49	0,54	0,45
Uniformidade	0,68	0,55	0,57	0,66	0,67	0,65	0,52	0,61	0,53	0,50	0,51	0,48

A estrutura das comunidades nas diferentes fitofisionomias mostrou ser determinada pela dominância de duas espécies na área de FEST, FODM e *Inselberg* e por quatro espécies na área de FESS. Além disso, a maioria das espécies coletadas foi representada por menos de 10% dos indivíduos (Figura 3). Apesar das diferenças de dominância nos padrões de distribuição das abundâncias, as curvas obtidas para importância das espécies não apresentaram diferenças significativas na comparação entre as fitofisionomias (Teste de Kolmogorov-Smirnov, $p > 0,05$), sugerindo o mesmo padrão de distribuição para as fitofisionomias estudadas (Figura 2).

As curvas de rarefação geradas com base na riqueza de espécies em função da abundância encontrada nas áreas de estudo demonstraram a necessidade de maior amostragem na área de FODM, uma vez que a curva não atingiu a assíntota. Nas demais áreas a curva apresentou uma tendência de estabilização a partir da abundância de 400 indivíduos. Comparando a curva de riqueza entre as áreas estudadas percebe-se que a riqueza da área FODM é significativamente superior à riqueza encontrada nas demais áreas analisadas (Figura 3).

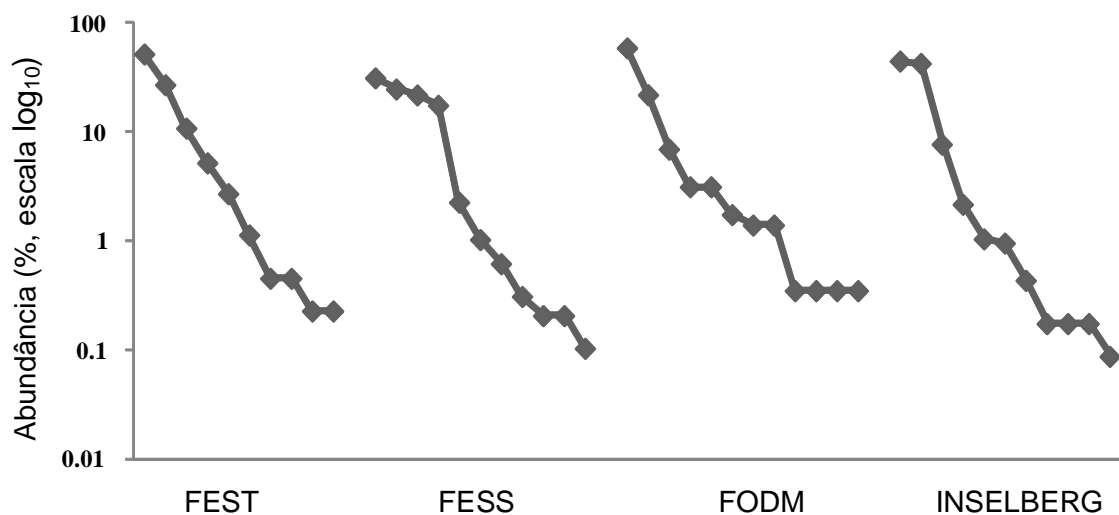


Figura 2: Distribuição da ordem de abundância das espécies de abelhas Euglossina em quatro taxocenoses no estado do Rio de Janeiro. A siglas seguem como na Figura 1.

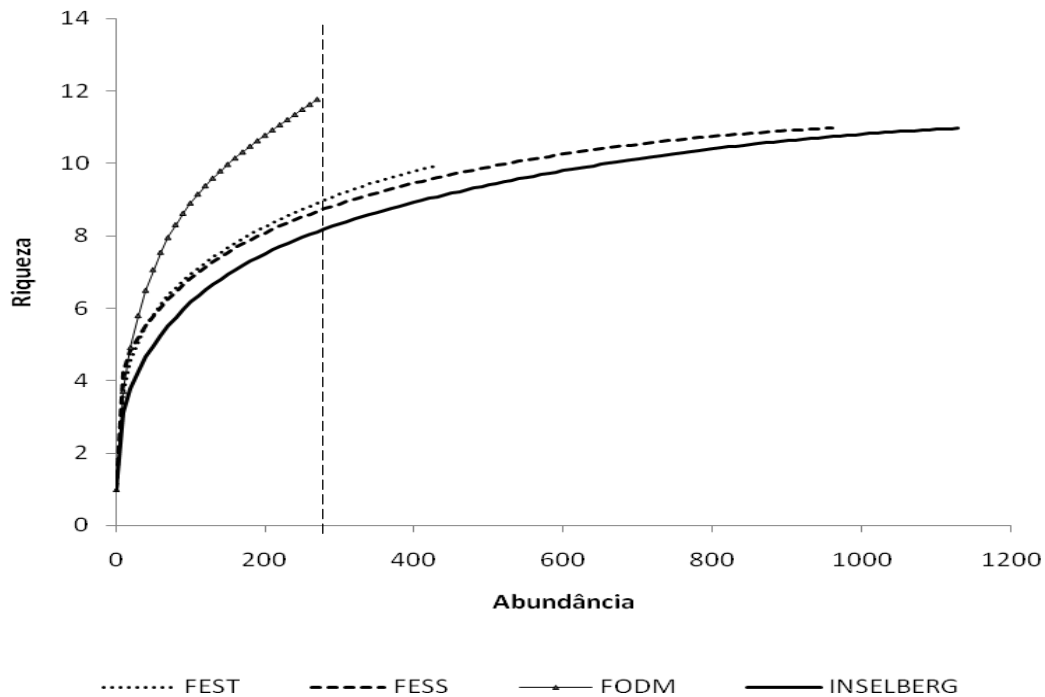


Figura 3: Curvas de rarefação estimadas através de 1000 simulações para o parâmetro de riqueza de espécies de abelhas Euglossina em função da abundância amostrada nas áreas de diferentes fitofisionomias no estado do Rio de Janeiro.

A comunidade de Euglossina mudou sazonalmente em termos de composição e abundância das espécies, e apresentou diferentes padrões de abundância sazonal nas diferentes fitofisionomias no estado do Rio de Janeiro (Figura 4a).

A área de FEST exibiu um pico de abelhas Euglossina em agosto, seguido de meses de menor abundância até o período chuvoso. Em março houve um novo pico de indivíduos, porém menor que o primeiro. A área de FESS apresentou padrão de abundância sazonal parecido com o da área de FEST para o primeiro pico de abundância, que ocorreu em agosto, porém o segundo pico de abundância aconteceu em dezembro. Na área de FODM as maiores abundâncias foram observadas entre novembro e janeiro, sendo o pico mais marcante em dezembro (período chuvoso). No *Inselberg* ocorreu um pico de abundância no mês de julho e outro em novembro, porém menor que o primeiro. No mês de dezembro não houve coleta nesta área em função das chuvas, mas nos meses seguintes a abundância apresentou-se estável até a última coleta na área (Figura 4a).

A variação sazonal baseada nos padrões de abundância foi determinada, principalmente, pelas espécies dominantes. Para *Euglossa securigera* foram registrados dois picos de abundância na área de FODM e na área de FESS, sendo

esses picos em diferentes épocas do ano. Na FESS o maior pico de *Euglossa securigera* registrado correspondeu ao mês de agosto (período seco) e o segundo foi em dezembro (período chuvoso); na área de FODM os picos foram de mesma intensidade, sendo o primeiro observado em setembro e o segundo em dezembro, ambos em período chuvoso. Nas áreas de *Inselberg* e FEST, o padrão de abundância sazonal foi caracterizado por um único pico no mês de julho, período seco para as duas regiões (Figura 4b).

De modo geral, em todas as fitofisionomias estudadas *Eulaema cingulata* apresentou dois períodos de maior abundância, um mais expressivo no período seco nas áreas de FESS, FEST e *Inselberg* e outro na estação chuvosa, enquanto na FODM a maior abundância ocorreu no período chuvoso (Figura 4c). Para *Eulaema nigríta* o pico de abundância foi observado na estação chuvosa (janeiro a abril) para todas as áreas estudadas (Figura 4d). *Euglossa cordata* apresentou picos diferentes de abundância nas fitofisionomias estudadas. Na área de FEST os picos de abundância desta espécie ocorreram somente no período seco (agosto/08 e julho/09), enquanto na área de FODM o pico de abundância foi registrado somente durante o período chuvoso (janeiro/09). Nas áreas de FESS e *Inselberg* foram observados dois picos de abundância para *Euglossa cordata*, um pico com maior abundância na seca e outro pico na estação chuvosa (Figura 4e). Já *Eufriesea violacea* e *E. surinamensis* foram amostradas apenas no período chuvoso, entre os meses de novembro e janeiro, em todas as áreas de ocorrência.

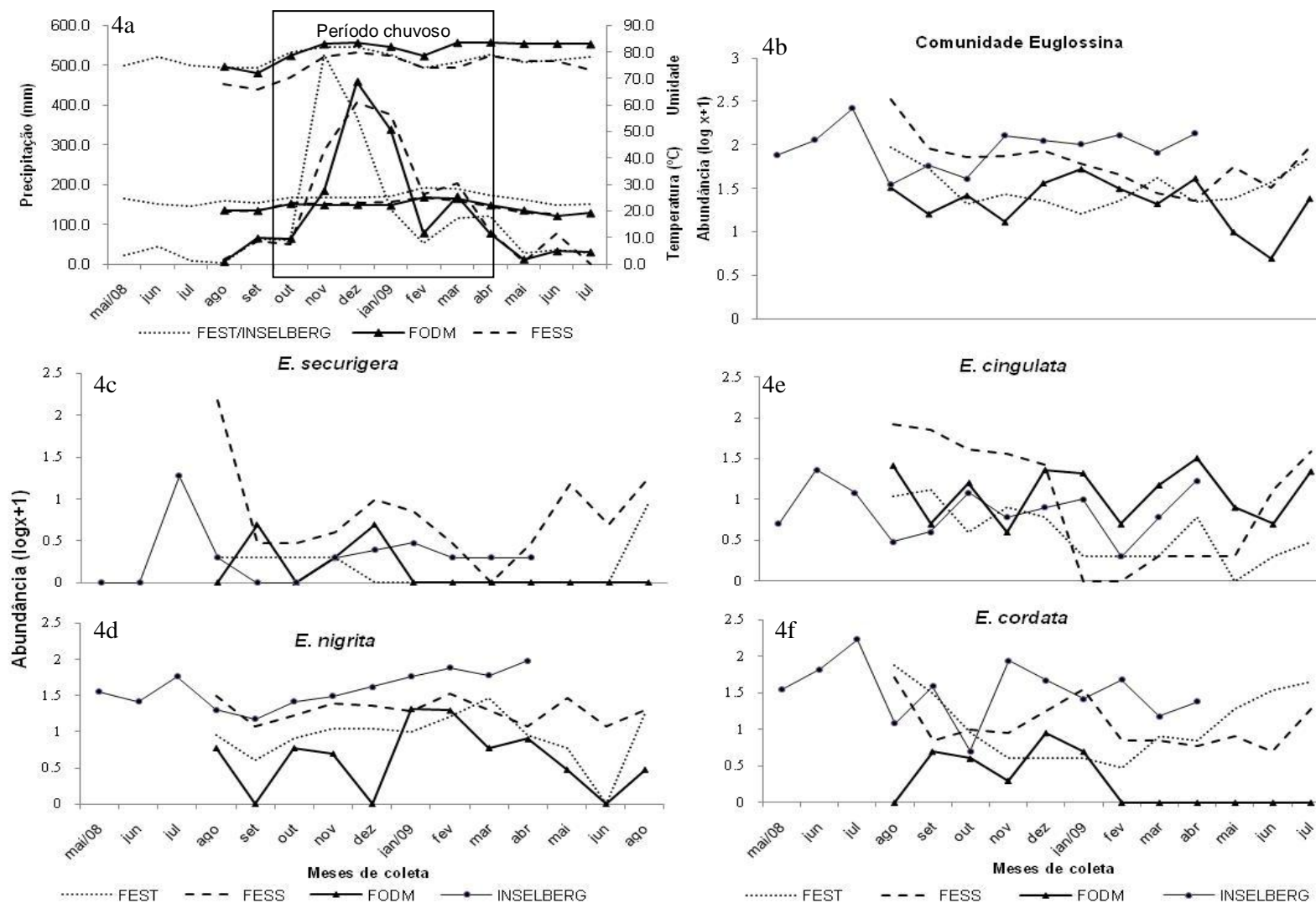


Figura 4: Dados climáticos (a) e sazonalidade para as comunidades de abelhas Euglossina (b) para as quatro fitofisionomias no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. 4c a 4f representam a sazonalidade para as espécies mais abundantes (*Euglossa securigera*, *Eulaema cingulata*, *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata*).

A abundância média de *Eulaema cingulata* não diferiu significativamente entre as fitofisionomias (Kruskal Wallis $H_{3,41} = 7,004$; $p = 0,07$) (Figura 5a). Diferenças significativas foram observadas na abundância de *Eulaema nigrita* (ANOVA $F_{3,41} = 18,67$; $p = 0,000$) (Figura 5b), *Euglossa cordata* (ANOVA $F_{3,41} = 16,46$; $p = 0,000$) (Figura 5c) e *Euglossa securigera* (ANOVA $F_{3,41} = 7,29$; $p = 0,000$) (Figura 5d) entre as fitofisionomias estudadas. O teste *post hoc* de Tukey demonstrou essas diferenças entre as fitofisionomias (Figura 5a-d).

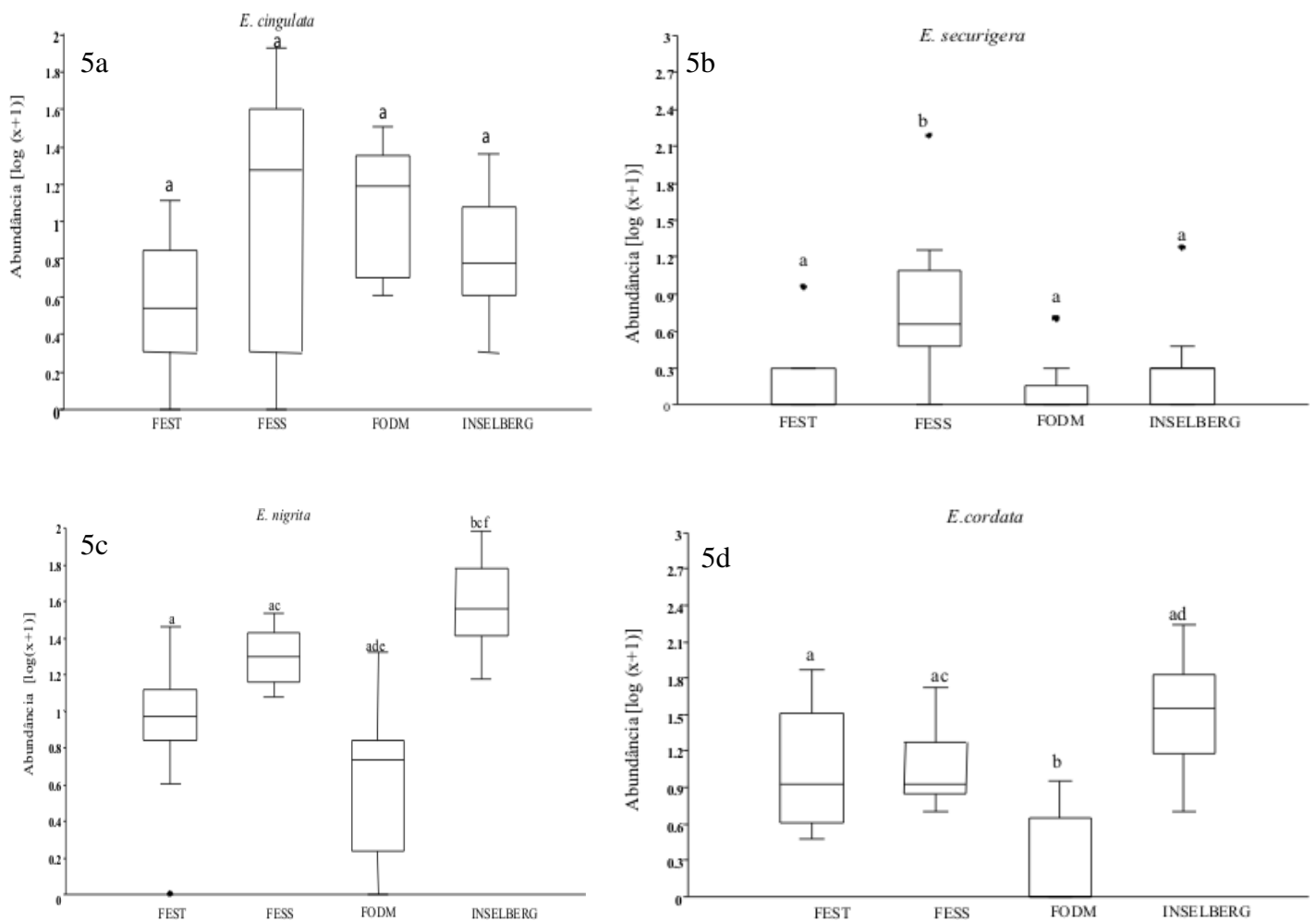


Figura 5: Abundância mensal das espécies mais abundantes nas fitofisionomias no nortenoeste do estado do Rio de Janeiro: a) *Eulaema cingulata*; b) *Euglossa securigera*, *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata*. Estão representados os valores máximos e mínimos de indivíduos (barras), as os intervalos interquartis de 25% (caixas) e a mediana (linha dentro da caixa).

A análise de correspondência destendenciada (ACD) entre as comunidades de abelhas *Euglossina* resultou em três grupos, onde um grupo compreende todas as áreas com o tipo fitofisionômico de Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, Mata dos Tabuleiros (FEST), o outro grupo representando as áreas de Floresta Ombrófila Densa Baixada, e um terceiro grande grupo, que apesar de estar esparsos no diagrama da ACD, agrupam as áreas que compreendem a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Floresta Ombrófila Densa Submontana e Montana (Figura 6). O autovalor no eixo 1 e eixo 2 foram, respectivamente, 0,20 e 0,13. A porcentagem da variância explicada pelo eixo 1 foi 47,3% e no eixo 2 foi 19,8%.

A correlação entre o eixo 1 da ACD e as variáveis abióticas estudadas mostraram influência negativa significativa da precipitação ($r = -0,57$, $p = 0,007$) e positiva da altitude ($r = 0,73$; $p = 0,0001$) sobre a ordenação das comunidades de abelhas *Euglossina* no primeiro eixo da ACD. No eixo 2, a precipitação e a umidade apresentaram influência positiva significativa ($r = 0,56$; $p = 0,006$; $r = 0,62$; $p = 0,002$, respectivamente) enquanto a temperatura apresentou influência negativa significativa ($r = -0,66$; $p = 0,001$) sobre a ordenação das comunidades de abelhas *Euglossina* estudadas (Tabela 2).

A fitofisionomia também demonstrou forte influência sobre a ordenação das comunidades de abelhas *Euglossina* nos eixos 1 e 2 (ANOVA, $F = 16,30$; $p = 0,000$ e $F = 5,52$; $p = 0,008$, respectivamente).

Tabela 2: Correlação de Pearson entre os eixos 1 e 2 da análise de correspondência destendenciada (ACD) e as variáveis precipitação, temperatura, umidade e altitude das áreas estudadas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, relativo à composição de espécies de *Euglossina*.

	PRECIPITAÇÃO	TEMPERATURA	UMIDADE	ALTITUDE
EIXO1	$r = -0,57$; $p = 0,007$	$r = -0,21$; $p = 0,35$	$r = 0,06$; $p = 0,79$	$r = 0,73$; $p = 0,0001$
EIXO2	$r = 0,57$; $p = 0,006$	$r = -0,66$; $p = 0,001$	$r = 0,62$; $p = 0,002$	$r = -0,09$; $p = 0,69$

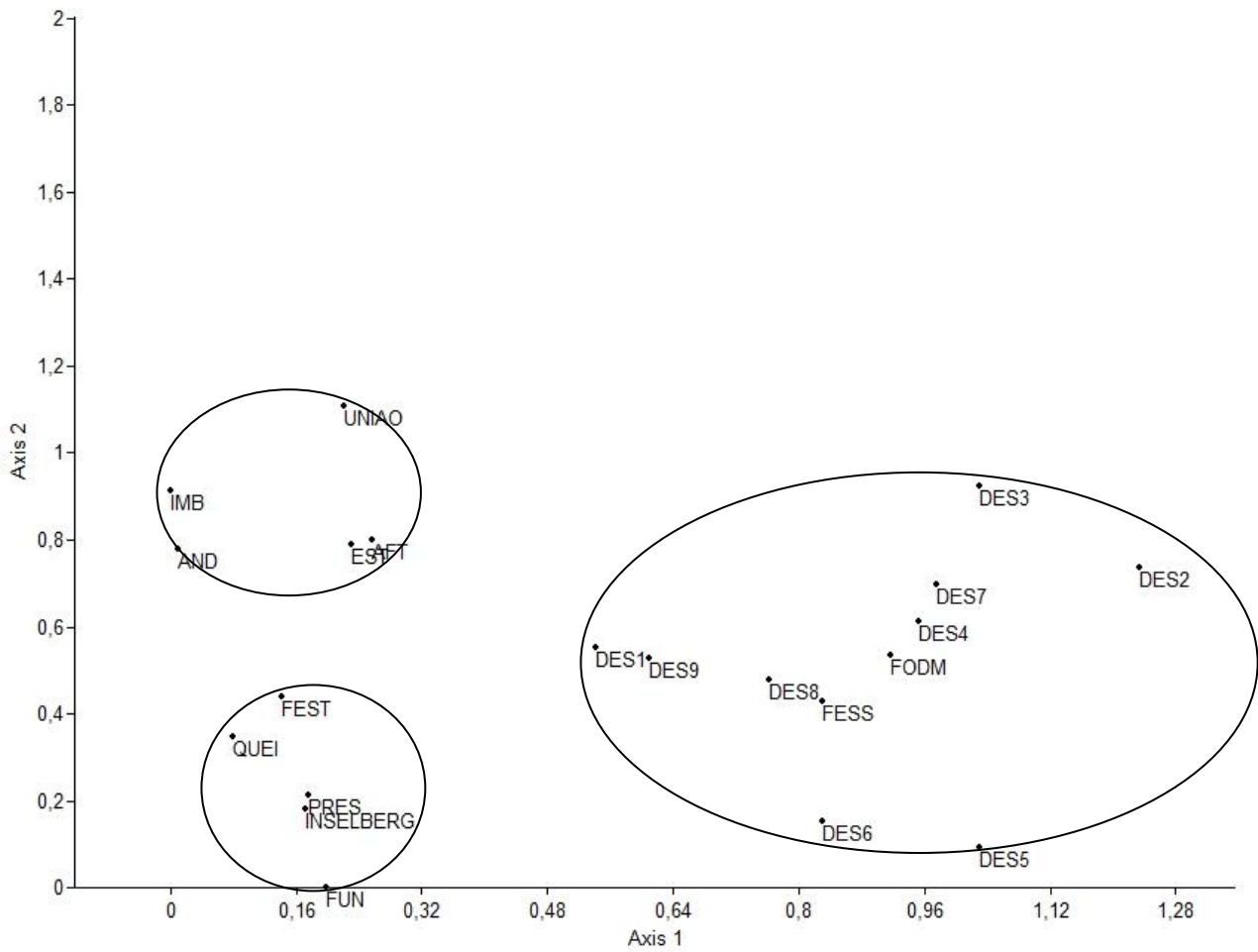


Figura 6: Diagrama da análise de correspondência canônica (ACD) das áreas estudadas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, relativo à composição de espécies de Euglossina. Des1-9: áreas da região do Desengano, Uni: Reserva Biológica União, EST: Estreito, And: Andorinhas, Imb: Imbaú, Aft: Afetiva, Quei e Pres: Mata do Carvão (Queimada e Preservada), FUN: Funil, FEST: Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, Mata dos Tabuleiros, FODM: Floresta Ombrófila Densa Montana, FESS: Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Inselberg: Floresta Estacional Semidecidual com afloramentos rochosos.

1.6. DISCUSSÃO

Estrutura das comunidades

A fauna de Euglossina no domínio de Mata Atlântica, segundo Nemésio (2009), é de 54 espécies. Juntando-se os dados de todas as áreas amostradas no RJ são conhecidas 32 espécies para o estado, o que corresponde a 59% das espécies de Euglossina para este Bioma (Tonhasca *et al.* 2002a, Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009). Para as áreas de Mata Atlântica no norte-noroeste do estado do Rio de Janeiro (autores supracitados e presente estudo), a fauna de Euglossina é de 24 espécies, correspondendo a 75% das espécies conhecidas para o estado e 44% das espécies com ocorrência no domínio de Mata Atlântica. Portanto, apesar de bastante devastada, a região norte-noroeste do estado do Rio de Janeiro ainda apresenta riqueza considerável de espécies da subtribo Euglossina.

A riqueza de espécies amostrada neste estudo é comparável ao que já se conhecia para a região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. Todas as espécies amostradas nas diferentes fitofisionomias já haviam sido registradas em estudos anteriores (Tonhasca *et al.* 2002a, Aguiar & Gaglianone 2008a e Ramalho *et al.* 2009), com exceção de *Euglossa annectans* e *Eulaema atleticana* que representam o primeiro registro para a região.

Comparando-se com dados já obtidos por outros autores e pelas curvas de rarefação, sabe-se que este número de espécies está subestimado para FODM. O fato é que, na região amostrada, as maiores altitudes e temperaturas mais amenas podem ter influenciado na riqueza de espécie, pois é sabido que este parâmetro tende a diminuir com o aumento da altitude (Dias 2007) e com a diminuição da temperatura (Santos & Sofia 2002, Farias *et al.* 2007). Em outras áreas de Floresta Ombrófila no estado do Rio de Janeiro foram observadas maiores riquezas de espécies de Euglossina. Ramalho *et al.* (2009) encontrou 17 espécies na Reserva Biológica União, que constitui Floresta Ombrófila Baixada ou Submontana, sendo umas das áreas mais preservadas desta formação vegetacional no estado do Rio de Janeiro, com mais de 3600 ha (Rocha *et al.* 2003). Tonhasca *et al.* (2002a) amostrou até 15 espécies em um único fragmento de Floresta Ombrófila Submontana, no Parque Estadual do Desengano, também em áreas consideradas em bom estado de conservação (Rocha *et al.* 2003). Porém, nessas regiões as condições climáticas

parecem ser mais favoráveis a essas abelhas, com temperaturas mais elevadas e menores altitudes. Outro fator a ser considerado para uma menor riqueza de espécies na área de FODM é que a área estudada, apesar de ser um fragmento consideravelmente grande é uma área de regeneração com cerca de 60 anos (segundo os moradores locais), o que pode não favorecer a ocorrência de espécies como *Euglossa marianae* Nemésio, *Euglossa iopoecila* Dressler e *Euglossa chalybeata* Friesea e *Euglossa ignita* Smith, espécies registradas em área de Floresta Ombrófila bem preservadas na região norte e noroeste (Tonhasca *et al.* 2002a, Ramalho *et al.* 2009) e que não foram registradas no presente estudo.

Em áreas de Floresta Estacional têm sido observados menores valores de riqueza de espécies quando comparado às áreas de Floresta Ombrófila. Em estudo anterior, Aguiar & Gaglianone (2008a) haviam encontrado 12 espécies na Estação Ecológica de Guaxindiba, enquanto no presente estudo a riqueza foi de 10 espécies na mesma área estudada previamente. Das 12 espécies amostradas por Aguiar & Gaglianone (2008a), quatro não foram amostradas pelo presente estudo (*Eulaema bombiformes* Packard, *Euglossa gairanii* Dressler e *Euglossa leucotricha* Rebêlo & Moure e *Euglossa truncata*), enquanto outras duas espécies que não haviam sido amostradas anteriormente foram registradas agora (*Eufriesea surinamensis* e *Eulaema athleticana*). A maior riqueza de espécies observada por Aguiar & Gaglianone (2008a) pode estar relacionado com o fato de que esses autores coletaram em dois pontos bem distintos da mata, um ponto na área mais preservada, onde foram registradas nove espécies, e outro na área que sofreu uma grande queimada em anos anteriores ao estudo, que apresentou 11 espécies. No presente trabalho, apesar de também ter sido utilizado dois pontos de amostragem (um com armadilha e outro com rede entomológica), estes foram dispostos apenas na área mais preservada a mata. Como discutido em Aguiar & Gaglianone (2008a), a maior riqueza na área queimada da mata pode ter ocorrido em função da grande disponibilidade de recursos florais observados ao longo do ano, principalmente por plantas pioneiras em trilhas dentro da mata. Deve-se levar em consideração, entretanto, que a comunidade é dinâmica e as diferenças encontradas entre os estudos realizados com três anos de intervalo podem refletir mudanças ocorridas na composição ou ainda em alterações na abundância das espécies, o que refletiria em menor chance de reamostragem das espécies raras.

No presente estudo foi observado que fatores relacionados às diferenças fitofisionômicas influenciaram no padrão de abundância e composição de espécies de Euglossina, principalmente entre áreas de Floresta Semidecídua e Floresta Ombrófila. É sabido que a estrutura de uma comunidade é influenciada pela distribuição geográfica das espécies, que é determinada por fatores como clima, vegetação, competição com espécies similares e fatores históricos (Rosenzweig 1995; Roubik & Hanson 2004). Aspectos fitofisionômicos da vegetação, disponibilidade de recursos, variações de temperatura e gradientes de altitude são fatores que podem alterar a riqueza e composição das espécies de Euglossina (Ramirez *et al.* 2002, Souza *et al.* 2005, Dias 2007, Nemésio & Silveira 2007a). Além desses fatores, a heterogeneidade do hábitat é determinante na riqueza, abundância e composição de espécies (Armbruster 1993, Tonhasca *et al.* 2002b). No caso das abelhas Euglossina, espécies hospedeiras são requeridas para a ocorrência de espécies cleptoparasitas, como *Exaerete* (Wcislo & Cane 1996; Nemésio & Silveira 2006a).

Eulaema atleticana Nemésio foi amostrada exclusivamente em FEST. De acordo com Nemésio (2009), esta espécie é endêmica da Mata Atlântica e está restrita a áreas costeiras do nordeste e sudeste do Brasil. Segundo esse autor, a espécie não parece ser rara onde ocorre, mas no presente estudo apenas um indivíduo foi registrado e em estudo anterior nesta mesma área (Aguiar & Gaglianone 2008a) esta espécie não foi registrada, dando indícios de que é rara nesta área.

Euglossa annectans Dressler e *Euglossa bembei* Dressler foram registradas exclusivamente na área de FODM. Segundo Nemésio (2009), *Euglossa annectans* apresenta distribuição em Minas Gerais, Rio de Janeiro até Santa Catarina e na Argentina (esta espécie é tratada com sinônimo júnior de *Euglossa stellfeldi* Moure em Nemésio 2009). No entanto, nesse estudo espécimes de *E. annectans* só foram registrados em área de FODM (acima de 750 m de altitude). Essa espécie também foi amostrada em regiões com altitudes acima de 600 m por Garófalo *et al.* (1998) em Floresta Semidecidual no estado de São Paulo, por Nemésio & Silveira (2007) em fragmentos de Floresta Semidecíduais e Cerrado em Minas Gerais. Na região sul do Brasil essa espécie tem sido amostrada em áreas de Floresta Ombrófila Densa de menores altitudes (Cortopassi-Laurino *et al.* 2009, Giangarelli 2011), porém em temperaturas mais amenas (18 a 20°C). É possível que a altitude não seja o fator

determinante para ocorrência de espécie, mas sim a temperatura, que na região de estudo está restrita a áreas de maiores altitudes.

Euglossa bembéi, exclusiva na área de FODM neste estudo, apresenta distribuição ao norte da América do Sul, na Bacia Amazônica (Roubik & Hanson 2004) e na Mata Atlântica, onde foi amostrada nos estados de Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo em áreas de Floresta Ombrófila (Tonhasca *et al.* 2002a, Darrault *et al.* 2006, Moure *et al.* 2007, Ramalho *et al.* 2009).

Euglossa crassipunctata Moure foi amostrada apenas nas áreas de FESS e FODM. Na Mata Atlântica esta espécie tem sido registrada em florestas bem preservadas (Tonhasca *et al.* 2002a, Nemésio & Silveira 2006b e Ramalho *et al.* 2009), e, segundo Nemésio (2009), seria relativamente comum na sua área de distribuição. Neste estudo esta espécie foi registrada em áreas que estão em estágio de regeneração, mas que não necessariamente estão bem preservadas.

Euglossa truncata Rebêlo & Moure foi registrada nas áreas FODM e *Inselberg*. Essa espécie é restrita à Mata Atlântica, e normalmente poucos indivíduos são coletados em estudos de comunidades (Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009). Apesar de não ter sido amostrada em todas as áreas estudadas, essa espécie foi amostrada anteriormente em Floresta Estacional Semidecidual (FEST) por Aguiar & Gaglianone (2008a) e em Floresta Ombrófila Densa por Tonhasca *et al.* (2002a) e Ramalho *et al.* (2009), porém com apenas um indivíduo amostrado em cada área estudada. Na revisão realizada por Nemésio (2009), 90% dos indivíduos deste espécie são amostrados em eugenol, o que pode ter limitado a sua ocorrência nas amostragens realizadas no presente trabalho, já que esta isca não foi utilizada.

Eufriesea violacea (Blanchard) não foi amostrada em áreas de FEST. Uehara-Prado & Garófalo (2006) avaliaram a variação na abundância desta espécie em um gradiente altitudinal e verificaram picos sequenciais de abundância do ponto mais baixo (700 m) para o ponto mais alto (1100 m). Esse comportamento pode explicar a ausência dessa espécie na área de FEST e a ocorrência nas demais áreas estudadas, principalmente por ser uma espécie comum e amplamente distribuída no região sudeste do Brasil chegando a Goiás e Mato Grosso até o Paraguai e a Argentina (Nemésio 2009). Recentemente, Giangarelli *et al.* (2009) atribuíram a diminuição da abundância dessa espécie à redução do fragmento florestal. No entanto, no presente trabalho a variação de altitude das áreas amostradas neste estudo parece limitar a ocorrência dessa espécie na referida área.

As áreas estudadas variam quanto aos fatores abióticos, e para várias espécies de Euglossina sabe-se que o clima pode ser determinante para sua ocorrência e para maior ou menor abundância, como discutido acima para *Eulaema atleticana* e *Eufriesea violacea*. Neste estudo, dentre os parâmetros da comunidade avaliados ao longo do ano, apenas o padrão de abundância apresentou diferença significativa entre as fitofisionomias analisadas. Tonhasca *et al.* (2002b) e Aguiar & Gaglianone (2008a) sugerem que o padrão de abundância pode ser influenciado pela distribuição de recursos dentro do fragmento. Nas diferentes fitofisionomias, outros fatores como temperatura, precipitação, umidade e altitude característicos parecem ter influenciado na ocorrência e no padrão de abundância das espécies. Diversos autores indicam como responsáveis pela variação na abundância ao longo do ano, além destes fatores a dispersão do odor dentro da floresta (Nemésio & Silveira 2006b) e a densidade do sub-bosque, densidade de plantas lenhosas e cobertura do dossel (Viana *et al.* 2006).

A riqueza e a abundância encontradas no *Inselberg* são surpreendentes quando comparado com as demais fitofisionomias estudadas, principalmente por tratar-se de um fragmento com grandes perturbações antrópicas e relativamente isolado. Possivelmente, o mosaico de distintas formações vegetais, composto por formação florestal semidecidual e vegetação rupícola sobre os afloramentos rochosos (Dan *et al.* 2009) possibilita essa grande riqueza e diversidade de espécies, aumentando a disponibilidade de fontes de recursos florais, como das espécies de Bromeliaceae, Orchidaceae, Clusiaceae e Velloziaceae, além de locais de nidificação para as abelhas Euglossina (Ramirez *et al.* 2002).

A alta abundância na área de *Inselberg* deu-se em decorrência do significativo número de indivíduos de *Euglossa cordata*, *Eulaema nigrita* e *E. cingulata*, espécies consideradas comuns para a região norte do estado do Rio de Janeiro (Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009) e indicadas como resistentes a ambientes abertos, secos e alterados (Peruquetti *et al.* 1999, Tonhasca *et al.* 2002a, Aguiar & Gaglianone 2008a), como é o caso de grande parte do *Inselberg* Morro do Itaoca, que apresenta algumas porções mais preservadas, com mata mais alta, além de áreas abertas, ou antropizadas, com exposição das rochas, onde a vegetação é arbustiva e herbácea.

A dominância de *Euglossa cordata*, *Eulaema nigrita* e *Eulaema cingulata* é comumente observada em vários estudos realizados na Mata Atlântica (Peruquetti *et al.* 1999, Aguiar & Gaglianone 2008a, Farias *et al.* 2008, Ramalho *et al.* 2009,

Nemésio & Silveira 2010). Os autores supracitados atribuem a dominância dessas espécies a sua resistência e permanência em áreas abertas e/ou perturbadas. Porém, nossos dados (ver Capítulo 2), assim como Ramalho *et al.* (2009), sugerem que essas espécies podem ocorrer em grande número em áreas com diferentes tamanhos e condições de conservação, não corroborando a sua ocorrência como um parâmetro indicador de área degradada. Deve-se considerar que essas espécies apresentam comportamento de nidificação não solitário, o que pode favorecer esse padrão de dominância em diversas comunidades (Roubik 1990, Garófalo 1992, Garófalo 1994, Souza 2007, Roubik & Hanson 2004).

Ao contrário do resultado obtido por Nemésio & Morato (2006) em áreas de floresta Amazônica, os dois métodos de captura utilizados, tanto rede entomológica quanto armadilhas, mostraram a mesma eficiência para reportar os padrões de abundância, riqueza e sazonalidade na comunidade de Euglossina. No entanto, pode-se perceber maior abundância de abelhas do gênero *Eulaema* nas armadilhas, enquanto com rede entomológica a maior abundância de indivíduos foi de *Euglossa* e *Eufriesea*. Esse resultado sugere que a utilização dos dois métodos de captura é o mais indicado para estudos de levantamentos de espécie e estrutura de comunidades. Entretanto, quando grande número de pontos ou áreas precisarem ser amostrados, como em estudos de fragmentação, o método de armadilhas parece ser o mais indicado por ser representativo dos parâmetros da comunidade e por permitir a coleta simultânea em vários pontos ou áreas de amostragem, com menor gasto logístico (ver Capítulos 2 e 3).

O padrão de distribuição de abundância observado neste estudo é semelhante aos padrões descritos por outros autores em diferentes áreas de Mata Atlântica, com poucas espécies muito abundantes e a maioria das espécies representadas por poucos indivíduos (Rebêlo & Garófalo, 1997; Sofia *et al.* 2004, Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009). Entretanto, esse padrão não parece se repetir quando se analisa a comunidade de Euglossina em pequenos fragmentos (ver Capítulo 2). Neste caso, foi encontrado o padrão contrário ao comumente observado, com maior número de espécies com muitos indivíduos e poucas espécies com poucos indivíduos (raras), o que pode ser atribuído a eventos de extinção local de espécies raras nesses pequenos fragmentos (ver Capítulo 2).

SAZONALIDADE

Os dados indicaram sazonalidade pronunciada das comunidades de Euglossina, com maior atividade na estação chuvosa. A variação sazonal na abundância de indivíduos deste grupo foi descrita para diversas comunidades estudadas (Janzen *et al.* 1982, Ackerman 1983, Roubik & Hanson 2004).

Os padrões sazonais encontrados para a comunidade de Euglossina na área de FEST, FESS e *Inselberg* assemelham-se aos dados de Aguiar & Gaglianone (2008a), onde foram observados dois picos de abundância, um pico maior, na estação seca em decorrência do grande número de indivíduos de *Euglossa cordata*, *E. securigera* e *Eulaema cingulata*, e outro pico na estação chuvosa com predomínio de *Eulaema nigrita*. No entanto, é notável que na área de FESS o pico da estação chuvosa é mais prolongado do que o observado para FEST e *Inselberg*, o que implica em pouca variação na abundância ao longo do ano para esta área. Em outras comunidades, o padrão comumente observado é maior pico de abundância na estação chuvosa (Becker *et al.* 1991; Rebêlo & Garófalo 1991; Oliveira & Campos 1995; Ramalho *et al.* 2009), como observado em FODM. A explicação para os diferentes padrões de sazonalidade nas fitofisionomias pode estar associada a atividades de nidificação e emergência de adultos, que também diferem nessas mesmas áreas estudadas (Teixeira F.M., comunicação pessoal), ou fatores como picos de floração de espécies fontes de recursos, como os observados para espécies de orquídeas (Pessanha 2011), fonte de substâncias aromáticas para os machos ou *Clusia* (observação pessoal) ou fonte de resinas florais para as fêmeas no *Inselberg*.

A ocorrência de *Eufriesea violacea* e *E. surinamensis* apenas no mês de novembro pode ser explicada pelo fato dessas espécies serem sazonais, com atividade restrita a poucos meses do ano, como já evidenciado por outros autores (Cesário 2007, Aguiar & Gaglianone 2008b). No *Inselberg* observa-se a nidificação de *Eufriesea violacea* durante o mês de outubro e novembro, que corresponde ao período de atividade dessa espécie na área (Marques, M.F. comunicação pessoal). O gênero *Eufriesea* inclui abelhas tipicamente sazonais, sendo algumas espécies ativas apenas durante um ou dois meses por ano (Dressler 1982a).

AGRUPAMENTO DA COMPOSIÇÃO DE EUGLOSSINA

A análise de correspondência destencidada entre as diferentes fitofisionomias no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro revelou a formação de três grupos. A maioria das espécies amostradas nessa região são similares às encontradas em todas as áreas comparadas neste estudo. As diferenças intrínsecas de cada fitofisionomia, como temperatura, umidade, altitude e precipitação são responsáveis por essas diferenças na composição de Euglossina. A ACD revelou alta correlação entre estes fatores abióticos e a composição de espécies, sendo esses fatores os responsáveis pela disposição agrupada dos fragmentos nos eixos 1 e 2. De acordo com Souza *et al.* (2005), as diferenças na composição florística local e na disponibilidade de recursos podem ser fatores importantes na variação da riqueza e composição das espécies de Euglossina. As pequenas diferenças encontradas entre as áreas comparadas estão relacionadas com as características fitofisionômicas e as variações de clima específicas de cada região estudada.

Além dos fatores indicados como responsáveis pelas diferenças nas comunidades de Euglossina, a fragmentação e perda de hábitat na Mata Atlântica, assim como processos antrópicos locais como retirada ilegal de madeira registrada na área de FEST, extração de plantas ornamentais observado no *Inselberg*, assim como o tempo de regeneração (de 50-70 anos) nas áreas de FODM e FESS, podem provocar alterações na composição de espécies.

1.7. CONCLUSÕES

Apesar de bastante devastada, a região norte-noroeste do estado do Rio de Janeiro ainda apresenta riqueza considerável de espécies da subtribo Euglossina, tendo representado 75% das espécies conhecidas para o estado do Rio de Janeiro e 44% das espécies registradas no domínio de Mata Atlântica.

O estudo revela a importância de conservação deste grupo de abelhas em diversas formações fitofisionômicas, uma vez que a composição de espécies de abelhas Euglossina diferiu entre as fitofisionomias estudadas, assim como o padrão de abundância e dominância das espécies. As diferenças encontradas entre as áreas comparadas foram influenciadas, principalmente, pela precipitação, altitude, temperatura e umidade, assim como pelas características específicas de cada região estudada. Fatores envolvendo o histórico de fragmentação e perda de hábitat de cada região estudada também podem ser responsáveis por parte das alterações na composição de espécies de Euglossina.

CAPÍTULO 2

EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL SOBRE AS
COMUNIDADES DE ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA;
APIDAE) EM ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA

2.1. RESUMO: Abelhas Euglossina são importantes polinizadores em florestas tropicais e subtropicais. A fragmentação e a perda de hábitat têm revelado resultados pouco conclusivos sobre a estrutura das comunidades dessas abelhas. Com o objetivo de verificar possíveis efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades foram analisadas as relações entre a estrutura das comunidades dessas abelhas e as características dos fragmentos onde se localizam, tais como: tamanho, isolamento, perímetro e razão perímetro/área. Para tanto, machos foram amostrados em 18 áreas variando entre 2 e 1200 ha no domínio de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. A amostragem consistiu em coletas trimestrais de 9:00 às 15:00 horas, entre maio/2007 e julho/2009, com a utilização de armadilhas contendo cinamato de metila, vanilina, eucaliptol, acetato de benzila e salicilato de metila como atrativos. Amostraram-se 4961 indivíduos pertencentes a 4 gêneros e 14 espécies. As espécies mais abundantes foram *Eulaema nigrita* Lep., *Euglossa cordata* L. e *Eulaema cingulata* Fab.. *Eufriesea violacea* e *Euglossa crassipunctata* foram amostradas em áreas com tamanho superior a 125 ha e com perímetro superior a 5 km. *Euglossa annectans* foi amostrada apenas em fragmentos acima de 700 m de altitude, independente do tamanho, forma, isolamento e perímetro. A abundância foi correlacionada significativamente com o tamanho e o perímetro do fragmento ($r=0,70$; $p=0,001$ e $r=0,55$; $p=0,017$, respectivamente), assim como a riqueza ($r=0,81$; $p=0,000$ e $r=0,80$; $p=0,000$, respectivamente). A diversidade e dominância das espécies relacionaram-se significativamente com o isolamento do fragmento ($r=-0,50$; $p=0,030$ e $r=0,50$; $p=0,034$, respectivamente). Nossos dados demonstram que os processos advindos da fragmentação e da perda de hábitat afetam significativamente os parâmetros das comunidades de abelhas Euglossina na Mata Atlântica. Espécies mais abundantes demonstraram ocupar os fragmentos independentemente do tamanho, perímetro, forma e isolamento. No entanto as espécies que apresentam baixas abundâncias em áreas bem preservadas foram mais criticamente afetadas pela fragmentação florestal.

PALAVRAS-CHAVE: Abelhas das orquídeas, conservação, polinização, floresta tropical e efeitos antrópicos.

2.2. ABSTRACT: Euglossine bees are important pollinators in tropical and subtropical forests. The fragmentation and habitat loss have revealed inconclusive results on the community structure of these bees. In order to verify the effects of forest fragmentation, the males were collected in 18 forest fragments ranging in area from 2 to 1200 ha in Atlantic forest in southeastern Brazil, in order to verify if the community structure of these bees is affected by the size, isolation, perimeter and perimeter/area ratio of these fragments. Sampling was conducted quarterly from 9 a.m. to 3 p.m., between May/2007 and July/2009, with the use of entomological traps containing scent-baits of methyl cinnamate, vanillin, eucalyptol, benzyl acetate and methyl salicylate as attractive. A total of 4961 individuals, fourteen euglossine bee species belonging to four genera were sampled; the most frequent and abundant were *Eulaema nigrita* Lep., *Euglossa cordata* (L.), and *E. cingulata* (Fab.). *Eufriesea violacea* (Blanchard) and *Euglossa crassipunctata* Moure were sampled mainly in areas with size and perimeter higher than 125 ha and 5km, respectively. *Euglossa annectans* Dressler was sampled only in fragments over 700m altitude, regardless of size, shape, isolation and perimeter. The abundance was significantly correlated with the size and the fragment perimeter ($r= 0.70$, $p=0.001$ and $r=0.55$, $p=0.017$, respectively). The diversity and dominance of species was significantly correlated with the isolation of the fragment ($r=-0.50$, $p=0.030$ and $r=0.50$, $p=0.034$, respectively). Our data demonstrate that the processes derived from fragmentation and habitat loss affect significantly the parameters of euglossine bees community in southeastern Brazil. The most abundant species occupy fragments regardless of size, perimeter, shape and isolation, but the species with low abundances in well-preserved areas are most critically affected.

KEYWORDS: Orchid bees, conservation, pollinator, tropical forest, antropogenic effects.

2.3. INTRODUÇÃO

O aumento das fronteiras agrícolas e atividades agropecuárias têm resultado em fragmentação e perda de hábitat. Como consequência desse processo, a biodiversidade global apresenta grandes perdas, envolvendo mudanças não apenas na riqueza de espécies, mas também na estrutura e no funcionamento de comunidades naturais (Steffan-Dewenter 2002, Bowne & Bowers 2004, Potts *et al.* 2010).

A fragmentação e a perda de hábitat têm sido apontadas como as maiores ameaças à biodiversidade do planeta (Dale *et al.* 2000, Bowne & Bowers 2004). No Bioma Mata Atlântica, um dos principais *hotspots* para conservação devido ao seu alto nível de endemismo e espécies ameaçadas (Myers *et al.* 2000), menos de 8% de sua vegetação estão preservadas (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE 2011) e a maior parte dos remanescentes florestais, especialmente em paisagens intensamente cultivadas, encontra-se na forma de fragmentos menores que 10 ha, altamente perturbados, isolados, pouco conhecidos e pouco protegidos (Viana & Pinheiro 1998, Rocha *et al.* 2003).

Diversos componentes que se interrelacionam e que são determinantes para a persistência de espécies autóctones são alterados pela fragmentação e perda de hábitat. Dentre esses componentes podem-se citar o tamanho, a heterogeneidade ambiental dentro do fragmento, a matriz circundante, a conectividade e o efeito de borda (Rolstad 1991, Andrén 1994, Fahrig 2003). Em áreas fragmentadas, o isolamento das populações é considerado a principal causa no declínio de polinizadores (Steffan-Dewenter *et al.* 2006, Goulson *et al.* 2008, Winfree *et al.* 2009, Potts *et al.* 2010). Insetos, principalmente abelhas, são polinizadores chave tanto em áreas de vegetação nativa como em áreas agrícolas, sendo essenciais para a manutenção da biodiversidade de plantas. O isolamento do hábitat pela fragmentação pode limitar o potencial de dispersão das espécies. Algumas espécies de abelhas, por exemplo, não conseguem romper nem mesmo faixas estreitas de ambiente aberto (Powel & Powel 1987, Milet-Pinheiro & Schindwein 2005).

As abelhas da subtribo Euglossina (Hymenoptera; Apidae *sensu* Silveira *et al.* 2002) são consideradas polinizadores chave em florestas tropicais e subtropicais (Dressler 1982, Roubik & Hanson 2004). Essas abelhas são comumente conhecidas como “abelhas de orquídeas” (Dressler 1982) devido à estreita relação com a família

Orchidaceae (Ackerman 1983, Singer 2004). Estima-se que aproximadamente 700 espécies de orquídeas em 55 gêneros sejam polinizadas exclusivamente por essas abelhas (Roubik & Hanson 2004), que também são responsáveis pela polinização de outras 42 famílias botânicas, incluindo várias espécies de grande valor econômico (Ramirez *et al.* 2002, Maués 2002, Cameron 2004, Roubik & Hanson 2004). A grande eficiência na polinização é atribuída ao movimento usual de longa distância para coletar fragrâncias, alimento ou material para construção de ninhos (Jazen 1971, Roubik & Hanson 2004). Assim, plantas com distribuição esparsa ou em paisagens fragmentadas podem se beneficiar dos serviços de polinização fornecidos por essas abelhas (Roubik 1993, Ghazoul 2005).

Essas abelhas estão compreendidas em cinco gêneros e mais de 200 espécies conhecidas, assim distribuídas: *Eulaema* (31 espécies), *Eufriesea* (64 espécies), *Euglossa* (114 espécies), *Exaerete* (7 espécies) e *Aglae* com uma espécie (Moure *et al.* 2007). As abelhas deste grupo exibem características particulares como língua excepcionalmente longa e comportamento dos machos para coleta de fragrâncias aromáticas em plantas (Dressler 1982; Roubik & Hanson 2004). As substâncias aromáticas coletadas pelos machos de Euglossina seriam utilizadas no comportamento de acasalamento (Dressler 1982, Eltz *et al.* 1999, Eltz *et al.* 2005).

Mesmo diante da reconhecida importância dessas abelhas como polinizadoras, os estudos que examinaram os efeitos diretos da fragmentação sobre a comunidade de Euglossina apresentam resultados pouco conclusivos. Esses estudos indicam que as abelhas podem ser adversamente afetadas pela fragmentação e perda de hábitat (Powell & Powell 1987, Becker *et al.* 1991, Tonhasca *et al.* 2003, Sofia & Suzuki 2004, Brosi 2009, Ramalho *et al.* 2009). Dados de alguns estudos indicam que machos de Euglossina dispersam entre fragmentos (Tonhasca *et al.* 2003, Ramalho 2006, Brosi 2009, Aguiar 2007, Wikelsk *et al.* 2010). Por outro lado, algumas espécies parecem ser incapazes de cruzar a borda ou áreas abertas (Powell & Powell 1987, Millet-Pinheiro & Schlindwein 2005).

Visando entender como a comunidade de abelhas Euglossina é influenciada pela fragmentação florestal, o objetivo deste capítulo foi examinar os efeitos da fragmentação florestal sobre a comunidade de abelhas Euglossina no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. As hipóteses a serem testadas são que a composição de espécies difere entre os fragmentos florestais e que a abundância e

riqueza de espécies aumentam com: a- o aumento do tamanho dos fragmentos, b- a diminuição do isolamento dos fragmentos, c- o aumento do perímetro e 4- a menor razão perímetro/área.

2.4. MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1. ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi realizado em 18 fragmentos florestais na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). As características fitofisionômicas e climáticas destas áreas estão descritas na Introdução Geral desta tese. O tamanho dos fragmentos selecionados variou de 2 a 1200 ha, localizados em altitudes de 40 a 1000 acima do nível do mar (Tabela 1). Os fragmentos estão envolvidos em matrizes de pastagem, cana-de-açúcar, plantações de eucalipto e banana. A distância geográfica entre os fragmentos estudados varia de 0,05 a 135 km. Todas as áreas selecionadas, segundo informações dos moradores locais, já passaram por atividades antrópicas ou ainda são alvos de ações, como a caça, retirada seletiva de madeira e queimadas. Áreas como a Mata da Prosperidade (PRP) e a Mata da Cabecinha (CAB) são regenerações em locais de cultivo de café há cerca de 70 anos. Todos os fragmentos são caracterizados por matas secundárias em estágios intermediários de sucessão (informação pessoal Nascimento, MT), com exceção da PRP que apresenta estágio sucessional maduro (Dan *et al*, 2010) e estão localizados em propriedades particulares, com exceção da Mata do Carvão (MA) que compreende a Estação Ecológica de Guaxindiba, no município de São Francisco de Itabapoana, e os fragmentos Horto regenerado (HRG) e reflorestado (HRF) que fazem parte do Horto Municipal do município de Trajano de Moraes.

2.4.2. COLETA DE DADOS

Os machos das abelhas *Euglossina* foram amostrados trimestralmente de 9:00 às 15:00 horas entre os meses de maio de 2007 e julho de 2009, totalizando 10 dias de coletas e 60 horas de amostragem em cada área. A captura foi realizada com armadilhas atrativas contendo como iscas: acetato de benzila, cinamato de metila, eucaliptol, salicilato de metila e vanilina, conforme utilizado por Aguiar & Gaglianone (2008a) e Ramalho *et al.* (2009). As iscas foram dispostas em chumaços de algodão,

os quais foram inseridos no interior das armadilhas. As armadilhas foram dispostas a 1,5 m do solo e a uma distância mínima de 2 m entre cada atrativo. Todas as coletas foram realizadas em dias de condições climáticas semelhantes, em que constavam dias de sol, total ou parcialmente aberto, nunca em dias com chuva ou com temperaturas muito baixas. Os espécimes capturados foram depositados na Coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais na Universidade Estadual do Norte Fluminense. A identificação taxonômica foi feita por comparações com material já identificado na referida coleção, com base em chaves e publicações de cunho taxonômico, e pelo especialista Dr. Gabriel A.R. Melo.

2.4.3. MEDIDAS PAISAGÍSTICAS DOS FRAGMENTOS

A área de cada fragmento foi estimada através de método de triangulação, obtido através da ferramenta de estimação de área do programa Google Earth Pro (2006), e confirmada pela construção do perímetro que foi obtido com a ferramenta polígonos do mesmo programa. Valores de perímetro e área foram utilizados para calcular o índice de forma que é dado pela razão do $\text{perímetro}^2/\text{área}$ do fragmento (Brosi 2009). A medida de isolamento adotada consistiu na distância do fragmento vizinho mais próximo do fragmento estudado (Hanski *et al.* 1994, Brosi 2009).

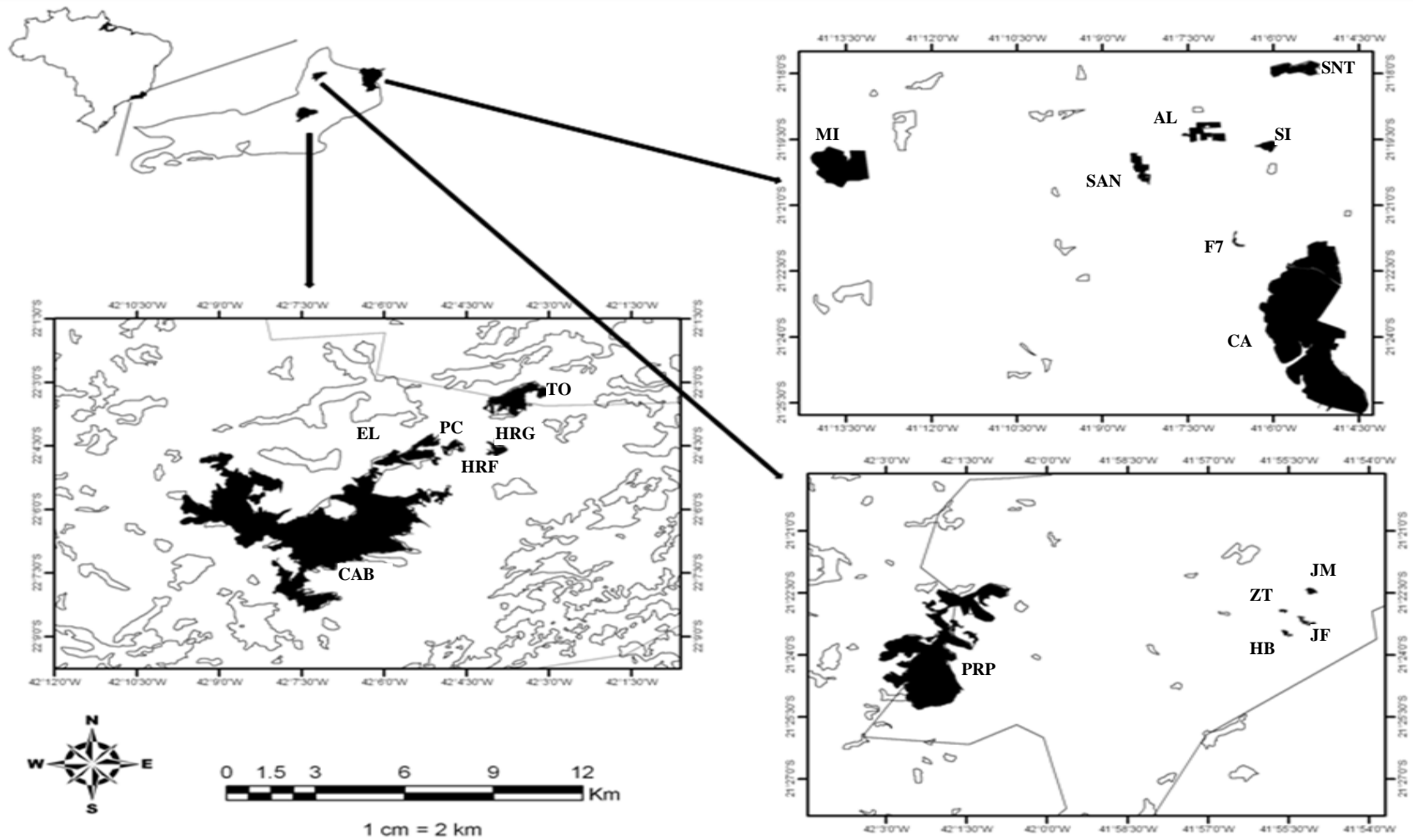


Figura 1: Localização dos fragmentos florestais quanto aos efeitos da fragmentação sobre a comunidade de abelhas *Euglossina* no estado do Rio de Janeiro. Áreas em preto indicam fragmentos estudados, áreas contornadas indicam outros fragmentos existentes na região. Os siglas estão descritas na tabela 1 (Imagem: Geoprocessamento-LCA/UENF).

Tabela 1: Localização geográfica e medidas paisagísticas das áreas de estudo na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro.

Áreas de estudo	Siglas	Coordenadas	Área (ha)	Perímetro (km ²)	Isolamento (m)	Índice de forma	Altitude (m)
Mata do Carvão	CA	21°24'45"S 41°05'10"W	1200	18,4	1700	0,28	40
Mata da Prosperidade	PRP	21°24'42"S 42°01'58"W	920	29,5	80	0,95	350
Mata da Cabecinha	CAB	22°05'51"S 42°05'38"W	876	23,2	50	0,61	790
Morro do Mico	MI	21°20'10"S 41°13'30"W	200	6,92	570	0,24	80
Mata do Sr. Elpideo	EL	22°04'43"S 42°05'45"W	141	5,84	50	0,24	1000
Mata da Torre	TO	22°03'29"S 42°03'40"W	125	7,7	300	0,47	800
Fazenda Santo Antônio	SNT	21°17'50"S 41°05'40"W	57	4,85	2800	0,41	60
Fazenda Sr. Alfeu	AL	21°19'10"S 41°07'15"W	55,1	6,3	470	0,72	60
Fazenda Santana	SAN	21°20'05"S 41°08'20"W	35,3	5,75	330	0,94	50
Mata do PC	PC	22°04'31"S 42°04'42"W	18	2,86	60	0,45	825
Fazenda Sigmaringa	SI	21°19'40"S 41°06'04"W	16	1,95	480	0,24	40
Horto regenerado	HRG	22°04'19"S 42°03'56"W	14	2,5	390	0,45	710
Horto reflorestado	HRF	22°04'39"S 42°03'60"W	12	1,6	390	0,21	740
Fazenda José Marinho	JM	21°22'32"S 41°55'04"W	7,6	1,2	240	0,19	250
Fazenda Humberto	HB	21°23'10"S 41°55'15"W	6,6	2,2	400	0,73	200
F7	F7	21°21'50"S 41°06'40"W	5,5	1,85	580	0,62	40
Fazenda José Francisco	JF	21°23'30"S 41°55'30"W	4,1	1,32	90	0,42	200
ZT	ZT	21°22'55"S 41°55'37"W	2,1	0,76	420	0,28	200

2.4.4. ANÁLISE DOS DADOS

O índice de diversidade de espécies para cada comunidade foi calculado segundo a fórmula de Shannon-Wiener (Magurran 2003). A dominância foi obtida pelo índice de Berger-Parker (d) e a uniformidade da distribuição de abundância entre as espécies foi calculada segundo a fórmula de Pielou (Magurran 2003).

Os padrões de distribuição das espécies ocorrendo nos fragmentos florestais foram determinados através do Rank-Abundance Plot, no qual as abundâncias relativas das espécies foram plotadas em ordem decrescente (Whittaker 1965). As diferenças entre as curvas obtidas para as diferentes áreas foram analisadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Magurran 2003).

A curva de rarefação para riqueza de espécies foi expressa em função de 1000 aleatorizações, conforme indicado por Magurran (2003). A curva foi construída a fim de avaliar esforço de amostragem e comparar as áreas com base na riqueza de espécies amostradas nos 18 fragmentos florestais estudados. Essa análise foi realizada com o auxílio do programa EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 2001). As curvas foram obtidas plotando-se os valores simulados pelo programa EcoSim no Microsoft Office Excel 2007.

Foi aplicada a correlação linear de Pearson para verificar a relação entre os parâmetros da comunidade (abundância, riqueza, diversidade e dominância) e as variáveis de cada fragmento (área, perímetro, forma e isolamento). A mesma análise foi realizada para verificar a relação das variáveis de cada fragmento com a abundância de todas as espécies. Essas análises foram realizadas utilizando o programa Statistica para Windows (versão 7.0).

A similaridade entre as áreas foi analisada pelo índice de similaridade de Renkonen, por ser mais indicado para pequenas amostras (Wolda 1981).

2.5. RESULTADOS

Foram amostrados 4691 indivíduos pertencentes a 4 gêneros e 14 espécies. As espécies mais abundantes foram *Eulaema nigrita* Lep., *Euglossa cordata* L. e *Eulaema cingulata* Fab. (Tabela 2). *Eufriesea violacea* L. e *Euglossa crassipunctata* Moure foram amostradas em áreas com tamanhos superiores a 125 ha e com perímetros superiores a 5 km (Tabela 2). *Euglossa annectans* Dressler foi amostrada

apenas em fragmentos acima de 700 m de altitude, independente do tamanho, forma, isolamento e perímetro (Tabelas 1 e 2).

A comunidade de cada área mostrou ser sempre dominada por duas ou três espécies (abundâncias superiores a 10%) (Figura 2). Fragmentos grandes (>500 ha) apresentaram maior número de espécies raras (<1% dos indivíduos) quando comparados aos demais fragmentos (Figura 2). Entretanto, as curvas obtidas para importância das espécies (Rank-Abundance Plot) não apresentaram diferenças significativas na comparação entre todos os fragmentos (Teste de Kolmogorov-Smirnov, $p > 0,05$), sugerindo o mesmo padrão de distribuição para as áreas estudadas.

As curvas de rarefação para a riqueza total em função da abundância total de abelhas amostradas nas áreas estudadas evidenciaram a maior riqueza de espécies nos fragmentos com mais de 140 ha e 5 km de perímetro e sugeriram a suficiência amostral para a maioria dos fragmentos florestais analisados (Figura 3), com exceção de CA, EL e TO.

Relações dos parâmetros da comunidade com as variáveis da paisagem

A abundância apresentou correlação positiva significativa quando relacionada com o tamanho ($r=0,55$; $p=0,017$) e o perímetro do fragmento florestal ($r= 0,70$; $p=0,001$). As variáveis de forma (relação perímetro/área) e isolamento da área não demonstraram relação significativa com a abundância de *Euglossina* ($r=0,30$; $p=0,23$; $r=-0,12$; $p=0,66$; respectivamente) (Figura 4).

A riqueza de espécies demonstrou relação positiva significativa com o tamanho e perímetro do fragmento florestal ($r=0,81$ e $p=0,000$; $r=0,80$ e $p=0,000$, respectivamente). Este mesmo parâmetro não revelou relações significativas com as variáveis forma ($r=0,15$, $p=0,55$) e isolamento ($r= -0,11$ e $p=0,65$) do fragmento florestal (Figura 4).

A diversidade e a dominância evidenciaram relações significativas apenas com o isolamento das áreas estudadas. A diversidade apresentou correlação negativa significativa com o isolamento ($r=-0,45$; $p=0,060$), e a dominância correlacionou-se positivamente com o aumento do isolamento dos fragmentos florestais ($r=0,50$; $p=0,034$) (Figura 4).

Tabela 2: Composição, abundância, riqueza, diversidade, dominância e uniformidade das comunidades de abelhas Euglossina amostradas em 18 fragmentos florestais no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses de maio/07 e julho/09. Siglas estão listadas na tabela 1. T= Floresta Estaciocional Semidecidual das Terras Baixas (Matas dos tabuleiros), S= Floresta Estacional Semidecidual Submontana e M= Floresta Ombrófila Densa Montana. OC= Número de áreas em que a espécie ocorreu, TF= Tipo fitofisionômico em que a espécie ocorreu.

Espécies	OC	TF	ÁREAS DE ESTUDO/ TIPO FITOFISIONÔMICO																		TOTAL
			CA	PRP	CAB	MI	EL	TO	SNT	AL	SAN	PC	SI	HRG	HRF	JM	HB	F7	JF	ZT	
			T	S	M	T	M	M	T	T	T	M	T	M	M	S	S	T	S	S	
<i>Eufriesea surinamensis</i> (Linnaeus)	3	TS	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard)	4	MS	0	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Euglossa annectans</i> Dressler	4	M	0	0	6	0	9	7	0	0	0	11	0	3	0	0	0	0	0	0	36
<i>Euglossa cordata</i> (Linnaeus)	18	TMS	160	97	16	280	12	7	132	129	140	5	77	3	5	79	102	39	136	93	1512
<i>Euglossa crassipunctata</i> Moure	3	MS	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Euglossa despecta</i> Moure	7	TMS	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	3	1	26
<i>Euglossa fimbriata</i> Moure	12	TMS	2	24	3	0	9	2	0	0	1	1	0	0	4	15	51	0	48	18	178
<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler	9	TMS	7	3	4	3	1	1	3	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	25
<i>Euglossa securigera</i> Dressler	18	TMS	10	96	6	7	58	5	8	3	9	8	4	8	17	58	78	2	44	42	463
<i>Euglossa truncata</i> Rebêlo & Moure	1	M	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Eulaema atleticana</i> Nemésio	2	T	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius)	18	TMS	37	199	128	52	21	46	17	22	24	23	19	22	18	28	29	7	72	30	794
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	18	TMS	79	145	69	141	78	35	240	147	132	44	76	32	30	52	88	76	78	62	1604
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin)	10	TS	7	0	0	1	0	0	2	5	1	0	10	0	0	0	2	5	2	2	37
Abundância			319	571	236	484	190	104	402	306	309	92	188	68	75	233	354	129	383	248	4691
Riqueza			10	10	11	6	9	8	6	5	7	6	7	5	6	6	7	5	7	7	14
Diversidade Shannon (H')			1,43	1,55	1,29	1,2	1,52	1,4	0,95	1,02	1,09	1,37	1,26	1,25	1,4	1,5	1,6	1,02	1,58	1,52	1,54
Dominância Berger-Parker (d)			0,5	0,35	0,54	0,58	0,41	0,44	0,6	0,48	0,45	0,48	0,41	0,47	0,4	0,34	0,29	0,59	0,36	0,38	0,34
Uniformidade Pielou (J)			0,62	0,67	0,52	0,57	0,69	0,67	0,53	0,63	0,56	0,77	0,65	0,77	0,80	0,84	0,82	0,64	0,81	0,78	0,58

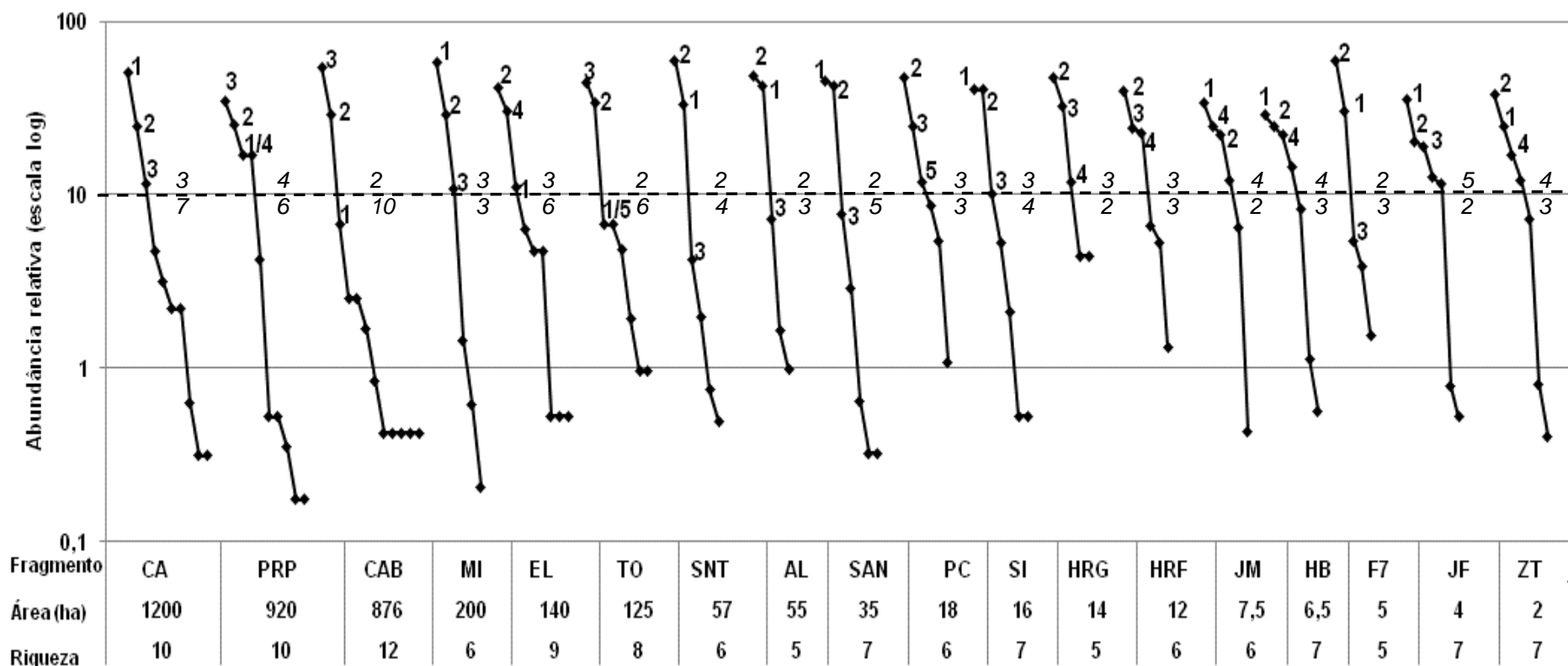


Figura 2: Importância das espécies de Euglossina para cada fragmento no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. O número em cada linha mostra as espécies de abelhas mais abundantes em cada fragmento amostrado como segue: 1- *Eulaema nigrita*; 2- *Euglossa cordata*; 3- *Eulaema cingulata*; 4- *Euglossa securigera* e 5- *Euglossa annectans*. Número em itálico na parte superior e inferior da linha horizontal tracejada indicam o número de espécies com mais e com menos de 10% dos indivíduos amostrados no fragmento.

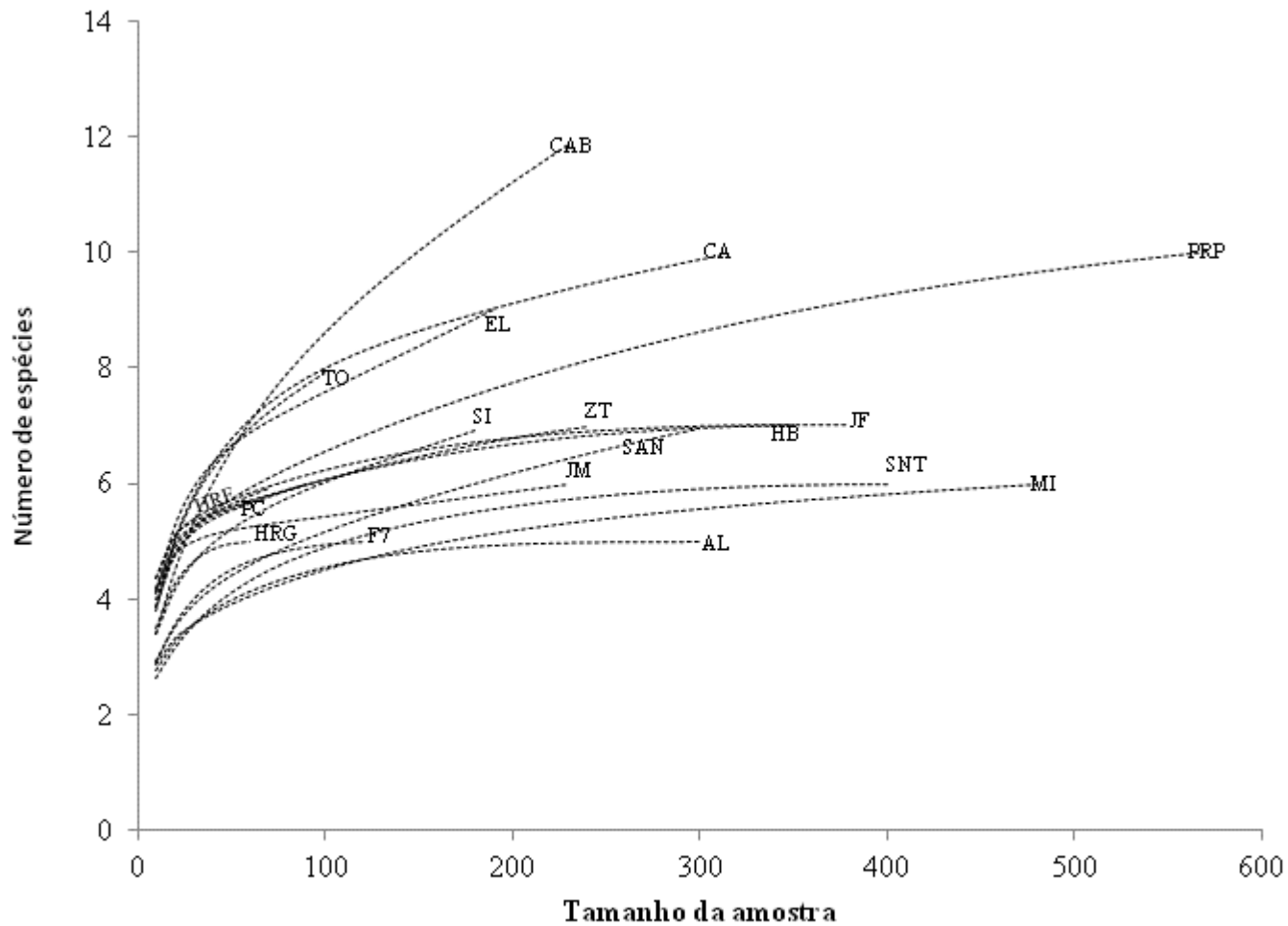


Figura 3: Curvas de rarefação para a riqueza de espécies nos 18 fragmentos florestais no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, obtidas através de 1000 simulações.

Relações entre abundância das espécies com as variáveis da paisagem

As correlações entre a abundância de cada espécie com as variáveis da paisagem apontam que as espécies menos abundantes, como *Eufriesea violacea*, *Euglossa crassipunctata* e *Euglossa pleosticta*, são mais afetadas pelo tamanho e pelo perímetro da área, além de *Eulaema cingulata* que apesar de ser abundante em todas as áreas amostradas, teve sua abundância significativamente afetada por esses parâmetros (Tabela 2). O isolamento e a relação perímetro/área não apresentaram relações significativas com a abundância das espécies amostradas neste estudo, com exceção de *Euglossa pleosticta* e *Eulaema nigrita* que revelaram correlação positiva e significativa com o aumento do isolamento da área (Tabela 3).

Tabela 3: Valores de correlação de Pearson entre a abundância das espécies de *Euglossina* amostradas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro e as variáveis da paisagem de todos os fragmentos florestais.

ESPÉCIES	ÁREA	PERIMETRO	ISOLAMENTO	FORMA
<i>Eufriesea violacea</i> (n=6)	r = 0,55**	r = 0,78***	r = -0,28	r = 0,43
<i>Euglossa annectans</i> (n=36)	r = 0,01	r = 0,07	r = -0,34	r = -0,09
<i>E. cordata</i> (n=1512)	r = 0,14	r = 0,08	r = 0,36	r = 0,03
<i>E. crassipunctata</i> (n=4)	r = 0,58**	r = 0,79***	r = -0,29	r = 0,38
<i>E. despecta</i> (n=36)	r = 0,64**	r = 0,33	r = 0,35	r = -0,12
<i>E. fimbriata</i> (n=178)	r = -0,08	r = -0,06	r = -0,26	r = 0,18
<i>E. pleosticta</i> (n=25)	r = 0,86***	r = 0,73***	r = 0,48*	r = 0,03
<i>E. securigera</i> (n=463)	r = 0,13	r = 0,22	r = -0,30	r = 0,19
<i>Eulaema cingulata</i> (n=794)	r = 0,66**	r = 0,85***	r = -0,28	r = 0,44
<i>E. nigrita</i> (n=1604)	r = 0,10	r = 0,23	r = 0,61**	r = 0,34
<i>Exaerete smaragdina</i> (n=37)	r = 0,09	r = -0,09	r = 0,33	r = -0,12

*p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001

Similaridade entre as áreas

A similaridade percentual de Renkonen para os fragmentos dentro de uma mesma fitofisionomia, mesmo com tamanho, forma e isolamento diferentes, foram relativamente altos, variando de 64,2% à 95,4% nos fragmentos de FEST, de 71,2 à 88,2% nos fragmentos de FESS e de 54,3 à 89,6% nos fragmentos de FODM. Entre as fitofisionomias a similaridade forma consideravelmente inferior com índices variando de de 49,1% à 78,8% entre os fragmentos de FEST e FESS, de 43% à 61,9% entre os fragmentos de FEST e FODM e de 44,1% à 82,7% entre os fragmentos de FESS e FODM (Tabela 4).

O percentual de similiaidade dos fragmentos maiores, como CA, PROS e CAB, quando comparados com fragmentos menores dentro do mesmo tipo fitifisionômico apresentaram, na maioria das comparações, menor similaridade do que as comparações entre os fragmentos de menores na mesma fitofisionomia (Tabela 4).

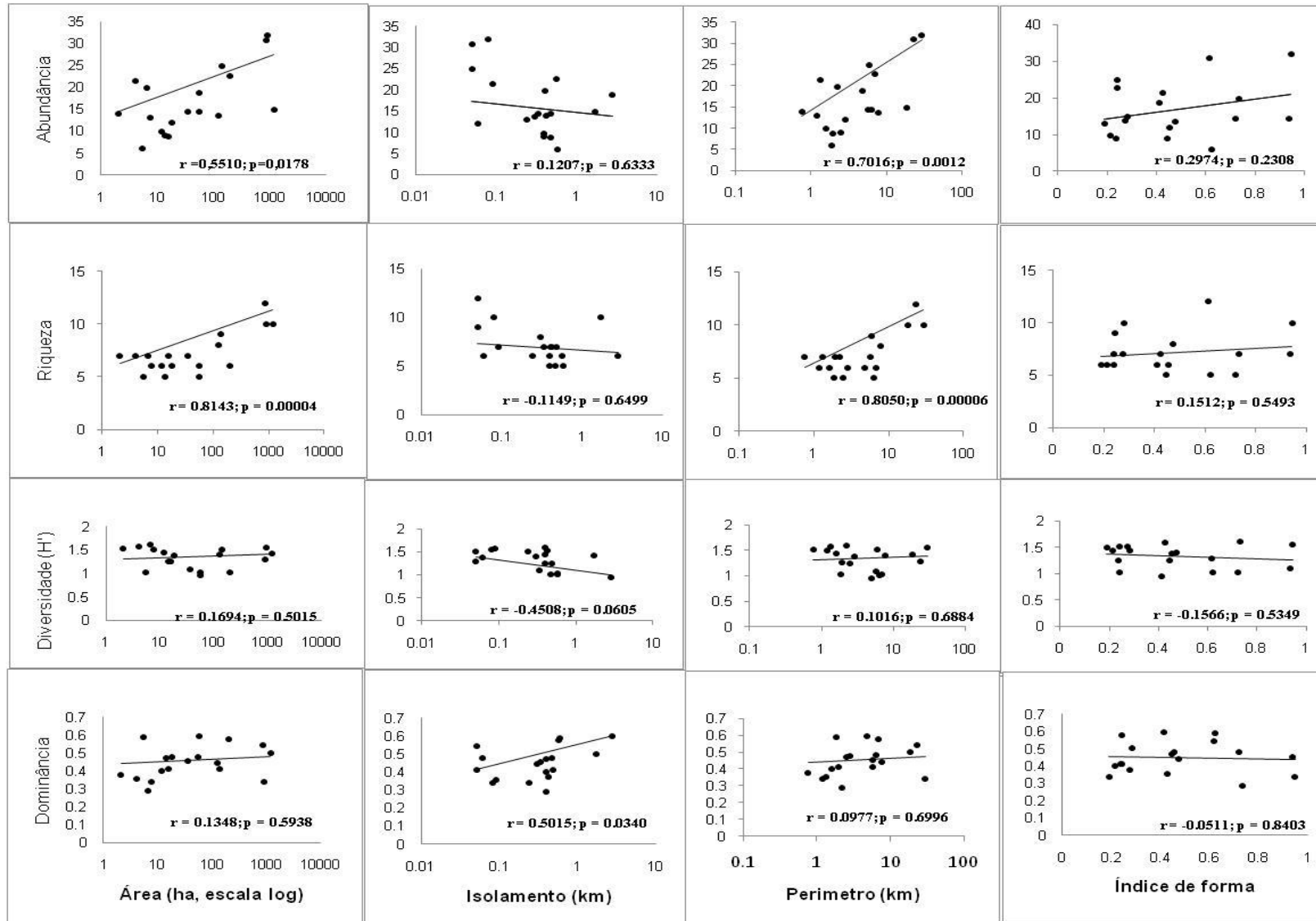


Figura 4: Correlações Pearson ($\alpha=0,05$) entre os parâmetros da comunidade de abelhas *Euglossina* (abundância, riqueza, diversidade e dominância) amostradas no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro e as variáveis da paisagem (área do fragmento, isolamento, perímetro e forma).

2.6. DISCUSSÃO

As comunidades de abelhas *Euglossina* na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro demonstraram ser significativamente afetadas pela fragmentação florestal. A abundância e a riqueza de espécies são afetadas com a diminuição do perímetro e com a área do fragmento florestal, enquanto os mesmos parâmetros da comunidade não apresentaram correlação com as variáveis de forma e isolamento.

As relações positivas entre abundância e riqueza de espécies com o tamanho e o perímetro da área também foram observadas através das curvas de rarefação, que evidenciaram maior riqueza nas áreas maiores que 140 ha e com perímetros superiores a 5 km. Brosi (2009), estudando comunidades de *Euglossina* no sul da Costa Rica, observou que a abundância foi positivamente correlacionada com o tamanho da área. Entretanto, a riqueza demonstrou apenas uma tendência a esta relação. No estudo de Brosi (*op.cit.*), apesar de ter sido considerado um grande número de fragmentos (22), o curto período de estudo (apenas quatro meses), a pequena escala de tamanho dos fragmentos florestais estudados (0,2-268 ha), e o método utilizado para captura (armadilhas Van Someren, que são utilizadas em capturas de borboletas) podem ter limitado a captura de muitas espécies raras, diminuindo a robustez de suas análises.

A diversidade foi negativamente correlacionada com o isolamento da área, enquanto a dominância apresentou correlação positiva e significativa com esse parâmetro. De forma semelhante, a composição de espécies diferiu nas áreas com tamanho superior a 125 ha e 5 km de perímetro, quando comparadas com as comunidades nos fragmentos de menor tamanho e perímetro.

As espécies *Euglossa cordata*, *Eulaema nigrita* e *E. cingulata*, que são frequentemente registradas como dominantes em fragmentos de Mata Atlântica (Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009, Nemésio & Silveira 2010, Giangarelli 2011), foram frequentes e muito abundantes em todas as áreas estudadas. Contudo, as espécies pouco abundantes nos fragmentos maiores (>125 ha e 5 km de perímetro) ou em áreas bem preservadas, como *Eufriesea violacea* e *Euglossa crassipunctata*, não foram registradas em fragmentos com áreas e perímetros menores do que os indicados acima, demonstrando que essas espécies são mais criticamente ameaçadas pela fragmentação florestal.

De acordo com vários autores, a dominância de *Euglossa cordata*, *Eulaema nigrita* e *E. cingulata* está relacionada à resistência destas espécies e sua permanência em áreas abertas e/ou perturbadas (Peruquetti *et al.* 1999, Nemésio & Silveira 2007b, Silva *et al.* 2009, Giangarelli 2011). Contudo, essas espécies também são registradas como dominantes em várias áreas bem preservadas e de diferentes tamanhos (Tonhasca *et al.* 2002a, Ramalho *et al.* 2009, Nemésio & Silveira 2010, Silveira *et al.* 2011, capítulo 1 desta tese), o que significa que sua dominância não pode ser indicadora da qualidade da área. Deve-se considerar que essas espécies apresentam comportamento social de nidificação (Roubik 1990, Garófalo 1992, Garófalo 1994, Souza 2007), que aliado à grande plasticidade ambiental (Roubik & Hanson 2004) pode favorecer o padrão de dominância nas comunidades de Euglossina em Mata Atlântica.

Indivíduos de *Euglossa annectans* ocorreram em fragmentos de tamanhos variáveis, não apresentando relação com a fragmentação. Contudo, sua distribuição foi restrita aos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa Montana. Aparentemente, essa espécie foi limitada pela altitude ou pelo clima mais ameno dessa região (Ver Capítulo 1), conforme observado por Cortopassi-Laurino *et al.* (2009) no estado de São Paulo e por Giangarelli (2011) no norte do Paraná.

O padrão de distribuição das abundâncias relativas não demonstrou diferenças significativas entre os fragmentos estudados, com exceção dos fragmentos menores que 35 ha e com menos de 4,8 km de perímetro, onde a maioria das espécies amostradas apresentaram mais de 10% dos indivíduos, diferindo do padrão comumente observado que é de poucas espécies com muitos indivíduos e muitas espécies com poucos indivíduos (Roubik & Hanson 2004, Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009). Este fato resulta em altos valores de uniformidade e baixa dominância, o que colabora para maiores índices de diversidade nos fragmentos menores, em comparação com as demais áreas (Tabela 2). Os dados obtidos neste estudo chamam atenção para a importância de preservação desses pequenos fragmentos de Mata Atlântica e alertam que os valores encontrados para os parâmetros da comunidade são reflexos de uma possível extinção local de várias espécies de Euglossina nestas áreas. É sabido que abelhas desse grupo possuem grande capacidade de vôo, utilizam extensas áreas florestais diariamente e são capazes de dispersar entre fragmentos florestais próximos (Tonhasca *et al.* 2002b, Ramalho 2006, Wikelski *et al.* 2010). No entanto,

algumas espécies evitam a borda e/ou as matrizes em torno do fragmento (ver Capítulo 3).

Neste estudo, os parâmetros das comunidades de Euglossina que não demonstraram relação significativa com as variáveis espaciais devem ser considerados em outras abordagens com este foco, já que apresentaram tendências e sugerem possíveis efeitos negativos da fragmentação sobre as comunidades.

Vários trabalhos que verificaram os efeitos da fragmentação sobre a comunidade de abelhas Euglossina levaram em consideração somente o tamanho do fragmento florestal (Powell & Powell 1987, Becker *et al.* 1991, Sofia & Suzuki 2004). No entanto, autores como Laurence & Vasconcelos (2009) elucidaram que além do tamanho do fragmento, os efeitos de borda, o isolamento, a matriz, o estado de conservação e as mudanças de microclima nos fragmentos alteram significativamente os processos ecológicos e devem ser considerados em estudos com foco na fragmentação, como realizado no presente trabalho.

A medida de isolamento adotada refere-se à mínima distância entre o fragmento estudado e o fragmento mais próximo (ver Hanski *et al.* 1994), e os parâmetros da comunidade não se correlacionaram significativamente com esta medida. Brosi (2009) utilizou a mesma medida de isolamento e também não encontrou fortes relações dessa variável com a riqueza ou abundância, o que seria esperado devido à grande parte das espécies de Euglossina ter sido limitada a um único ou apenas a alguns fragmentos estudados por ele. Outra forma de mensurar o isolamento leva em consideração todos os fragmentos em um raio a partir do ponto central do fragmento estudado, o que pode gerar uma medida mais precisa (Hanski *et al.* 1994) e poderá ser aplicada em estudos futuros.

Algumas observações sugerem o efeito do isolamento nestas comunidades. Por exemplo, a menor riqueza de espécies e a maior dominância de *Eulaema nigrita*, especialmente na área SNT, em relação às áreas com tamanhos e perímetros semelhantes, podem ser atribuídas ao isolamento que esta área se encontra de outros fragmentos próximos (2,8 km). Este isolamento também pode ser um dos fatores causais da menor diversidade florística encontrada nesta área (Pedra, K. comunicação pessoal). A relação positiva entre riqueza e diversidade de Euglossina com a diversidade florística (observada em outros fragmentos de Mata Atlântica por Ramalho *et al.* 2009) pode reforçar ainda mais os efeitos do isolamento, resultando na baixa riqueza de espécies de Euglossina observada neste fragmento. A relação

positiva entre a dominância de espécies e o isolamento do fragmento pode ser explicada pela grande capacidade de vôo de algumas espécies (Janzen 1971, Tonhasca *et al.* 2002b). *Eulaema nigrita* foi dominante nas áreas mais isoladas e, como discutivo anteriormente, essa espécie se dispersa por grandes distâncias diariamente.

Os dados obtidos nos estudos de fragmentação e perda de hábitat sobre as comunidades de abelhas Euglossina têm revelado resultados conflitantes. Powel & Powel (1987) demonstraram que a comunidade de abelhas Euglossina é criticamente afetada pela fragmentação florestal. Por outro lado, Becker *et al.* (1991) repetiu o trabalho realizado por Powel & Powel (*op.cit.*) e não observaram essa relação; ao contrário, obtiveram maior abundância em fragmentos quando comparados à floresta contínua, com exceção dos fragmentos de 1 ha, que apresentaram menor abundância. Deve-se ressaltar, entretanto, que estes dois estudos foram realizados em Floresta Amazônica, em condições experimentais, muito diversas da situação dos fragmentos de Mata Atlântica que apresentam histórias distintas de fragmentação. Sofia & Suzuki (2004), estudando fragmentos de Mata Atlântica no estado Paraná, apesar do pequeno número de fragmentos amostrados (n= 3), também revelaram que a abundância é significativamente afetada pelo tamanho do fragmento florestal.

Com resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, Ramalho *et al.* (2009) indicaram que não apenas o tamanho do fragmento florestal influencia na comunidade de abelhas Euglossina. Os autores identificaram que a maior diversidade florística também contribui significativamente para maior riqueza, abundância e diversidade dessas abelhas. De modo semelhante, Brosi (2009) considerando outras variáveis além do tamanho da área, como a forma do fragmento e o isolamento, também já havia encontrado correlações significativas com a fauna de Euglossina.

Outra característica levada em consideração em trabalhos anteriores, é o estado de conservação das áreas. Tonhasca *et al.* (2002a), por exemplo, para acessar diferenças entre as comunidades de Euglossina no Parque Estadual do Desengano, RJ, basearam-se em estudos prévios da vegetação e informações da população local. Entretanto, de maneira distinta ao encontrado no presente estudo, os autores não verificaram relação entre os parâmetros da comunidade de Euglossina com o estado de conservação das áreas estudadas. De modo similar,

Rasmussem (2009) comparando a comunidade em diferentes estágios sucessionais no Peru não encontrou nenhuma relação entre estágio sucessional e a abundância, riqueza e diversidade de Euglossina. Becker *et al.* (1991) discutem que a abundância de abelhas euglossinas pode variar muito em uma distância pequena em resposta a fatores diversos, e sugerem que a matriz ao redor dos fragmentos pode favorecer à nidificação de algumas espécies que acabam encontrando maior número de locais para estabelecer seus ninhos, bem como maior disponibilidade de resinas vegetais usadas na construção destes.

Desta forma, a resposta obtida sobre os efeitos advindos da fragmentação sobre a comunidade de abelhas Euglossina depende dos parâmetros analisados. Alguns parâmetros podem ser melhores para explicar os efeitos da fragmentação, como tamanho, perímetro e isolamento (Brosi 2009), assim como observado neste estudo, além do tamanho do centro do fragmento (Nemésio & Silveira 2010), diversidade florística da área estudada (Ramalho *et al.* 2009) e tipo de matriz que envolve o fragmento (Millet-Pinheiro & Schlindwein 2005), uma vez que essa pode servir de filtro para algumas espécies de Euglossina.

O estado de conservação e o estágio de sucessão de uma área é um parâmetro variável, principalmente devido à falta de clareza para incluir um fragmento em uma determinada categoria, como “conservado” ou “com muito” ou “pouco distúrbio”; ou se o estágio de sucessão é “primário” ou “secundário”. De acordo com Cane (2001), locais viáveis para nidificação como galhos secos e pequenas cavidades, que podem ser igualmente distribuídos ou mais abundantes em florestas secundárias, podem ser determinantes para maiores riquezas e abundâncias de abelhas. Rincón *et al.* (2000) e Otero & Sandino (2003) também reportam que abelhas são mais abundantes e diversas em florestas secundárias ou áreas agricultáveis. Nestes casos, é mais provável que as variáveis métricas como tamanho, isolamento, tamanho do centro do fragmento e perímetro possam responder melhor sobre os efeitos da fragmentação. Aguiar & Gaglianone (2008a), trabalhando em um grande fragmento florestal (1200 ha), porém em distintas condições de conservação (uma parte da mata havia passado por uma grande queimada e a outra em bom estágio de conservação), reportaram diferenças na abundância, riqueza e composição de espécies. Neste caso, houve maior riqueza e abundância de indivíduos na área queimada, demonstrando que esses parâmetros de conservação não são ideais para estudos de fragmentação com Euglossina.

Segundo os autores, a área que passou por queimada apresenta maior disponibilidade de recursos florais disponíveis ao longo do ano estudado na área.

Espécies X variáveis ambientais

Euglossa crassipunctata e *Eufriesea violacea* foram restritas às áreas superiores a 150 ha, com perímetro superior a 5 km e isolamento menor que 100 m. *Euglossa crassipunctata* tem sido amostrada somente em áreas bem preservadas nas regiões de domínio de Mata Atlântica (Tonhasca *et al.* 2002a, Nemésio & Silveira 2006b e Ramalho *et al.* 2009), podendo ser sugerida como possível indicadora de qualidade de hábitat. Giangarelli *et al.* (2009) evidenciaram que *E. violacea* é aparentemente sensível à redução do tamanho dos fragmentos florestais. Esses autores observaram redução significativa na abundância dessa abelha com a diminuição do tamanho das áreas. Neste estudo, essa espécie só foi registrada em áreas consideravelmente grandes, como PRP, CAB, ELP e TO, e em baixas abundâncias. De maneira diferente, Silveira *et al.* (2011) registraram esta espécie abundantemente em fragmentos bem preservados de 46 ha e 96 ha, o que indica que esta espécie não deva ser influenciada apenas pela redução do tamanho do fragmento, mas também pelas variáveis de clima.

Similaridade entre as áreas

A similaridade percentual encontrada entre os fragmentos de uma mesma fitofisionomia foi relativamente alta, porém a similaridade foi maior nas comparações que envolveram os fragmentos menores, independente do tipo fitofisionômico, dando indicativos de que a maior similaridade entre menores seja reflexo da perda de espécies raras nesses fragmentos, conforme foi observado para *Euglossa crassipunctata* e *Eufriesea violacea*. Ramalho *et al.* (2009) também obtiveram resultados que corroboram esse padrão de maior similaridade entre fragmentos menores sob uma mesma formação fitofisionômica na região do Imbaú no estado do Rio de Janeiro. Já a similaridade encontrada entre os tipos fitofisionômicos reforçam a idéia de que a composição de espécies são alteradas de acordo com o tipo fitofisionômicos como demonstrado também nas análises de correspondência destencendiada no Capítulo 1.

2.7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo revelam que além do tamanho do fragmento florestal, o perímetro, a forma e o isolamento das áreas, quando levados em consideração, podem trazer resultados mais esclarecedores. Sugerem-se outras variáveis para análises futuras dos efeitos da fragmentação em áreas de Mata Atlântica, como alterações associadas ao efeito de borda, estado de conservação dos fragmentos florestais e papel da matriz na qual os fragmentos estão inseridos (ver Capítulo 3). Embora estas variáveis sejam de mais difícil mensuração, tem sido demonstrado que podem afetar de forma distinta as várias espécies de um ecossistema (Morato *et al.* 1999, Klein *et al.* 2002, Laurence *et al.* 2002, Murphy & Lovett-Doust 2004).

Outra conclusão do presente estudo é que os fragmentos menores, com maiores proporções perímetro/área e mais isolados, mostraram ter a comunidade de abelhas *Euglossina* mais severamente afetada. Sendo assim, estratégias de conservação de *Euglossina* devem levar esses fatores em consideração, principalmente por se tratar de um grupo de grande relevância para a polinização de espécies vegetais neotropicais.

CAPÍTULO 3

COMPOSIÇÃO DE ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA;
APIDAE) EM ÁREAS DE MATRIZES NO NORTE E NOROESTE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO-BRASIL

3.1. RESUMO: Além de fatores intrínsecos aos fragmentos florestais, como área, forma e isolamento, as matrizes circundantes podem ser determinantes na estruturação das comunidades de abelhas nos fragmentos florestais. O objetivo deste estudo foi averiguar a composição abelhas Euglossina em áreas com diferentes matrizes norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro: matrizes de cana, usos múltiplos do solo, pastagem, eucalipto e banana. Os machos dessas abelhas foram amostrados trimestralmente de 9:00 às 15:00 horas, entre maio/2007 e julho/2009, com a utilização de armadilhas entomológicas contendo como atrativos iscas de acetato de benzila, cinamato de metila, eucaliptol, salicilato de metila e vanilina. Foram amostrados 3864 indivíduos pertencentes a 4 gêneros e 12 espécies. As espécies *Eulaema nigrita* Lep., *Euglossa cordata* (L.) e *Eulaema cingulata* (Fab.) foram as mais abundantes em todos os pontos de amostragem. *Eufriesea violacea* (Blanchard), *Euglossa crassipunctata* Moure e *Euglossa truncata* Rebêlo & Moure foram amostradas apenas nos pontos do interior do fragmento florestal. A abundância, riqueza e diversidade diminuíram com o aumento da distância do fragmento florestal, enquanto a dominância das espécies aumentou consideravelmente com o aumento da distância da borda. A abundância e a riqueza revelaram diferenças significativas entre os pontos de amostragem para as matrizes de eucalipto (abundância: KW-H_{3;40}=17,44; p= 0,0006; riqueza: KW-H_{3;40}= 13,33; p= 0,004) e banana (abundância: KW-H_{3;40}= 11,58; p= 0,009; riqueza: KW-H_{3;40}= 11,90; p= 0,00); nas demais matrizes houve apenas uma tendência nessas relações. Para a maioria das matrizes, os pontos da borda e do interior do fragmento formaram grupo distinto daquele que envolve os pontos de 100 e 1000 m da borda em relação a composição de espécies. Nossos dados evidenciaram que, apesar dos euglossíneos possuírem grande capacidade de vôo, todas as matrizes afetam negativamente os parâmetros da comunidade. Em áreas de matrizes *Eulaema cingulata*, *Euglossa securigera* Dressler e *E. fimbriata* Rebêlo & Moure demonstram ter o padrão de abundância significativamente afetado, enquanto *Eufriesea violacea*, *Euglossa crassipunctata* e *E. truncata* foram extintas.

PALAVRAS-CHAVE: Abelhas de orquídeas, dispersão, Mata Atlântica, efeitos antrópicos.

3.2. ABSTRACT: Forest fragmentation has been shown to affect the euglossine bees communities, and the surrounding matrices can be decisive in structuring communities of these bees in fragmented landscapes. The aim of this study was to analyze the composition of euglossine bees in different landscapes in the north and northwest of the Rio de Janeiro state: sugar cane, multiple uses of land, pasture, eucalyptus and banana matrices. Males of these bees were sampled quarterly from 9a.m. to 3p.m, between May/2007 and July/2009 with entomological traps containing scent-baits, methyl cinnamate, vanillin, eucalyptol, benzyl acetate and methyl salicylate. A total 3864 individuals belonging to 12 species and four genera were sampled. *Eulaema nigrita* Lep., *Euglossa cordata* (L.) and *Eulaema cingulata* (Fab.) were the most abundant species in all sampling points. *Eufriesea violacea* (Blanchard), *Euglossa crassipunctata* Moure and *Euglossa truncata* Rebêlo & Moure were sampled only inside the forest fragment. Abundance, richness and diversity decreased with increasing distance from the forest fragment, while the dominance species increased significantly with increasing distance from the edge of the fragment. The abundance and species diversity revealed significant differences among sampling distance for eucalyptus (abundance: KW-H_{3,40} = 17.44, p = 0.0006; richness: KW-H_{3,40} = 13.33, p=0.004) and banana (abundance: KW-H_{3,40}= 11.58, p = 0.009; richness: KW-H_{3,40}= 11.90, p = 0.000). In relation the composition, in the most matrices, the points of the edge and interior of the fragment formed different cluster when against points of 100 to 1000 m from the edge. Our data showed that despite euglossine bees shown great capacity for flight; matrices change the parameters of community. In points outside fragment forest *Eulaema cingulata*, *Euglossa securigera* Dressler e *E. fimbriata* Rebêlo & Moure the abundance pattern were significantly affected, while *Eufriesea violacea*, *Euglossa crassipunctata* e *E. truncate* are extinct these areas.

KEYWORDS: Orchid bee, dispersion, Atlantic forest, anthropogenic effect.

3.3. INTRODUÇÃO

Os processos oriundos da fragmentação têm como consequência a subdivisão do hábitat e a perda de área (Andrén 1994, Fahrig 1997, Fahrig 2003). Diversos componentes como o tamanho, a heterogeneidade ambiental, a conectividade, o efeito de borda e a matriz de hábitat do entorno são determinantes para a persistência de espécies autóctones (Rolstad 1991, Saunders *et al.* 1991, Andrén 1994, Fahrig 2003). O termo “matriz” tem sido utilizado para se referir ao mosaico de hábitats com alterações antrópicas, tais como pastagens, culturas, plantações ou florestas em regeneração que circundam os fragmentos de floresta (Laurence & Vasconcelos 2009). O tipo de matriz do entorno é determinante sobre os demais efeitos advindos da fragmentação, como os efeitos de área, borda e isolamento (Gascon *et al.* 1999).

A fragmentação altera profundamente a configuração da paisagem local (Laurence & Vasconcelos 2009), e em decorrência dessas alterações observa-se o declínio da diversidade nas florestas tropicais (Ehrlich 1988). No estado do Rio de Janeiro, a Mata Atlântica cobria cerca de 98% da área do estado. No entanto, desde a colonização a pressão do desmatamento para ampliação de fronteiras agrícolas, industrialização e urbanismo reduziram a cobertura original deste bioma a aproximadamente 17% da sua totalidade antes da colonização (Rocha *et al.* 2003, Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2008). Os remanescentes florestais ao longo do contínuo da Mata Atlântica ocorrem de forma relativamente isolada, com diferentes estados de conservação, concentrando-se em pequenos fragmentos florestais (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2008). Na região norte e noroeste do estado a situação é mais alarmante, apenas 0,5% da área original de mata ainda persiste (INEA 2011). Atualmente, os principais usos do solo nessa região são constituídos por pastagens, plantações de cana-de-açúcar, eucalipto e, em pequenas propriedades é comum o uso múltiplo do solo (IBGE 2011).

De modo geral, o isolamento dos fragmentos florestais imposto pelas fronteiras agrícolas pode limitar o potencial de dispersão e colonização de muitas espécies de pássaros, de mamíferos e de insetos que podem não ser capazes de romper nem mesmo faixas estreitas de uma matriz (Bierregaard *et al.* 1992, Milet-Pinheiro & Schindwein 2005, Schtickzelle *et al.* 2006, Laurance & Vasconcelos 2009). Por outro lado, a matriz em torno do fragmento pode consistir em hábitat favorável a espécies generalistas, com maior abundância de recursos disponíveis

(néctar e pólen) em relação aos da mata, pelo fato da matriz ser dominada por espécies pioneiras que florescem ao longo de todo ano (Samejima *et al.* 2004).

Estudos realizados em diferentes contextos têm demonstrado que os processos associados à fragmentação podem afetar a estrutura e os processos ecológicos do ecossistema (Liow *et al.*, 2001, Donaldson *et al.* 2002; Samejima *et al.* 2004), sendo inclusive considerados as principais causas no declínio de polinizadores (Winfree *et al.* 2009, Potts *et al.* 2010).

Abelhas da subtribo Euglossina são polinizadores importantes em florestas tropicais e em áreas agricultáveis (Ramirez *et al.* 2002, Benevides *et al.* 2009). Essas abelhas atuam na polinização de mais de 42 famílias botânicas, além de apresentar uma estreita relação na polinização de cerca de 700 espécies de Orchidaceae, razão pela qual são conhecidas como abelhas das orquídeas (Ramirez *et al.* 2002; Roubik & Hanson 2004). A atuação dessas abelhas na polinização deve-se a uma série de fatores, como sua grande capacidade de voo, comportamento de rotas de forrageio (*trap-lining*) e fidelidade floral (Janzen 1971, Ackerman *et al.* 1982), além de características morfológicas particulares como probóscide extremamente longa, adaptações nas tíbias posteriores dos machos e comportamento peculiar de coleta de substâncias aromáticas em plantas (Dressler 1982, Roubik & Hanson 2004).

Estudos com foco nos efeitos da fragmentação sobre a comunidade dessas abelhas têm demonstrado resultados ambíguos, mas muitos indicam que a fragmentação afeta negativamente a estrutura da comunidade dessas abelhas com a diminuição da riqueza, abundância e alterações nos padrões de diversidade e dominância das espécies (ver Capítulo 2). Contudo, poucos estudos abordam o uso das matrizes como local de forrageio para as comunidades de abelhas Euglossina. Millet-Pinheiro & Schlindwein (2005) e Mendes *et al.* (2008) mostraram que algumas espécies de Euglossina podem ser mais afetadas pelas matrizes em torno do fragmento florestal; entretanto, diferentes matrizes podem apresentar respostas distintas quanto aos parâmetros das comunidades de Euglossina.

Diante da importância das abelhas Euglossina na polinização e da carência de estudos abordando o uso de diferentes matrizes pelas abelhas Euglossina, o objetivo deste estudo foi analisar se as abelhas Euglossina saem do fragmento florestal em busca de recursos (iscas aromáticas) em diferentes matrizes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro (matriz de cana, usos múltiplos do solo,

pastagem, eucalipto e banana), tendo como hipóteses que: 1- as espécies de *Euglossina* são diferentemente afetadas pelas matrizes que envolvem os fragmentos florestais e 2- os parâmetros da comunidade são afetados com o aumento da distância do fragmento florestal.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1. ÁREA DE ESTUDO- O estudo foi realizado em quatro fragmentos florestais no bioma Mata Atlântica (Rocha *et al.* 2003), com diferentes matrizes circundantes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. A distância geográfica entre os fragmentos estudados variou de 0,05 a 135 km (Figura 1). A descrição das matrizes de cada área estudada segue abaixo; (para a descrição completa das áreas, vide Introdução Geral).

Área 1- Mata do Carvão (1200 ha): essa área é circundada ao leste por matriz de cana-de-açúcar e na porção oeste por matriz diversificada com pequenas plantações de abacaxi, coco, mandioca, maracujá, milho, cana de açúcar e pastagem de braquiária, caracterizando uma matriz de usos múltiplos do solo.

Área 2- Mata da Prosperidade (900 ha): essa área é circundada basicamente por matriz de pastagem de braquiária e plantações de tomate.

Área 3- Mata da Cabecinha (900 ha): circundada por plantações de eucalipto.

Área 4- Mata do Sr. Elpideo (140 ha): possui matriz circundante formada por plantações de banana e eucalipto, porém com predomínio de banana (ao longo do trabalho estará inserida como matriz de banana).

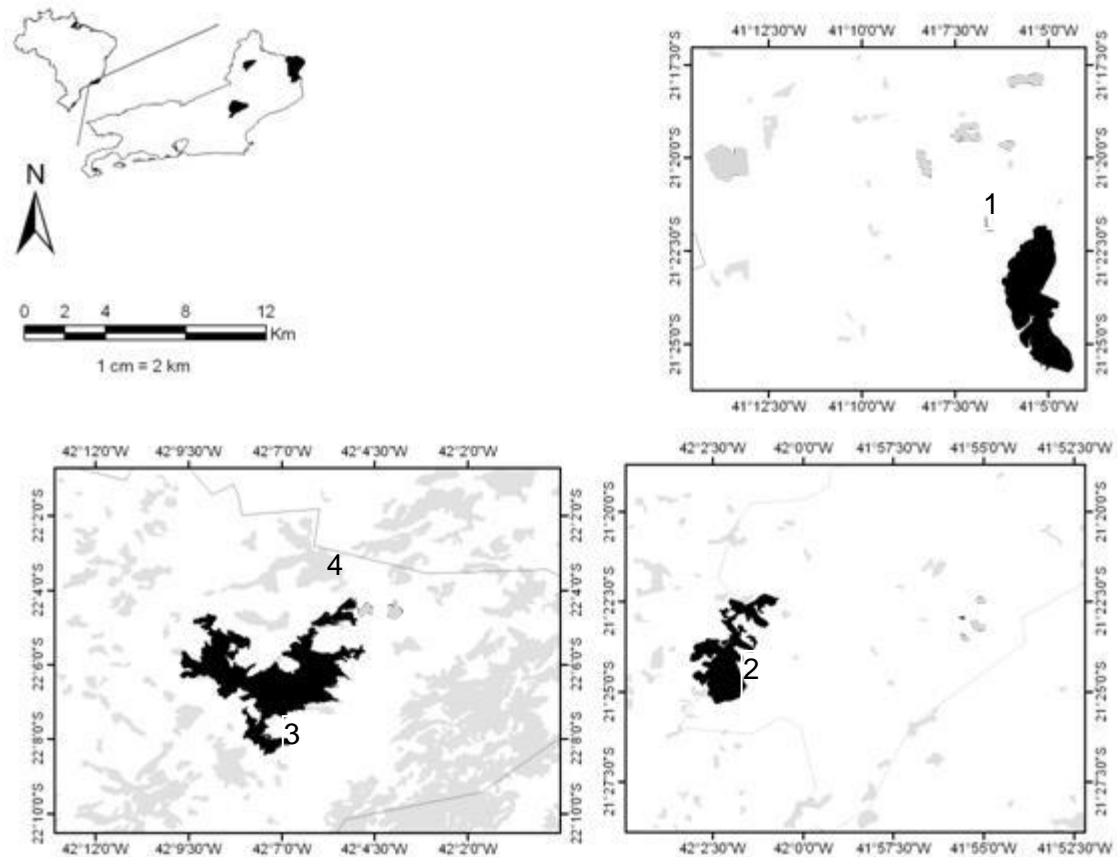


Figura 1: Localização das áreas de estudo (em preto) no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. 1: Mata do Carvão (Matriz de cana e múltiplos usos), 2: Mata da Prosperidade (Matriz de pastagem), 3 e 4: Mata da Cabecinha e Mata do Sr. Elpideo (Matriz de eucalipto e banana, respectivamente). Áreas em cinza representam remanescentes de Mata Atlântica próximas às áreas estudadas.

3.4.2. MÉTODO DE AMOSTRAGEM

Os machos das abelhas *Euglossina* foram amostrados trimestralmente de 9:00 às 15:00 horas, entre os meses de maio de 2007 e julho de 2009. Foram estabelecidos quatro pontos de coleta para cada área amostrada, sendo o 1^o- no interior do fragmento, caracterizado pelo centro do fragmento ou a pelo menos 500 m da borda do fragmento, o 2^o- na borda do fragmento, sempre disposto a cerca de 5m para o interior do fragmento, 3^o- a 100 m da borda do fragmento e o 4^o- a 1000 m da borda do fragmento (Figura 2). A metodologia de captura e identificação segue a mesma adotada no Capítulo 2 desta tese.

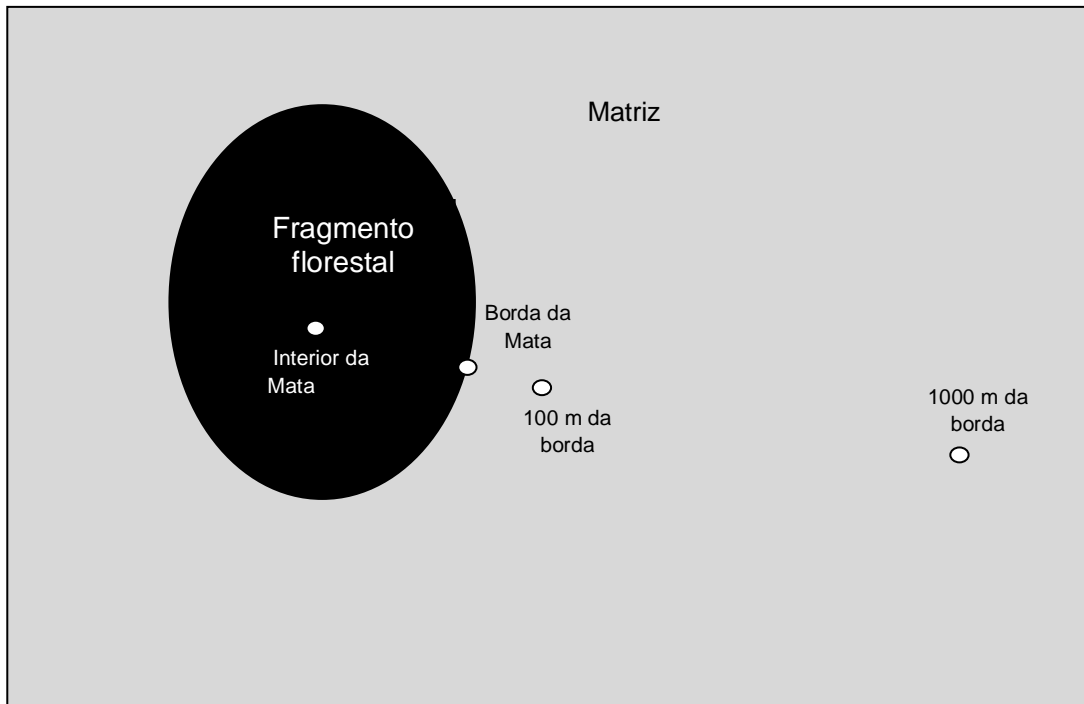


Figura 2: Esquema da disposição dos pontos de amostragem no fragmento e na matriz circundante de cada área estudada no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro.

3.4.3. ANÁLISE DOS DADOS

Para cada ponto de amostragem foi calculado o índice de diversidade de espécies segundo a fórmula de Shannon-Wiener e a dominância pelo índice de Berger-Parker (d) (Magurran 2003). Foi aplicada a correlação Spearman para verificar a relação entre os parâmetros obtidos trimestralmente (abundância, riqueza, diversidade e dominância) entre os diferentes pontos de amostragem em cada matriz estudada. Cada coleta foi considerada separadamente de modo que 10 coletas foram representadas como réplicas de amostragem. Essas análises foram realizadas utilizando o programa Statistica para Windows (versão 7.0).

Para acessar a similaridade na composição da comunidade entre os pontos de amostragem nas diferentes matrizes foi calculado o índice de similaridade de Morisita utilizando o programa Past versão 1.91. As diferenças entre os pontos de amostragem foram obtidas pelo dendrograma de distâncias através do método de UPGMA (método não ponderado de agrupamento aos pares por médias aritméticas).

3.5. RESULTADOS

Foram amostrados 3864 indivíduos pertencentes a 12 espécies de quatro gêneros. As espécies *Eulaema nigrita*, *Euglossa cordata* e *Eulaema cingulata* foram as mais abundantes em todos os pontos de amostragem (Tabela 1).

Eufriesea violacea, *Euglossa crassipunctata* e *Euglossa truncata* foram amostradas apenas no ponto que se refere ao interior do fragmento florestal. *Euglossa annectans*, amostradas apenas na área de Floresta Ombrófila Densa (Mata da Cabecinha e Mata do Sr. Elpídeo), ocorreu principalmente nos pontos de amostragem representados pelo interior e borda dos fragmentos, com dois indivíduos capturados a 1000 m da borda. *Euglossa despecta* ocorreu na área com matriz de cana e de usos múltiplos do solo (Mata do Carvão), onde foi registrada apenas na borda e interior do fragmento. Na área com matriz de pastagem essa espécie foi registrada nos quatro pontos de amostragem (Tabela 1).

A abundância total de abelhas diminuiu com o gradiente interior da mata para as maiores distâncias da borda, com exceção da área com matriz de cana que demonstrou abundância semelhante em todos os pontos de amostragem (Figura 3A). A riqueza de espécies diminuiu com o gradiente de distância da mata para todas as matrizes estudadas, assim como o valor de diversidade de Shannon (Figura 3B e C). A dominância aumentou consideravelmente do interior para as maiores distâncias da borda, principalmente nas matrizes de eucalipto e banana; nas demais áreas isso foi observado em menor escala (Figura 3D).

Quando se analisou somente as espécies mais abundantes, observou-se que a abundância decresceu consideravelmente do interior do fragmento para o ponto a 1000 m da borda (Figura 4). As abundâncias de *Euglossa fimbriata*, *Euglossa securigera* e *Eulaema cingulata* parecem ser mais severamente afetadas independente do tipo de matriz. *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata* não demonstraram ser afetadas pelas matrizes de cana, usos múltiplos do solo e pastagem, porém sua abundância decresceu com o aumento da distância do fragmento nas matrizes de eucalipto e banana (Figura 4).

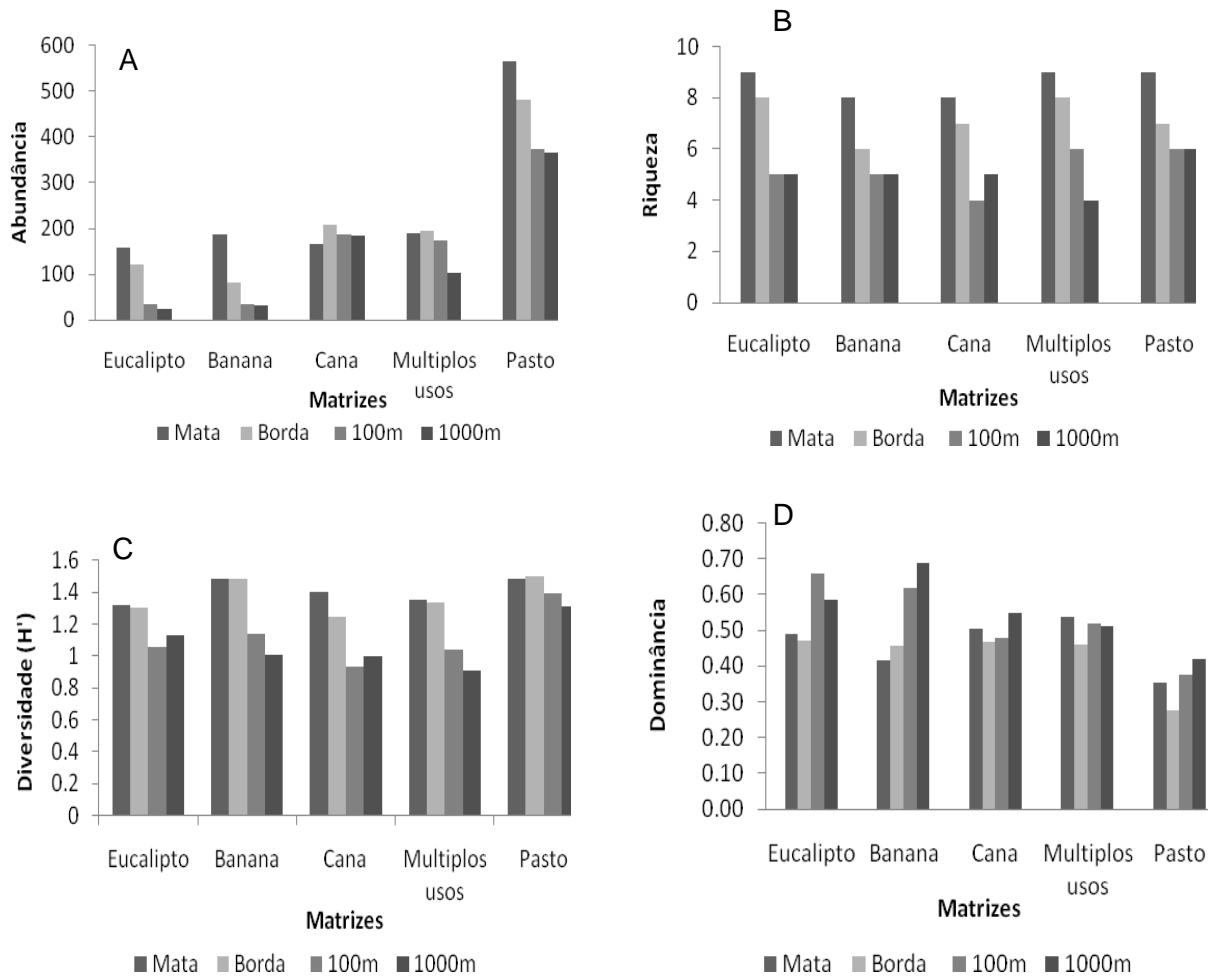


Figura 3: Abundância (A), riqueza (B), diversidade (C) e dominância (D) para a comunidade de abelhas Euglossina sob influência de matrizes de eucalipto, banana, cana-de-açúcar, múltiplos usos do solo e pastagem na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses de maio/07 e julho/09.

Tabela 1: Composição, abundância, riqueza, diversidade e dominância nas comunidades de abelhas *Euglossina* nos pontos de amostragem sob influência de diferentes matrizes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, amostradas entre maio/07 e julho/09.

Espécies	Eucalipto				Banana				Cana				Múltiplos usos do solo				Pastagem				Total
	Mata	Borda	100m	1000m	Mata	Borda	100m	1000m	Mata	Borda	100m	1000m	Mata	Borda	100m	1000m	Mata	Borda	100m	1000m	
<i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Euglossa annectans</i> Dressler	7	6	0	0	9	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
<i>E. cordata</i> (L.)	12	4	6	1	12	5	6	2	84	74	83	66	102	90	66	53	97	80	90	84	1017
<i>E. crassipunctata</i> Moure	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
<i>E. despecta</i> Moure	0	1	0	0	0	0	0	0	12	5	0	0	12	5	0	0	1	2	1	1	40
<i>E. fimbriata</i> Rebêlo & Moure	2	3	1	1	9	5	1	0	2	0	0	0	2	3	0	0	24	16	4	2	75
<i>E. pleosticta</i> Dressler	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	10
<i>E. securigera</i> Dressler	8	6	3	2	58	12	3	1	2	1	1	3	2	2	4	2	96	122	85	91	504
<i>E. truncata</i> Rebêlo & Moure	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius)	78	43	2	6	19	17	3	5	21	19	14	11	26	21	10	4	199	126	53	34	711
<i>E. nigrita</i> Lepeletier	50	57	23	14	78	37	21	22	38	97	90	101	38	64	90	45	145	133	140	154	1437
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin)	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8	0	3	7	9	2	0	0	0	0	0	36
Abundância	159	121	35	24	187	81	34	32	167	207	188	184	190	195	173	104	564	480	373	366	3864
Riqueza	8	8	5	5	8	6	5	5	8	7	4	5	8	8	6	4	7	7	6	6	12
Diversidade (H')	1,32	1,30	1,05	1,13	1,48	1,48	1,14	1,00	1,40	1,25	0,93	1,00	1,35	1,34	1,04	0,91	1,49	1,50	1,39	1,31	1,53
Dominância	0,49	0,47	0,66	0,58	0,42	0,46	0,62	0,69	0,50	0,47	0,48	0,55	0,54	0,46	0,52	0,51	0,35	0,28	0,38	0,42	0,37

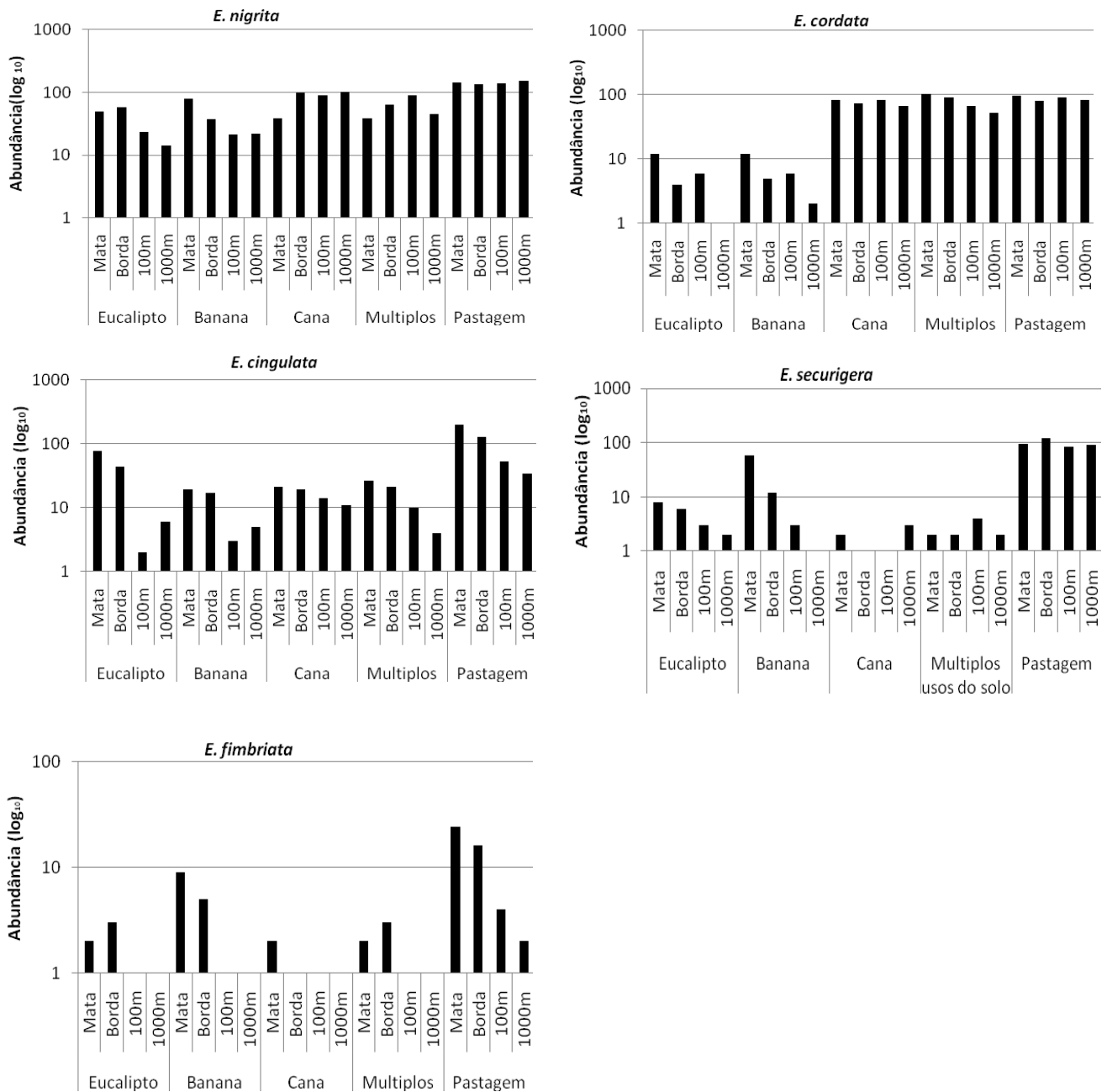


Figura 4: Abundância das espécies mais representativas das áreas sob influência de diferentes matrizes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses de maio/07 e julho/09. Múltiplos: Refere-se à matriz de múltiplos usos do solo.

As correlações de Spearman indicaram relação negativa e significativa entre os parâmetros de abundância e riqueza com o aumento da distância do centro do fragmento florestal, principalmente para as matrizes de eucalipto (abundância: $r=0,61$, $p=0,000$; riqueza: $r=-0,54$, $p=0,000$) e banana (abundância: $r=-0,51$, $p=0,000$; riqueza: $r=-0,51$, $p=0,000$) (Figura 5A e B). Para as matrizes de cana (abundância: $r=-0,14$; $p=0,37$; riqueza: $r=-0,20$; $p=0,23$), múltiplos usos (abundância: $r=-0,03$; $p=0,86$; riqueza: $r=-0,19$; $p=0,25$) e pastagem (abundância: $r=-0,07$; $p=0,67$; riqueza: $r=-0,15$; $p=0,36$), os resultados demonstraram apenas uma tendência negativa para estas relações (Figura 5 C,D e E).

De modo geral, os pontos de amostragem do interior do fragmento distinguiram-se dos demais pontos de amostragem. Para a maioria das matrizes, os pontos da borda e do interior do fragmento apresentaram alta similaridade, enquanto os pontos de 100 e 1000 m da borda foram mais similares entre si (Figura 6 A-E).

O dendrograma de similaridade nas diferentes matrizes resultou na formação de dois grande grupos. O primeiro entre os pontos do interior e da borda (80% de similaridade na matriz de eucalipto, 60% na matriz de banana, 85% na matriz de múltiplos usos), e o segundo entre os pontos de 100 m e de 1000 m da borda do fragmento (65% em eucalipto, abaixo de 80% para matriz de banana, 75% para múltiplos usos) (Figura 6). A similaridade entre os pontos do interior e da borda quando comparados com os pontos de 100 m e 1000 m demonstraram similaridade abaixo de 40% para matriz de eucalipto (Figura 6A), abaixo de 45% para banana (Figura 6B), 70% para a matriz de múltiplos usos do solo (Figura 6D) e 80% para a matriz de pastagem (Figura 6E).

Na matriz de cana, o ponto de amostragem do interior do fragmento distinguiu-se dos demais. No entanto, a similaridade entre os pontos de amostragem foi maior do que 70%. Os pontos referentes à borda, 100 m e 1000 m apresentaram mais de 90% de similaridade entre si (Figura 6C).

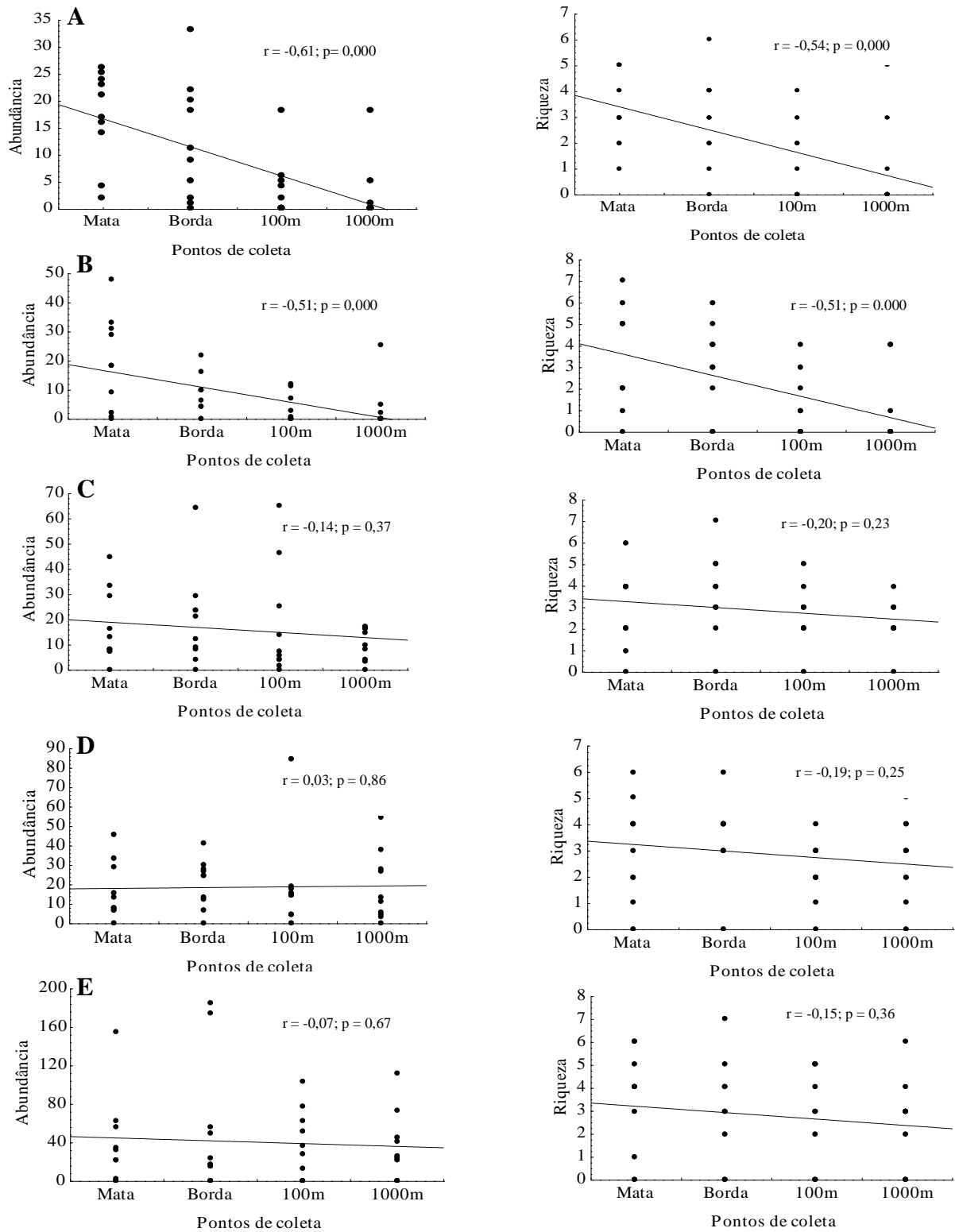


Figura 5: Correlações de Spearman entre a abundância e riqueza nos diferentes pontos amostrais em fragmentos florestais sob influência de diferentes matrizes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses maio/07 e julho/09. A= correlação entre abundância e riqueza em matriz de eucalipto; B: Matriz de banana, C: matriz de múltiplos usos do solo, D: Matriz de cana e E: Matriz de Pastagem.

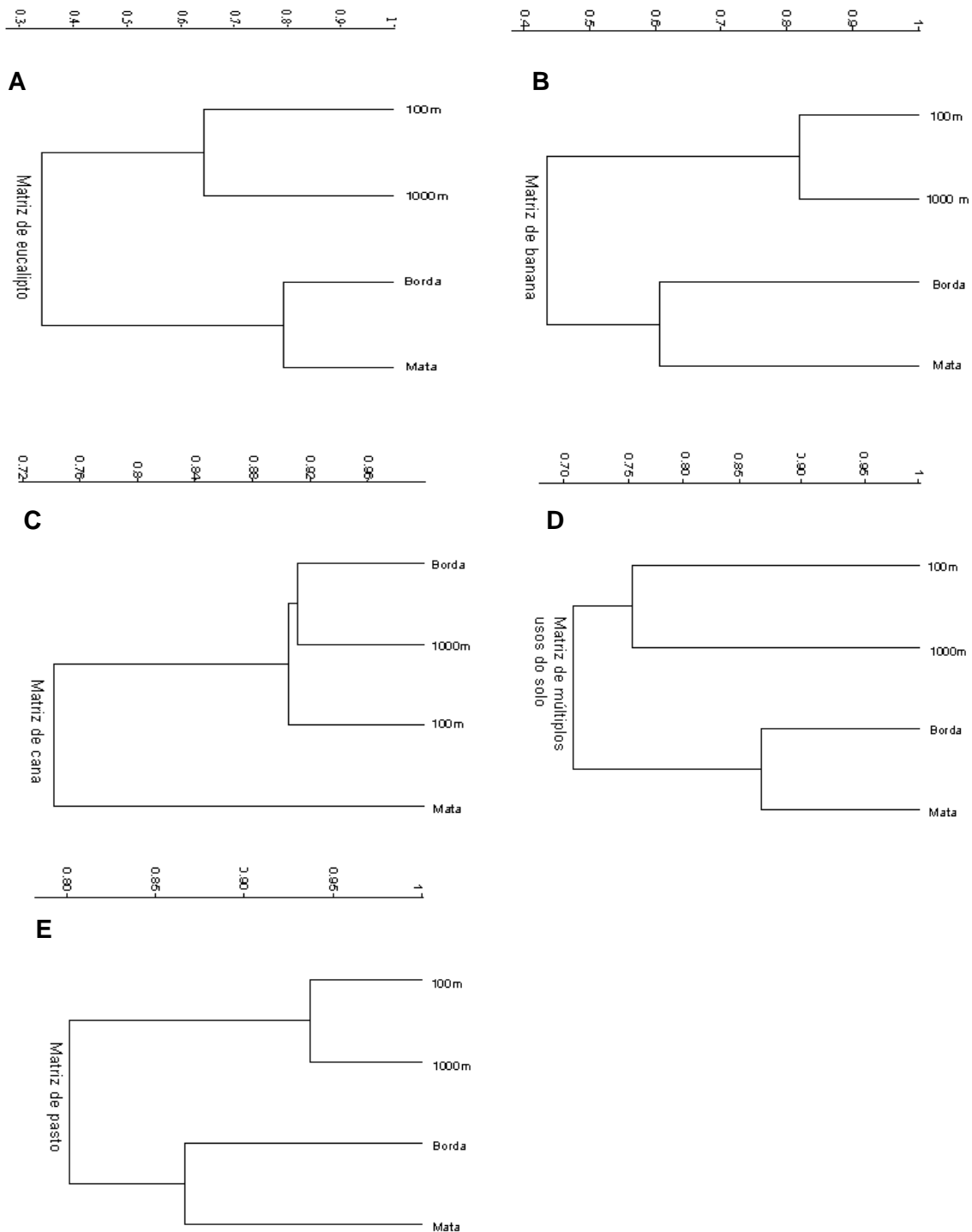


Figura 6: Similaridade de Morisita para a comunidade de Euglossina nos diferentes pontos amostrais em fragmentos florestais sob influência de diferentes matrizes no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro entre os meses maio/07 e julho/09. A= matriz de eucalipto; B: Matriz de banana, C: Matriz de múltiplos usos do solo, D: Matriz de cana e E: Matriz de Pastagem.

3.6. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo indicaram alterações significativas para as matrizes de eucalipto e banana em todos os parâmetros analisados nas diferentes distâncias do fragmento, evidenciando efeitos negativos dessas matrizes sobre as comunidades de abelhas Euglossina. As matrizes de cana-de-açúcar, pastagem e múltiplos usos do solo demonstraram apenas tendências negativas sobre os parâmetros analisados, desta forma a hipótese de que os parâmetros das comunidades são criticamente afetados com o aumento da distância do fragmento florestal pode ser apenas parcialmente aceita, uma vez que as diferenças não foram significativas para todas as matrizes. A composição de espécies que se dispersam nas matrizes é distinta daquela do interior dos fragmentos, resultando na ausência de várias espécies nas matrizes. Este resultado também foi observado por Millet-Pinheiro & Schlindwein (2005), que relataram que os padrões de abundância, riqueza e diversidade encontrados no interior e borda do fragmento são significativamente diferentes dos padrões observados na matriz estudada. As matrizes de eucalipto e banana correspondem às áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana; aparentemente as comunidades de abelhas Euglossina dessa formação fitofisionômica são mais sensíveis à eliminação da cobertura vegetal original. Fatores microclimáticos, como temperatura e umidade, sofrem alterações mais bruscas nessas áreas quando comparados com os demais tipos fitofisionômicos onde as matrizes foram estudadas (Observação pessoal).

Além da composição, a abundância de espécies como *Euglossa fimbriata*, *Euglossa securigera* e *Eulaema cingulata* foram consideravelmente afetadas, com a redução do número de indivíduos nas maiores distâncias a partir da borda do fragmento, sugerindo que a capacidade de dispersão destas abelhas é limitada nas matrizes. As abelhas Euglossina são consideradas exímias polinizadoras em florestas tropicais, principalmente por sua grande capacidade de vôo e por sua extensa rota de forrageio (Janzen 1971, Dressler 1982). Estudos anteriores relataram o deslocamento em grandes distâncias. Dados obtidos por Janzen (1971) ao observar o retorno de seis fêmeas marcadas de *Eufriesea surinamensis*, após serem soltas a 20-23 km dos seus ninhos, revelaram que as fêmeas dessas abelhas são capazes de retornar ao ninho no mesmo dia. Dressler (1982), através da

identificação de polinários de Orchidaceae aderidos ao corpo das abelhas e da distribuição espacial das plantas, estimou a distância de vôo de machos de *Eulaema* na Ilha do Barro Colorado (Panamá) em 40 km. Recentemente, Wikelski *et al.* (2010) em experimentos com radiotelemetria verificou que machos de *Exaerete frontalis* utilizam uma área de 42-115 ha diariamente. Além disso, os autores localizaram indivíduos a mais de 5 km de onde foram marcados. Todos esses resultados, entretanto, foram obtidos em áreas florestais, e os dados de dispersão das abelhas não podem ser aplicados a áreas de matrizes, como verificados no presente estudo.

Dados obtidos por Tonhasca *et al.* (2002b) indicaram a dispersão de abelhas Euglossina entre fragmentos florestais com distância máxima de 1,7 km entre si, e rodeados por matriz de pastagem. Aguiar & Gaglianone (dados não publicados), em experimento de marcação e recaptura coletaram *Eulaema nigrita* a 16 km do fragmento florestal onde foram marcadas, sendo que a distância percorrida pelas abelhas atravessou áreas de pastagem e cana-de-açúcar. Neste mesmo experimento, outras espécies como *Euglossa cordata* e *Eufriesea surinamensis* foram recapturadas em áreas com até 2 km de onde foram marcadas. Estes dados indicam que embora o grupo seja considerado predominantemente de ambiente florestal (Roubik & Hanson 2004), algumas espécies são capazes de atravessar áreas de matrizes.

A influência do tipo de matriz nesta dispersão, entretanto, foi pouco estudada. Trabalhos anteriores revelaram que algumas espécies podem dispersar entre fragmentos, independente do tipo de matriz (Tonhasca *et al.* 2002b, Millet-Pinheiro & Schindwein 2005). Por outro lado, como observado no presente trabalho, várias espécies não conseguem transpor essa barreira, indicando serem afetadas pela matriz do fragmento florestal. Resultado semelhante foi obtido por Millet-Pinheiro & Schindwein (2005), em um estudo em fragmentos de matriz de cana-de-açúcar, no nordeste do Brasil, onde 11 das 16 espécies amostradas no interior do fragmento florestal foram registradas na borda do fragmento, enquanto somente quatro espécies ocorreram a 10 m, 50 m e 100 m e três espécies a 250 m e a 500 m do fragmento florestal.

De modo geral, as matrizes em torno dos fragmentos indicam que os parâmetros da comunidade de abelhas são afetados, com diminuição na abundância, riqueza e diversidade de espécies nos pontos a 100 m e 1000 m da borda. A dominância foi significativamente maior nessas matrizes, resultante da alta

abundância relativa de espécies mais resistentes como *Euglossa cordata*, *Eulaema nigrita* e *E. cingulata*, comuns nesses pontos de amostragem. Essas espécies são comumente descritas como tolerantes a condições adversas do ambiente, como o observado em áreas abertas e/ou perturbadas (Peruquetti *et al.* 1999, Ramalho *et al.* 2009). Mendes *et al.* (2008) observaram baixa abundância de Euglossina para uma área isolada de eucalipto, em comparação aos valores de abundância observados em áreas florestadas na mesma região. Os autores sugeriram que em áreas de monocultura a ausência de substratos para a nidificação certamente afeta as populações de abelhas. No entanto, a disponibilidade de recursos específicos (pólen, néctar e resinas) também pode ser limitante nas matrizes estudadas. As matrizes de múltiplos usos e pastagem apresentaram menores efeitos negativos sobre os padrões da comunidade de abelhas Euglossina. Nessas áreas foi observada maior oferta de recursos, como herbáceas anuais com florescimento ao longo do ano, além de maior heterogeneidade de hábitat quando comparado às matrizes de eucalipto e banana. Esta heterogeneidade resulta em melhores condições de abrigo para machos de Euglossina, fonte de recursos e de ninhos ou áreas de recursos adicionais, uma vez que áreas de agricultura podem oferecer recursos temporários de pólen e néctar (Steffan-Dewenter & Tscharncke 2003). Contudo, podem não fornecer hábitat adequados para nidificação (Chacoff & Aizen 2006).

Algumas espécies como *Eufriesea violacea*, *Euglossa crassipunctata* e *Euglossa truncata* foram pouco abundantes e amostradas exclusivamente no interior e na borda do fragmento. De acordo com Giangarelli *et al.* (2009), *Eufriesea violacea* é uma espécie aparentemente sensível à redução de área do fragmento florestal, e pelos nossos dados pode ser também sensível à matriz. *Euglossa crassipunctata* tem sido amostrada preferencialmente no interior de fragmentos florestais (Millet-Pinheiro & Schlindwein 2005, Ramalho *et al.* 2009) e, como sugerido no Capítulo 2, pode ser mais restrita a fragmentos bem preservados, podendo ser uma possível indicadora de qualidade ambiental. A ausência desta espécie em pontos na matriz reforça esta sugestão. Para *Euglossa truncata* os registros são mais escassos; em remanescentes de Mata Atlântica normalmente poucos indivíduos são amostrados, mesmo em áreas bem preservadas (Ramalho *et al.* 2009, Capítulos 1 e 2).

Espécies raras e restritas ao interior de áreas de florestas podem ser mais severamente afetadas, uma vez que não conseguem transpor a matriz, podendo

resultar em maior competição no fragmento, principalmente quando o recurso é escasso, e ainda ausência de fluxo gênico ficando mais suscetível a uma estruturação genética (Curtis & Taylor 2003, Reed & Frankham 2003). Até mesmo espécies com grande plasticidade como *Eulaema cingulata* (Millet-Pinheiro & Schlindwein 2005), que foram amostradas em áreas de matriz, demonstram que sua abundância é significativamente reduzida com o aumento da distância da borda do fragmento florestal, sugerindo que áreas isoladas podem ter fluxo gênico afetado pelo isolamento da área (ver Capítulo 4). A limitação ou ausência de dispersão de *Euglossina* entre fragmentos florestais tem efeito negativo sobre o sucesso reprodutivo de plantas que necessitam dessas abelhas para polinização. Nossos resultados sugerem que áreas de matrizes necessitam de conexões com fragmentos florestais adjacentes para que abelhas e outros agentes polinizadores possam ter maiores chances de dispersão entre fragmentos, mantendo assim uma estrutura metapopulacional viável em áreas fragmentadas.

As características naturais do ambiente, como o tipo fitofisionômico, as variáveis do clima (temperatura, umidade, precipitação e altitude) e a qualidade do hábitat têm demonstrado serem fatores limitantes para a ocorrência e para os padrões de abundância das espécies de *Euglossina* (Roubik & Hanson 2004, Ramalho *et al.* 2009, Capítulo 1). Os resultados deste estudo demonstraram que a abundância de *Euglossa cordata* e *Eulaema nigrita* não foram afetadas pelo tipo de matriz. No entanto, o padrão de abundância nas áreas com matriz de eucalipto e banana apresentou diminuição na abundância com o aumento da distância do fragmento. Esse fato também foi registrado para *Euglossa securigera*, que demonstrou ser afetada por todas as matrizes estudadas, com exceção da área com matriz de pastagem, onde a abundância foi similar em todos os pontos. No Capítulo 1 foi demonstrado esse padrão para esta espécie, com maiores abundâncias em áreas de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, independente do tamanho do fragmento florestal.

Apesar da alta similaridade encontrada entre os pontos de amostragem nas matrizes de cana, múltiplos usos e pastagem, as análises de similaridade agrupam os pontos do interior e borda do fragmento separadamente dos pontos a 100 m e a 1000 m, reforçando as evidências de permeabilidade parcial das matrizes para estas espécies de abelhas, assim como observado por Millet-Pinheiro & Schlindwein (2005) em matriz de cana-de-açúcar.

Partindo do ponto de vista teórico, as relações entre espécies e paisagens fragmentadas dependem da escala de dispersão individual e da distância entre os habitats fragmentados e do tipo de matriz. Espécies com grande mobilidade dispersam livremente entre fragmentos, enquanto espécies de dispersão limitada ficam restritas ao interior do fragmento. Assim, a dispersão individual influencia a dinâmica de dispersão populacional dentro dos fragmentos (Tscharntke & Brandl 2004). De acordo com Bierregaard *et al.* (2001), em alguns casos espécies originalmente de floresta primária podem se tornar superabundantes na matriz e colonizar ou invadir fragmentos próximos. O aumento na dominância de *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata* em pontos mais distantes do fragmento, como observado nas matrizes de cana-de-açúcar e múltiplos usos, localizados em áreas de Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, e a maior dominância de *Euglossa securigera* em matriz de pastagem (área de Floresta Estacional Semidecidual Submontana) podem ser respostas à maior capacidade de dispersão em busca de recursos e/ou maior tolerância a ambientes alterados por essas espécies. Neste contexto, a matriz no entorno do fragmento florestal pode ser vista como um filtro de uso pelos animais para dispersão e movimentação (Bierregaard *et al.* 2001).

Nossos resultados demonstraram que espécies de Euglossina apresentam diferentes potenciais de dispersão e que algumas espécies podem ser mais severamente afetadas pelo tipo de matriz que envolve o fragmento do que outras, aceitando-se com isso a hipótese de que as espécies de Euglossina são diferentemente afetadas pelo tipo de matriz que envolve o fragmento. Fragmentos florestais circundados por matrizes mais heterogêneas como múltiplos usos do solo, ou matrizes que permitem o crescimento de vegetação característica de estágios iniciais de sucessão como matrizes de pastagem e cana-de-açúcar podem disponibilizar recursos para algumas espécies de Euglossina que são tolerantes a áreas abertas e/ou perturbadas. Por outro lado, matrizes em áreas de Floresta Ombrofila Densa Montana apresentam mudanças microclimáticas mais drásticas, o que afeta mais intensamente os parâmetros da comunidade.

3.7. CONCLUSÕES

A estrutura da comunidade de abelhas Euglossina demonstrou ser afetada pelas matrizes no entorno do fragmento florestal. A borda do fragmento funciona como uma barreira, que dificulta ou inibe a dispersão de algumas espécies do grupo.

As espécies indicadas como tolerantes a ambientes abertos, secos e/ou perturbados, como *Euglossa cordata* e *Eulaema nigrita*, apresentam maior dominância nos pontos mais distantes do centro do fragmento florestal. *Eulaema cingulata*, apesar de ser uma espécie também indicada como tolerante a condições adversas, apresentou diminuição consideravelmente alta no padrão de abundância do centro para as maiores distâncias nas áreas de matrizes.

Matrizes em áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana demonstraram maiores prejuízos à estrutura da comunidade de abelhas Euglossina, principalmente pela forte diferenciação microclimática observada entre as regiões do interior da mata e os pontos nas matrizes.

CAPÍTULO 4

ESTRUTURA POPULACIONAL E DIVERSIDADE GENÉTICA DE
Eulaema cingulata (HYMENOPTERA; APIDAE; EUGLOSSINA) EM
REMANESCENTES DE MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE DO BRASIL.

4.1. RESUMO: As abelhas da subtribo Euglossina são consideradas importantes polinizadores em florestas tropicais. *Eulaema cingulata* é uma abelha robusta abundantemente encontrada em áreas de Mata Atlântica. No presente estudo foi empregado o uso de marcadores microsatélites para verificar: (1) se essa espécie está sofrendo perda de variabilidade genética, (2): se a diversidade genética dessa espécie está relacionada com o tamanho, perímetro e isolamento do fragmento florestal, e (3): se a diferenciação genética entre os pares de populações aumenta com o aumento da distância geográfica. As populações apresentaram alto nível de diversidade genética em todas as localidades. A maior parte da variação genética encontrada está presente dentro das populações, 91,43% da variação genética. A análise de variância molecular (AMOVA) revelou $\phi_{ST} = 0,08572$, enquanto o estimador $D_{est} = 0,293$, sugerindo uma diferenciação genética considerada alta entre as populações. Não foi observada relação significativa entre distância geográfica (km) e os valores de distância genética (ϕ_{ST} $r = -0,1515$, $p = 0,320$ e D_{est} $r = -0,09$, $p = 0,53$). Foi verificada uma correlação negativa significativa entre tamanho do fragmento e os índices de fixação ϕ_{ST} ($r = -0,6718$; $p = 0,0334$) e uma forte tendência negativa de correlação com o perímetro ($r = -0,5841$; $p = 0,0762$) e o isolamento ($r = 0,52$ $p = 0,1485$). Por outro lado, a heterozigosidade média esperada (\bar{H}_e) e o tamanho (ha) e perímetro da área mostraram correlação positiva significativa ($r = 0,655$, $p = 0,0398$; $r = 0,668$, $p = 0,0357$, respectivamente). A diversidade genética nas áreas estudadas foi alta, porém valores elevados de diferenciação genética indicam que se o fluxo gênico está ocorrendo, este ocorre desigualmente entre as áreas, não conseguindo evitar a diferenciação genética das populações.

Palavras-chave: Abelhas das orquídeas, dispersão, genética da conservação, polinização, microsatélites

4.2. ABSTRACT: Euglossine bees are considered key pollinators in tropical forests. *Eulaema cingulata* is a large euglossine bee found abundantly in the Atlantic Forest domain. In this study, we employed microsatellite markers to verify: (1) if this species living in forest fragments are suffering loss of genetic variation, (2) if genetic diversity is related to the size, perimeter and isolation of the forest fragments, and (3) if pairwise genetic differentiation among populations increases with increasing geographical distance. The population had a high level of genetic diversity in all studied areas. Most of this genetic variation (91.43%) is found within populations. The analysis of molecular variance (AMOVA) resulted in $\phi_{ST} = 0.0857$, while the estimator $D_{est} = 0,293$, suggesting a high genetic differentiation among populations. There was no significant relationship between geographic distance and distance genetic estimators (ϕ_{ST} $r = -0.1515$, $p = 0.320$ and D_{est} $r = -0.09$, $p = 0.53$). It was found a significantly negative correlation between fragment size and ϕ_{ST} ($r = -0.6718$, $p = 0.0334$) and a strong negative trend correlation with the perimeter ($r = -0.5841$, $p = 0.0762$) and isolation ($r = 0.52$ $p = 0.1485$). On the other hand, correlation between the average expected heterozygosity (\bar{H}_e) and size (ha) and perimeter of the fragment were significantly positively related ($r = 0.655$, $p = 0.0398$, $r = 0.668$, $p = 0.0357$, respectively). Genetic diversity in the studied areas are still high, but the marked differentiation may be indicating that if gene flow is occurring, it is failing to prevent genetic differentiation of populations.

Keywords: Conservation genetics, dispersal, Euglossine bees, pollinator, microsatellite

4.3. INTRODUÇÃO

A fragmentação de habitats naturais é uma das mais severas pressões para a sobrevivência em médio e longo prazo para muitas populações animais e vegetais. Entender como a fragmentação de habitat afeta essas populações é essencial para direcionar estratégias de restauração de áreas fragmentadas (Hobbs & Yates 2003). Em plantas, o fluxo gênico entre remanescentes florestais isolados pode ser mantido através do transporte de pólen e sementes. Este serviço é feito por vetores como o vento, insetos, pássaros, morcegos, entre outros (Ghazoul 2005, Sanclair & Hobbs 2009).

Em áreas fragmentadas, a perda de habitat e o isolamento são as principais causas no declínio de polinizadores (Steffan-Dewenter *et al.* 2006, Goulson *et al.* 2008, Winfree *et al.* 2009, Potts *et al.* 2010). Insetos, particularmente abelhas, são polinizadores-chave tanto na agricultura quanto em áreas naturais, sendo essenciais para manter a biodiversidade de plantas. Entretanto, pouco se conhece sobre como as pressões antrópicas podem afetar os serviços de polinização (Neff & Simpson 1993, Potts *et al.* 2010).

As abelhas da subtribo Euglossina, popularmente conhecidas como abelhas das orquídeas, são consideradas importantes polinizadores em florestas tropicais e subtropicais (Dressler 1982, Ramirez *et al.* 2002, Roubik & Hanson 2004). Essas abelhas exibem características exclusivas tais como, língua extremamente longa e integumento com brilho metálico na maioria das espécies (Dressler 1982, Roubik & Hanson 2004). Os machos dessas abelhas apresentam pernas modificadas e um comportamento peculiar de coleta de substâncias aromáticas em plantas (Dressler 1982, Roubik & Hanson 2004, Bembé 2004). Essas substâncias aparentemente são usadas no comportamento de acasalamento (Dressler 1982, Eltz *et al.* 2005). Devido a este comportamento, pesquisadores têm atraído os machos dessas abelhas por intermédio de fragrâncias aromáticas sintéticas, e assim os dados sobre as comunidades de Euglossina têm sido obtidos na natureza (p.ex.: Oliveira & Campos 1995, Rebêlo & Garófalo 1997, Aguiar & Gaglianone 2008a).

O gênero *Eulaema* usualmente inclui abelhas de corpo robusto, apresentando tamanho entre 20 mm e 30 mm de comprimento, pubescência relativamente densa e desprovida de integumento brilhante metálico na cabeça e no mesossoma (Oliveira 2006). *Eulaema cingulata* (Fabricius) é uma abelha de porte robusto

(tamanho médio de 21 mm), que apresenta ampla distribuição geográfica no Neotrópico, ocorrendo do México até a Bolívia e em grande parte do Brasil (Roubik & Hanson 2004, Oliveira 2007, Nemésio 2009). Na Mata Atlântica, *E. cingulata* também apresenta ampla distribuição, ocorrendo do nordeste até o sul do Brasil (até o Paraná) (Oliveira 2007), sempre com abundância consideravelmente elevada (Tonhasca *et al.* 2002a, Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009). Recentemente, Nemésio (2009), baseado em caracteres morfológicos, atribuiu à *Eulaema cingulata* uma distribuição restrita a região amazônica e no domínio de Mata Atlântica essa espécie é indicada como uma nova espécie, *Eulaema marcii* Nemésio. No entanto, o presente trabalho considera a classificação taxonômica tradicional.

E. cingulata apresenta grande plasticidade ambiental, ocorrendo desde áreas bem preservadas até áreas de florestas secundárias em diferentes níveis de sucessão, em pequenos fragmentos, em áreas abertas e em áreas urbanas (Tonhasca *et al.* 2002a, Souza *et al.* 2005, Nemésio & Silveira 2007b). Em florestas secundárias essa espécie é usualmente encontrada na borda da mata (Millet-Pinheiro & Schlindwein 2005, Nemésio & Silveira 2006b). Essa espécie tem sido reconhecida por sua capacidade para voar longas distâncias, cruzando cursos d'água (Murren 2002) e áreas desflorestadas (Millet-Pinheiro & Schlindwein 2005, observação pessoal). De acordo com Murren (2002), este comportamento é um importante componente para persistência de espécies de plantas que dependem desta espécie para polinização, como *Catasetum viridiflavum* (Hook).

A manutenção da diversidade genética em populações naturais e a persistência das espécies dependem do sucesso reprodutivo e do potencial evolutivo, sendo estes os aspectos mais importantes para a biologia da conservação (Curtis & Taylor 2003, Reed & Frankham 2003, O'Connell *et al.* 2006). Entretanto, até recentemente, os aspectos genéticos vinham sendo negligenciados em pesquisas envolvendo a conservação de polinizadores, incluindo populações de abelhas (Packer & Owen 2001). Diante do declínio alarmante nas populações de abelhas em todo o mundo (Biesmeijer *et al.* 2006, Gixti *et al.* 2009, Potts *et al.* 2010), maior atenção tem sido dada às potenciais alterações na diversidade genética em populações de abelhas sobre ameaças antrópicas, tais como a fragmentação e perda de hábitat. Com relação às abelhas das orquídeas, apesar da susceptibilidade desses insetos à fragmentação e perda de hábitat (Powell & Powell

1987, Brosi 2009, Ramalho *et al.* 2009), da reconhecida importância dessas abelhas como polinizadores e da diversidade do grupo, ainda são poucos os estudos que tem buscado avaliar a diversidade genética em populações deste grupo em fragmentos florestais (Sofia *et al.* 2005, Suzuki *et al.* 2010, Cerântola *et al.* 2010, Zimmermann *et al.* 2011).

Sabendo que a perda de diversidade genética esta relacionada ao declínio no tamanho das populações e ao isolamento geográfico (Curtis & Taylor 2003; Reed & Frankham 2003, Leinu *et al.* 2010). Mais recentemente, maiores esforços têm sido direcionados para avaliar a diversidade genética em populações de abelhas Euglossina que habitam paisagens fragmentadas ou urbanizadas, para verificar a viabilidade e saúde genética dessas populações (Suzuki *et al.* 2010, Cerântola *et al.* 2010, Zimmermann *et al.* 2011).

No presente estudo foi empregado o uso de marcadores moleculares de microsatélites para avaliar e comparar a diversidade genética de *Eulaema cingulata* em dez remanescentes de Mata Atlântica de diferentes tamanhos e graus de degradação antrópica e de isolamento geográfico. As análises foram feitas para verificar (1) se as populações de *E. cingulata* estão sofrendo perda de variabilidade genética; (2) se a diversidade genética decresce com a diminuição do tamanho, do perímetro e do isolamento do fragmento florestal, e (3) se a diferenciação genética entre os pares de populações aumentam com o aumento da distância geográfica.

4.4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.4.1. ÁREAS DE ESTUDO- Machos de *E. cingulata* foram obtidos de dez fragmentos da Mata Atlântica com diferentes graus de preservação da vegetação nativa e sinais de perturbações antrópicas de épocas passadas e atividades recentes. Todos esses fragmentos estão localizados na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). A localização geográfica, tamanho das áreas, tipo de vegetação e número de indivíduos de *Eulaema cingulata* geneticamente analisados estão dispostos na Tabela 1.

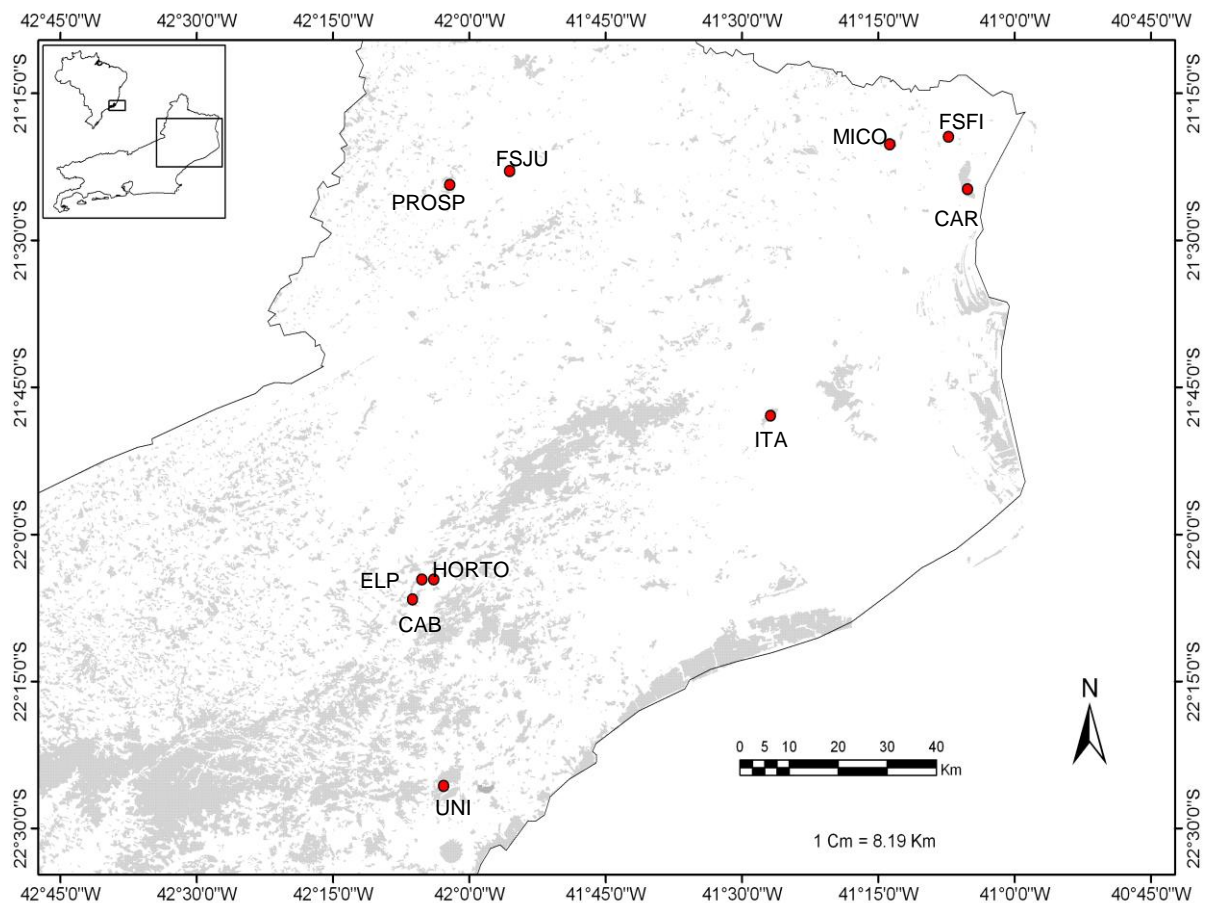


Figura 1: Localização das áreas de amostragem de *Eulaema cingulata*, no norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. CAB, ELP e HORTO são fragmentos formados por Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM); ITA, FSJU e PROSP consistem de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESS); CAR, FSFI e MICO são caracterizados por Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (Mata de Tabuleiro) (FEST) e UNI é caracterizado por Floresta Ombrófila Densa de Baixada (FODB). As áreas em cinza no mapa indicam remanescentes de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro.

Tabela 1: Áreas de estudo, localização geográfica, tamanho das áreas, tipo de vegetação e número de indivíduos de *E. cingulata* geneticamente analisados por área no estado do Rio de Janeiro. FODM= Floresta Ombrófila Densa Montana, FEST= Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (Mata de Tabuleiro), FESS= Floresta Estacional Semidecidual Submontana e FODB= Floresta Ombrófila Densa Baixada.

Áreas de estudos	Localização geográfica	Área (ha)	Tipo de Vegetação	Tamanho amostral
CAB	22°05'51"S 42°05'38"W	870	FODM	40
PROSP	22°04'43"S 42°05'45"W	920	FESS	40
UNI	22°25'44"S 42° 42'59"W	3600	FODB	40
ITA	21°47'34"S 41°26'30"W	630	FESS	40
FSJU	21°23'S 41°55'W	2-7	FESS	40
HORTO	22° 4'27"S 42° 3'55"W	26	FODM	20
MICO	21°20'70"S 41°13'37"W	200	FEST	23
CAR	21°24' 02"S 41°05'38" W	1200	FEST	39
ELP	22°04'43"S 42°05'45"W	141	FODM	34
FSFI	21°19'S 41°07'W	16-50	FEST	40
Total				356

Os dez fragmentos florestais estudados estão distribuídos em quatro diferentes configurações fitofisionômicas de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro:

- (1) Os fragmentos CAB, ELP e HORTO são formados por Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM). Esta região é caracterizada por encostas e fragmentos de florestas nos topos dos morros com altitude entre 700m-1100m, em diferentes estágios de regeneração e conservação. A matriz é dominada por pastagens e monocultivos de eucalipto e banana (Rio-rural 2007). O clima dessa região segundo a classificação de Koppen é Cwa, com clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado. A precipitação é superior a 2500 mm anualmente (Fonte: INMET).
- (2) Os fragmentos ITA, FSJU e PROSP consistem de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESS). As amostras correspondentes a FSJU são constituídas por indivíduos de quatro pequenos fragmentos florestais (2-7ha) na região. Essas amostras foram unidas devido ao pequeno tamanho populacional

obtido em cada fragmento, apesar do mesmo esforço amostral e também por ter sido observado que essas abelhas dispersam com facilidade entre esses fragmentos (Observação pessoal). Os fragmentos deste tipo de vegetação, apesar de serem constituídos por uma vegetação secundária em estágio intermediário de sucessão, exibem alta diversidade, riqueza e uma peculiar composição florística, que parecem receber influências de florestas estacionais e ombrófilas do sudeste do Brasil (Dan 2010). As matrizes circundantes são basicamente pastagens, plantios de cana-de-açúcar e tomaticultura (Dan *et al.* 2009, 2010). O clima segundo a classificação de Koppen é Aw, com verão quente chuvoso e inverno seco. A temperatura média anual gira em torno de 23°C e a precipitação é de aproximadamente 1200 mm anualmente (RioRural Gef-2007).

- (3) Os Fragmentos CAR, FSFI e MICO são caracterizados por Floresta Estacional Semidecidual sobre Tabuleiros (FEST). Amostras correspondentes ao FSFI são derivadas de três fragmentos florestais (16-50 ha) na mesma região. As amostras foram combinadas devido ao pequeno tamanho populacional nessas áreas, apesar do mesmo esforço amostral. A matriz circundante nessa região é constituída por pastagens e monocultivos de cana-de-açúcar. As características climáticas dessa região são similares às observadas na área de FESS (Fonte: INMET).
- (4) O fragmento (UNI) é caracterizado por Floresta Ombrófila Densa de Baixada. Esta área corresponde à Reserva Biológica União, umas das mais importantes unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro (Rocha *et al.* 2003). O clima é tropical úmido, e segundo a classificação de Koppen pertence à classe Am. A temperatura média anual é de 22°C e a precipitação é superior a 1500 mm anualmente (Rocha *et al.* 2003). O relevo consiste em planícies aluviais e morros com altitude inferiores a 400 m.

Na Tabela 2 estão dispostas as distâncias geográficas entre os pares desses fragmentos florestais. As distâncias variaram de 0.05 km (ELP – CAB) a 150 km (CARVÃO-UNI).

Tabela 2: Distância geográfica entre os pares de fragmentos florestais com populações de *E. cingulata* analisadas geneticamente no estado do Rio de Janeiro.

Áreas	DISTÂNCIA (km)									
	CAB	PROSP	UNI	ITA	FSJU	HORTO	MICO	CAR	ELP	FSFI
CAB	xxxx									
PROSP	75	xxxx								
UNI	35	112	xxxx							
ITA	77	73,5	93	xxxx						
FSJU	82	11,3	115	64	xxxx					
HORTO	2	70	38	72	77	xxxx				
MICO	120	83	146	53	71,5	116	xxxx			
CARVÃO	130	98	150	54	85	122	14.5	xxxx		
ELP	0,05	71	38	74	78	1,7	122	125	xxxx	
FSFI	132	94	154	60	84	128	10,5	5	130	xxxx

4.4.2. COLETA DAS ABELHAS

Os machos de abelhas *Euglossina* foram coletados usando armadilhas, de acordo com a metodologia estabelecida por Aguiar & Gaglianone (2008a). As iscas de vanilina e acetato de benzila foram aplicadas em pedaços de algodão que foram inseridos nas armadilhas (garrafas do tipo pet com três funis inseridos nas laterais). As armadilhas foram colocadas a 1,5 m do chão e a no mínimo 2 m de distância uma das outras. As amostragens foram realizadas um dia a cada três meses de 9:00 às 15:00 horas, entre novembro de 2007 e maio de 2009. Depois de capturados e sacrificados, os machos foram inseridos em tubos plásticos do tipo Falcon 25 mL com álcool absoluto e posteriormente transportados para o laboratório, onde a identificação foi confirmada. Em seguida, foram estocados em freezer -20°C até serem levados ao Laboratório de Genética Animal da Universidade Estadual de Londrina, onde as análises de DNA foram desenvolvidas. Alguns indivíduos foram depositados como testemunho na coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense-LCA-UENF.

4.4.3. EXTRAÇÃO DE DNA E OBTENÇÃO DOS MARCADORES MICROSSATÉLITES

Essa parte do estudo foi realizada no Laboratório de Genética Animal (LAGEA) da Universidade Estadual de Londrina.

Antes das extrações, as abelhas foram lavadas em álcool 70% para a remoção de contaminantes, como pólen ou fungos (Pascual *et al.* 2006). As pernas de *Eulaema cingulata* foram inseridas em tubos de microcentrifuga (1,5 mL) com 700 µL tampão de extração (1% SDS, 200 mM Tris-HCl, 250-mM NaCl, 25-mM EDTA, pH 8.0) e trituradas com o auxílio de tesouras esterilizadas. As amostras foram incubadas com proteinase K (20 µg/µL) em banho maria por 2 h a 64° C. O DNA total foi extraído por meio de três lavagens sucessivas em: fenol; fenol/clorofórmio/álcool isoamílico, e clorofórmio/álcool isoamílico, conforme metodologia descrita por Sofia *et al.* (2005). A precipitação foi feita com álcool absoluto gelado e o DNA foi ressuscitado em 100 µL de TE (10 mM Tris, 1 mM EDTA, pH 8,0) e armazenado a -20°C. A concentração de DNA foi determinada em espectrofluorímetro de microplaca (VICTOR 3 1420 Multilabel Counter, Perkin Elmer), utilizando-se o corante Hoechst 33258 e DNA padrão (Invitrogen). Posteriormente, para o processo de amplificação via PCR, o DNA foi diluído para uma concentração de 0,5 ng/µL.

Foram utilizados sete marcadores de microsátélites: Eln1, Eln12a, Eln12b, Eln13, Eln2J, Eln10J e Eln19J (referidos como 1, 12a, 12b, 13, 2J, 10J e 19J no restante do texto), desenvolvidos por Souza *et al.* (2007) para *Eulaema nigrita* Lepeletier. Os protocolos utilizados nas reações de amplificação também foram baseados no descrito por estes autores: 0,25 mM de dNTPs, 1,5 ou 2,0 mM de MgCl₂, 1 mM de cada *primer* (*Forward* e *Reverse*), 1x tampão (JVR), 1 U de enzima DNA polimerase (*Taq* JVR) e 10 ng de DNA, em um volume final de 15 µL. As amplificações foram feitas em termociclador (PTC-100, MJ Research, Inc.) e o protocolo de amplificação envolveu uma desnaturação inicial a 94°C por 3 min, seguida de 30 ciclos de 30 s a 94°C, 20s a 51-54°C dependendo do primer e 1 min a 72 °C , com uma extensão final de 10 min a 72°C.

Os produtos da PCR foram separados por eletroforese (15,4 V/cm) em géis de poli-acrilamida de 8% (15.5 mL de água destilada, 4 mL 40% polyacrylamide [38 g de acrilamida, 2 g Bis-acrilamida, água ultra pura até completar o volume de 100 mL], 2 mL 10X TBE, 550 µL de persulfato de potássio, 9 mL de água destilada],

30 μ L TEMED) em cubas verticais com o tampão TBE 1X. As corridas duraram em média 3 horas. Os géis foram corados com nitrato de prata (AgNO_3), fotografados com câmera digital e analisados. Foi utilizado um marcador de peso molecular de 10 pb (Invitrogen), para identificação dos alelos.

4.4. ANÁLISE DOS DADOS

A variabilidade genética de cada população foi determinada da seguinte forma: (1) Número de alelos por loco (A) e (2) heterozigosidade média esperada ($\overline{H_e}$) (Nei 1987). Esses parâmetros foram estimados usando o programa TFGA 1.3. Além desses parâmetros, a diversidade de Shannon foi determinada para verificar a variabilidade genética dentro das populações (ver Zimmermann *et al.* 2011). Essa análise foi realizada utilizando o programa SPADE (Chao & Shen 2003).

Estimativas de alelos por loco com um número amostral pequeno podem ser amplamente tendenciosas, especialmente quando a comparação leva em consideração populações com tamanhos diferentes (Petit *et al.* 1998). Uma forma de minimizar este problema é através de curvas de rarefação (Petit *et al.* 1998, Leberg 2002, Kalinowski 2004). A rarefação é comumente utilizada para comparar a diversidade alélica entre áreas com tamanhos amostrais desiguais (Petit *et al.* 1998, Leberg 2002). Neste trabalho, a rarefação foi aplicada para o número de alelos totais por população a fim de verificar se o tamanho amostral de cada área estudada foi suficiente para representar a riqueza alélica daquele local de amostragem. Para realizar esta análise, os locos analisados foram divididos em três categorias: Alto polimorfismo (2J), médio polimorfismo (12A) e baixo polimorfismo (13) para *Eulaema cingulata*, como previamente obtido em Souza *et al.* (2007). Apenas três dos sete locos foram avaliados na análise de rarefação. A análise foi conduzida com o auxílio do programa EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 2001) por meio de 1000 aleatorizações.

O programa Arlequin 3.1 foi utilizado (Excoffier *et al.* 2005) para acessar os níveis de diferenciação genética entre populações: o estimador ϕ_{st} , segundo Weir & Cockerham (1984) e a proporção da variação genética dentro e entre as populações através da análise de variância molecular (AMOVA). A significância deste estimador foi testada por meio de 1000 permutações (Excoffier *et al.* 1992). A escala de Wright

(1951) foi utilizada para inferir sobre a diferenciação genética entre as áreas estudadas.

Recentemente, algumas críticas têm sido feitas sobre o uso de estimativas de ϕ_{st} (estimativas análogas ao F_{st}), uma vez que estes estimadores podem subestimar a diferenciação genética quando aplicado a locos muito polimórficos, como os microssatélites (Hedrick 2005, Meirmans 2006, Jost 2008). Entretanto, Jost (2008) sugere uma alternativa que faz a correção das estimativas dos valores de ϕ_{st} e seus análogos, chamada de diferenciação real (D_{est}). D_{est} foi calculada por meio do programa SPADE (Chao & Shen 2003).

A estrutura populacional foi examinada usando modelo Bayesiano de agrupamento, como o implementado no Structure 2.2 (Pritchard *et al.* 2000). Esta abordagem atribui aos indivíduos um ou mais grupos com base em seus genótipos. O número de populações (K) testado variou entre K=1-11 populações, uma a mais do que o número de áreas amostradas, usando “burn-in” de 10000 repetições, seguidos por 50000 repetições. Cada valor de K foi repetido 10 vezes para avaliar a constância dos resultados, posteriormente a probabilidade de cada valor de K foi calculada.

O coeficiente de correlação linear de Pearson foi calculado para determinar a relação entre distância geográfica e valores de ϕ_{ST} e D_{est} para os diferentes pares de populações. A correlação também foi conduzida para testar a associação entre as seguintes variáveis: tamanho do fragmento florestal (ha), perímetro (km²) e o isolamento dos fragmentos com a heterozigosidade média esperada ($\overline{H_e}$); e os valores de ϕ_{ST} e o número de alelos (A) para cada área estudada. As análises foram realizadas no programa Statistica 7.0.

As distâncias geográficas, par a par, foram calculadas utilizando linhas retas entre os centros das áreas de estudo, de acordo com Holzhauer *et al.* (2009). Todas as medidas foram obtidas pelo Google Earth pro. A medida de isolamento utilizada corresponde à distância entre o fragmento estudado e a borda do fragmento vizinho mais próximo, medido em quilômetros (Hanski *et al.* 1994, Brosi 2009).

4.5. RESULTADOS

Diversidade Genética

Um total de 356 indivíduos de *Eulaema cingulata* de 10 fragmentos florestais, na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, foram geneticamente analisados para sete locos de microssatélites. Todos os locos apresentaram polimorfismo e o número de alelos por loco variou de seis (loco 13) a 27 alelos (loco 2J), com média de 17,43 alelos por loco (Tabela 3). A ausência ou deficiência de amplificação em alguns indivíduos e em alguns locos geraram 2,7% de perda de dados.

No geral, foram encontrados 122 alelos, com uma média de 62 alelos por área amostrada. O número de alelos (A) em cada área amostrada variou de 1 (HORTO, loco 19J) a 20 (ITA, loco 2J) (Tabela 3). Foram detectados alelos privados nas 10 áreas amostradas e nos seis dos sete locos analisados. O loco 10J mostrou maior número de alelos privados (quatro), enquanto o fragmento florestal PROSP mostrou o maior número de alelos privados (quatro) (Anexo 1).

As estimativas de heterozigidade média esperada (\bar{H}_e) por área estudada indicaram alto nível de diversidade genética em todas as localidades; os valores variaram de 0,70 (HORTO) a 0,82 (UNI) (Tabela 3). As localidades FSJU e CAB mostraram os segundos maiores valores de heterozigidade média esperada, 0,80 em ambas (Tabela 3). A heterozigidade média total esperada (H_T) foi de 0,83. As maiores heterozigidades esperadas intra-loco foram detectadas para os locos 2J, 1 e 12b, os quais mostraram heterozigidades médias de 0,97; 0,93 e 0,92; respectivamente (Tabela 3). E os menores valores foram detectadas para o loco 13, para as áreas MICO e PROSP (0,17 e 0,18, respectivamente). A diversidade obtida pelo índice de Shannon e seus respectivos limites inferiores e superiores não demonstraram diferenças significativas na variabilidade genética entre as áreas estudadas (Tabela 3).

As curvas de rarefação calculadas para os três locos de microssatélites selecionados mostraram que o tamanho amostral utilizado nas análises foi suficiente para determinar a riqueza alélica populacional. Apenas as populações com menos de 30 indivíduos (HORTO e Mico) poderiam apresentar menor número de alelos para os locos de alto polimorfismo, uma vez que a curva assume uma tendência para a assíntota após a abundância de 60 indivíduos, porém para os

demais locos a assíntota foi determinada a partir de amostras com mais de 20 indivíduos (Figura 2).

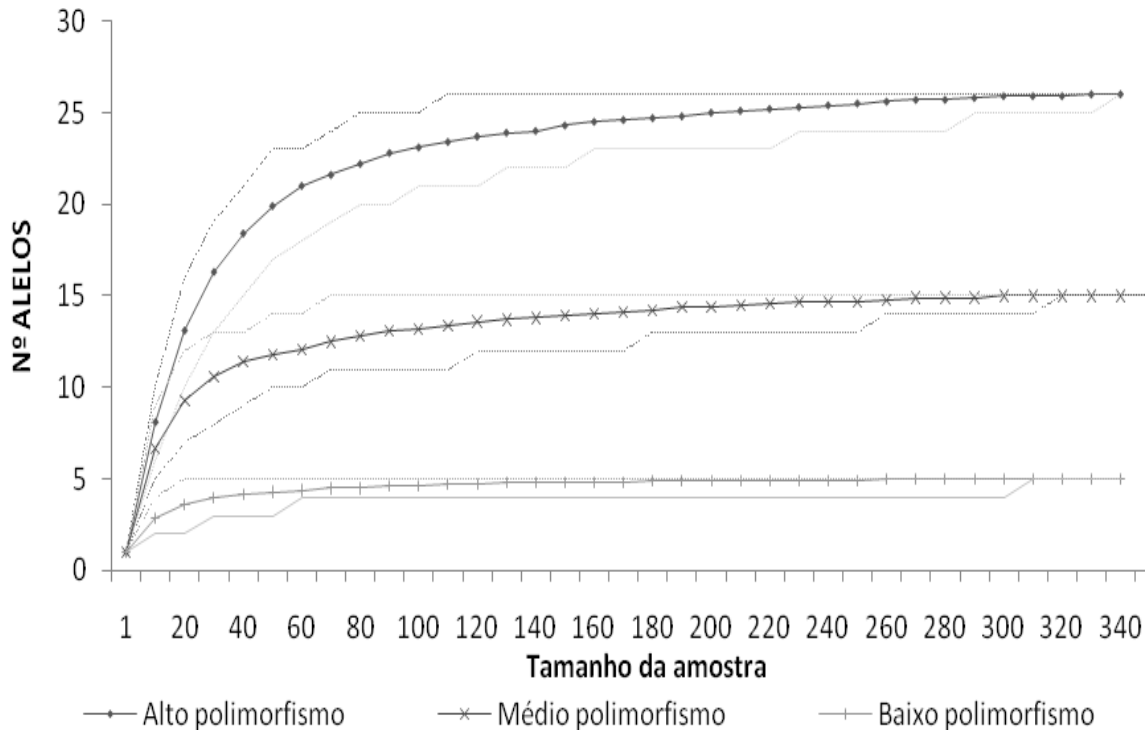


Figura 2: Curvas de rarefação representando o tamanho da amostra, média, limite superior e inferior sobre o número de alelos para três locos: 2J, considerado de alto polimorfismo; 12a, de médio polimorfismo e 13, de baixo polimorfismo, para a abelha *Eulaema cingulata*.

Estrutura genética

A análise de variância molecular (AMOVA) revelou um valor global ϕ_{ST} (0,08572) significativamente diferente de zero. A maior parte da variação genética encontrada está presente dentro das populações, totalizando 91,43% da variação genética enquanto, apenas 8,57% da variação genética encontra-se entre as populações avaliadas. Entretanto, estimativas de D_{est} (Jost, 2008) revelam um valor muito maior de diferenciação genética ($D_{est} = 0,293$), sugerindo uma diferenciação genética considerada alta entre todas as populações.

Tabela 3: Número de alelos (A), heterozigosidade esperada (H_e) por locos e por população (H_T), diversidade de Shannon (H') e número total de alelos (A_T) encontrados para *Eulaema cingulata* nos 10 fragmentos florestais estudados no estado do Rio de Janeiro. N: número de indivíduos analisados em cada área de estudo; Li: Limite inferior; LS: Limite superior

Loco		CAB	CAR	FSFI	FSJU	HORTO	ITA	MICO	PROSP	ELP	UNI	Média	DP	Total
		N												
2J	A	16	17	14	17	11	20	14	13	13	17	15,2	2,52	27
	\bar{H}_e	0,93	0,93	0,91	0,95	0,92	0,93	0,95	0,93	0,92	0,94	0,93	0,02	0,97
	N	40	39	40	40	20	40	23	40	34	40	---	---	356
1	A	8	13	13	11	10	14	9	10	6	10	10,4	2,3	24
	\bar{H}_e	0,80	0,92	0,90	0,91	0,9	0,92	0,83	0,80	0,88	0,87	0,87	0,04	0,93
13	A	4	3	2	3	3	3	3	2	3	4	3	0,63	6
	\bar{H}_e	0,52	0,35	0,30	0,32	0,51	0,31	0,17	0,18	0,27	0,62	0,35	0,14	0,50
19J	A	5	4	5	5	1	3	3	5	3	4	3,8	1,25	7
	\bar{H}_e	0,73	0,69	0,73	0,77	---	0,29	0,62	0,76	0,48	0,72	0,58	0,24	0,73
10J	A	9	10	8	14	8	11	8	14	10	8	10	2,24	21
	\bar{H}_e	0,71	0,89	0,77	0,92	0,89	0,88	0,80	0,92	0,88	0,84	0,85	0,07	0,91
12b	A	13	11	10	10	8	8	9	11	11	9	10	1,48	20
	\bar{H}_e	0,90	0,89	0,89	0,87	0,84	0,81	0,89	0,89	0,90	0,83	0,87	0,03	0,92
12a	A	10	8	10	8	8	13	10	9	10	10	9,6	1,43	17
	\bar{H}_e	0,91	0,86	0,87	0,87	0,86	0,9	0,92	0,84	0,86	0,91	0,88	0,03	0,90
Total	A	65	66	62	68	49	72	56	64	56	62	62	11,89	122
A_T	Média	9,29	9,43	8,86	9,71	7	10,29	8	9,14	8	8,86	8,86	0,91	17,43
	DP	3,92	4,56	3,94	4,53	3,38	5,7	3,63	3,98	3,7	4,09	4,14	0,63	7,5
H_T	Média	0,80	0,79	0,77	0,80	0,70	0,73	0,74	0,77	0,73	0,82	0,76	0,04	0,83
	DP	0,13	0,19	0,20	0,20	0,31	0,27	0,25	0,24	0,24	0,10	0,22	0,06	0,15
Shannon	H'	3,79	3,81	3,73	3,87	3,47	3,73	3,61	3,77	3,60	3,83	---	---	---
	LI	3,87	3,88	3,87	3,87	3,65	3,86	3,70	3,87	3,84	3,88	---	---	---
	LS	4,12	4,13	4,12	4,11	3,98	4,12	4,02	4,12	4,09	4,13	---	---	---

Quando as comparações par a par foram realizadas pelas estimativas ϕ_{ST} , os valores estimados variaram de 0,021 (para o comparação FSFI-FSJU) a 0,193 (ITA-PROSP) (Tabela 4). A maioria das comparações medidas para ϕ_{ST} demonstraram diferenças significativamente diferentes de zero ($p < 0,05$). Novamente, o estimador proposto por Jost (2008) mostrou, em geral, medidas de D_{est} maiores que as obtidas para ϕ_{ST} em comparações par a par (Tabela 4). Todas as comparações pelo estimador D_{est} revelaram de moderada (CAR-FSFI, FSFI-FSJU, MICO-FSFI, MICO-FSJU e PROSP-FSJU) a alta diferenciação genética entre os pares comparados (demais comparativos) (Tabela 4). Houve correlação positiva e altamente significativa entre os valores observados para ϕ_{ST} e D_{est} ($r = 0,973$, $p = 0,0000$), indicando que as duas medidas mostram a mesma tendência.

Apesar dos valores ϕ_{ST} e D_{est} indicarem estruturação moderada a alta entre a maioria das áreas amostradas, a análise bayesiana revelou ausência de diferenciação genética entre as amostras dos diferentes remanescentes florestais estudados. O número de populações (K) mais provável foi igual a um, ou seja, considera todas as áreas como uma população.

A correlação entre distância geográfica (km) e os valores de distância genética (ϕ_{ST} e D_{est}) detectados para todos os pares de populações analisados não revelou uma relação significativa para nenhum dos dois estimadores de distância genética empregados ($r = -0,1515$, $p = 0,320$; $r = -0,09$, $p = 0,53$, respectivamente).

A correlação entre o tamanho do fragmento e os índices de fixação ϕ_{ST} obtidos para cada área estudada, mostrou correlação negativa e significativa entre esses parâmetros ($r = -0,6718$; $p = 0,0334$) (Figura 3). O grau de isolamento (I) dos fragmentos e os valores de fixação de ϕ_{ST} não correlacionaram-se significativamente, contudo indicam tendência positiva de correlação ($r = 0,52$ $p = 0,1485$). Do mesmo modo, a correlação entre o perímetro e os valores de ϕ_{ST} de cada par de área estudada não apresentou relação significativa, mas uma forte tendência negativa de correlação foi detectada ($r = -0,5841$; $p = 0,0762$) (Figura 3).

Tabela 4: Comparação par a par dos valores estimados de diferenciação por ϕ_{ST} (diagonal abaixo) e de diferenciação por D_{est} (diagonal acima). As duas últimas linhas mostram o índice de fixação (ϕ_{ST}) e o isolamento (I) para cada área estudada. Valores em negrito indicam baixa diferenciação genética entre os pares comparados.

	CAB	CAR	FSFI	FSJU	HORTO	ITA	MICO	PROSP	ELP	UNI
CAB	-----	0,205	0,208	0,244	0,468	0,563	0,334	0,273	0,383	0,283
CAR	0,057	-----	0,097	0,108	0,471	0,544	0,157	0,138	0,17	0,277
FSFI	0,060	0,032	-----	0,056	0,363	0,556	0,08	0,135	0,136	0,265
FSJU	0,064	0,030	0,021	-----	0,276	0,522	0,081	0,076	0,133	0,260
HORTO	0,142	0,141	0,121	0,092	-----	0,639	0,311	0,227	0,485	0,283
ITA	0,152	0,147	0,157	0,142	0,201	-----	0,552	0,676	0,467	0,344
MICO	0,099	0,050	0,034	0,032	0,116	0,172	-----	0,12	0,098	0,310
PROSP	0,075	0,044	0,044	0,028	0,088	0,193	0,047	-----	0,245	0,260
ELP	0,108	0,055	0,047	0,044	0,163	0,151	0,041	0,081	-----	0,330
UNI	0,068	0,065	0,068	0,060	0,085	0,091	0,082	0,066	0,089	-----
ϕ_{ST}	0,085	0,084	0,085	0,086	0,088	0,089	0,086	0,087	0,086	0,083
I(km)	0,05	1,7	0,4	0,3	0,39	15	0,5	0,08	0,05	0,4

Por outro lado, a análise de correlação entre a heterozigosidade média esperada (\bar{H}_e) e as variáveis referentes ao tamanho (ha) e ao perímetro (km²) do fragmento, mostraram correlação positiva significativa ($r = 0,655$, $p = 0,0398$; $r = 0,668$, $p = 0,0357$, respectivamente). Entretanto, não houve correlação significativa entre \bar{H}_e e o grau de isolamento do fragmento ($r = -0,3407$; $p = 0,3354$) (Figura 4).

A correlação entre riqueza alélica e as variáveis de tamanho do fragmento, perímetro e isolamento não apresentaram relação significativa ($r = 0,2030$, $p = 0,5737$; $r = 0,2812$, $p = 0,4313$; $r = 0,5388$; $p = 0,1080$, respectivamente) (Figura 5).

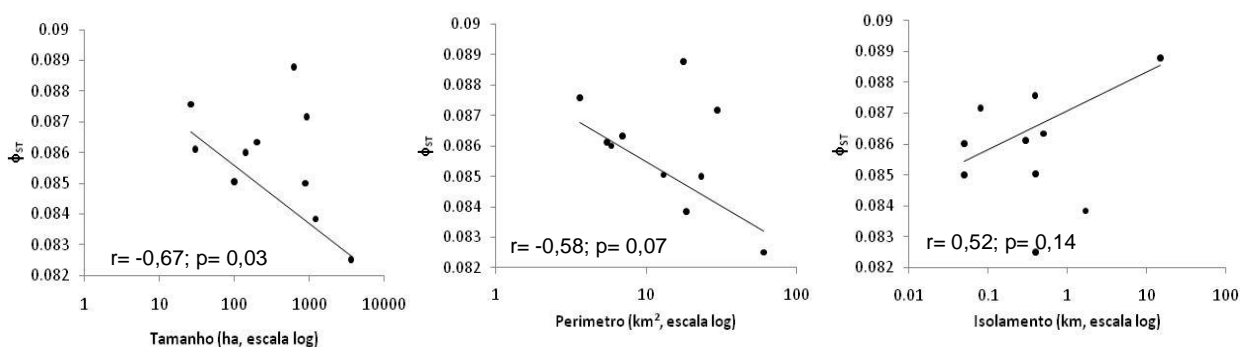


Figura 3: Correlação linear de Pearson entre os valores estimados pelo índice de fixação ϕ_{ST} para amostras de *Eulaema cingulata* e as variáveis de tamanho, perímetro e isolamento do fragmento florestal estudado no estado do Rio de Janeiro.

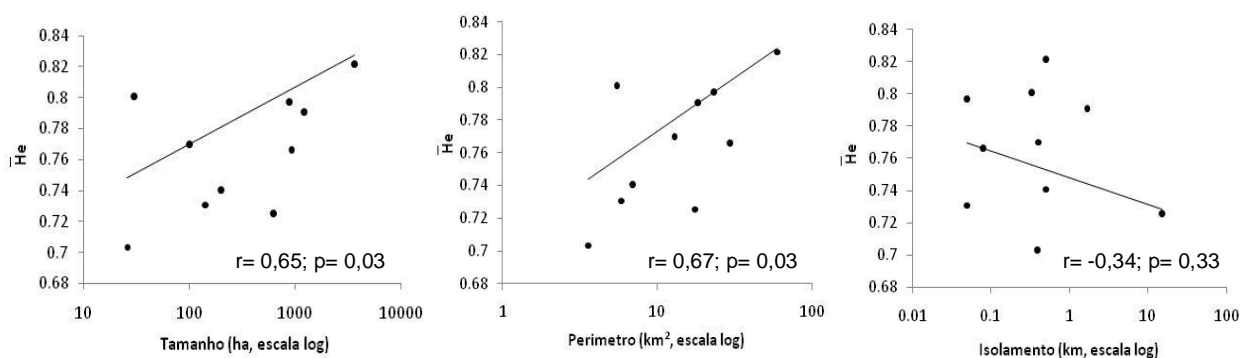


Figura 4: Correlação linear de Pearson entre a heterozigosidade média esperada para amostras de *Eulaema cingulata* e as variáveis de tamanho, perímetro e isolamento do fragmento florestal estudado no estado do Rio de Janeiro.

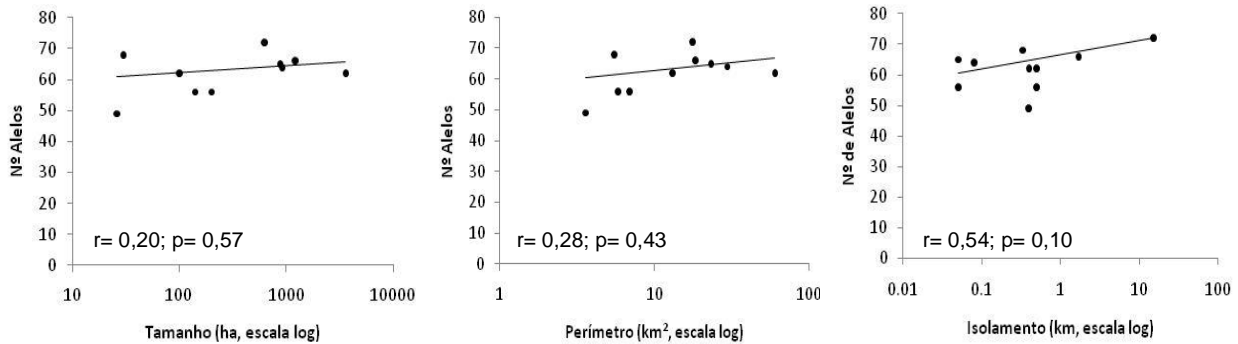


Figura 5: Correlação linear de Pearson entre a riqueza de alelos para amostras de *Eulaema cingulata* e as variáveis de tamanho, perímetro e isolamento do fragmento florestal estudado no estado do Rio de Janeiro.

4.6. DISCUSSÃO

Diversidade genética

As amostras de *Eulaema cingulata* exibiram diferenciação genética, segundo a escala de Wright (1951), moderada de acordo com os valores de ϕ_{ST} e alta diferenciação genética segundo os valores calculados pela correção D_{est} (Jost 2008).

O tamanho dos alelos (pb) encontra-se dentro dos valores observados por Souza *et al.* (2007) para esta espécie. Com base na heterozigosidade esperada, riqueza alélica e diversidade de Shannon, as amostras de *Eulaema cingulata* demonstraram alta diversidade genética. Esse resultado tem sido observado, frequentemente, para populações de abelhas Euglossina, independentemente do tipo de marcador molecular utilizado (Sofia *et al.* 2005, Waldschimit *et al.* 2005, Souza *et al.* 2007, Cerântola *et al.* 2010, Suzuki *et al.*, 2010, López-Urbe *et al.* 2010, Zimmermann *et al.* 2011).

Segundo Kalinowski (2004), uma medida simples de diversidade genética é a riqueza alélica, no entanto essa medida é influenciada pelo tamanho da amostra. No nosso estudo, o número de alelos foi consideravelmente menor na área com menor número amostral (HORTO), apesar de mesmo esforço amostragem, devendo tais resultados ser considerados com cautela. Os menores valores de heterozigosidade esperada nas áreas do HORTO e ITA podem estar relacionados ao menor número de indivíduos analisados (20) e à presença de um loco fixo (19J) no HORTO, o que reforça a ideia de deriva genética e problemas de pequenas populações (Wolf *et al.* 2004). Já na área ITA a menor heterozigosidade pode ser explicada pela limitação

de fluxo gênico (Holzhauer *et al.* 2009), conforme observado pelos maiores valores de diferenciação genética entre os pares relativos a esta área.

A variação genética intra-populacional foi alta, o que indica que essas populações estão mantendo níveis elevados de variação genética independentemente do grau de perturbação destes fragmentos. A cobertura florestal de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro correspondia a 98% do território do estado no período do descobrimento, e que após a intensa atividade madeireira, urbanização, intensificação da agricultura e da pecuária essa proporção foi reduzida a menos de 18% da cobertura original (Rocha *et al.* 2003, Fundação SOS Mata Atlântica & IBGE 2011). Nas áreas estudadas a cobertura original é de apenas 0,5% (FEST e FESS) (INEA 2011) em uma paisagem constituída de um mosaico de fragmentos entremeados, basicamente, a plantações de eucalipto, cana-de-açúcar, pastagem e outras atividades agrícolas de menor escala (IBGE 2010, observação pessoal). Considerando o histórico de fragmentação das áreas amostradas, *Eulaema cingulata* demonstram-se resistentes a ambientes antropogenicamente alterados. Similarmente, Cerântola *et al.* (2010) encontraram alta variação intra-populacional para populações de *Euglossa cordata* (L.), assim como Suzuki *et al.* (2010) para *Euglossa fimbriata* Rebêo & Moure e Zimmermann *et al.* (2011) para *Euglossa dilemma* Bembé & Eltz, reforçando a ideia de que esse grupo de abelhas seja resistente ou que se adaptam a ambientes antropogenicamente alterados e com isso tem conseguido ocupar áreas urbanas e pequenos fragmentos florestais. Contudo deve-se considerar que a maioria das espécies de Euglossina estudadas geneticamente caracterizam-se por espécies de ampla distribuição, normalmente encontradas abundantemente e consideradas resistentes a ambientes abertos ou perturbados (Peruquetti *et al.* 1999, Nemésio & Silveira 2006b, Ramalho *et al.* 2009, Nemésio 2009). De modo semelhante, *Eulaema cingulata* é uma espécie de ampla distribuição e que normalmente apresenta altas densidades nas áreas estudadas (Aguiar & Gaglianone 2008a, Ramalho *et al.* 2009), o que pode promover maiores chances de dispersão e fluxo gênico, principalmente entre fragmentos vizinhos.

Diferenciação populacional

Os resultados deste estudo demonstram que de todas as 45 possíveis comparações par a par entre as áreas amostradas, apenas 13 apresentaram baixa diferenciação genética populacional, seis apresentaram alta diferenciação

populacional para os valores de ϕ_{ST} e as demais comparações revelam moderada diferenciação. Já as comparações com os valores de D_{est} demonstram diferenciação moderada a alta para todos os comparativos possíveis. Davis *et al.* (2010) demonstram alta correlação entre os valores de ϕ_{ST} e seus análogos com os valores de D_{est} , sugerindo a equivalência entre os índices de diferenciação genética. Neste estudo também foi encontrada uma alta correlação entre esses índices. Como esperado, os valores de diferenciação observados através do ϕ_{ST} foram consideravelmente menores que os valores de D_{est} . Desta forma, mesmo os métodos sendo altamente correlacionados, a aplicação de um ou de outro estimador pode gerar diferentes conclusões se baseados na escala de Wright (Jost 2008, Davis *et al.* 2010).

De acordo com Davis *et al.* (2010), o D_{est} enfatiza a prioridade de conservação para populações com maior número de alelos privados. A presença de alelos privados é uma característica importante para a consideração de conservação, uma vez que populações pequenas e isoladas, frequentemente, sofrem perda de variabilidade genética por deriva genética e endogamia (Allendorf & Luikart 2006). No entanto, ainda segundo Davis *et al.* (2010), valores como os de G_{ST} fornecem informações úteis para a diferenciação genética, fluxo gênico e as populações prioritárias para a conservação. Levando em consideração as comparações de ϕ_{ST} , é possível inferir que o fluxo gênico entre as populações, ocorre de forma desigual nas áreas, do mesmo modo que o observado por Suzuki *et al.* (2010). Por outro lado, os altos valores de ϕ_{ST} e D_{est} para alguns pares de populações são sugestivos de efeitos de deriva genética e isolamento geográfico. Áreas com maior isolamento demonstraram maior fixação alélica e menor heterozigosidade média esperada, indicando que a fragmentação florestal, além de reduzir o tamanho populacional de *Eulaema cingulata* (ver Capítulo 2), pode acelerar a acumulação de alelos deletérios e, portanto, aumentar o risco de extinção por endogamia (Hartl & Clark 1989, Bickel *et al.* 2006).

Populações que são reduzidas em tamanho e isoladas de outras tendem a reduzir a diversidade genética ao longo do tempo (Holzhauer *et al.* 2009). Isso pode influenciar negativamente a probabilidade de persistência em longo prazo de uma população, devido à endogamia e pela redução da resistência às mudanças ambientais (Frankham *et al.* 2002, Darvill *et al.* 2006) que podem levar a extinção das espécies (Frankham 1998).

É sabido que abelhas *Euglossina* possuem grande capacidade de vôo, podendo voar até 23 km em florestas contínuas e até 4 km sobre cursos d'água (Jazen 1971, Dressler 1982). Tonhasca *et al.* (2002b), demonstraram a capacidade de dispersão dessas abelhas entre fragmentos próximos (1,7 km) em matrizes de pastagens. Wikelski *et al.* 2010 revelou que machos de *Exaerete frontalis* (Guérin), além de voar longas distâncias (5 km), podem utilizar diariamente uma grande extensão de floresta (mais 50 ha). Nesse estudo, tanto os valores observados de ϕ_{ST} , quanto os valores de D_{est} indicam de moderada a alta estruturação entre os pares analisados e que a população mais criticamente ameaçada seria o ITA, já que para os dois índices as comparações par a par indicam os maiores valores de diferenciação genética para esta área. Apesar de vários estudos indicarem *E. cingulata* como uma espécie bem adaptada a áreas abertas, fragmentadas e/ou com interferências antrópicas (Tonhasca *et al.* 2002a, Millet-Pinheiro & Schindwein 2005, Nemésio & Silveira 2006b), o isolamento do fragmento florestal parece limitar o fluxo gênico para esta espécie, contudo as análises Bayesianas de estrutura populacional indicam que as áreas amostradas pertencem a uma única população.

E. cingulata tem demonstrado grande capacidade de dispersão entre áreas próximas (500m) (Murren 2002). Resultados obtidos no Capítulo 3 corroboram essa capacidade de vôo também em diferentes matrizes constituintes da paisagem.

Vários estudos com comunidade de *Euglossina* tem revelado baixa diferenciação genética entre as populações estudadas (Waldschimit *et al.* 2005, Souza *et al.* 2010, Cerântola *et al.* 2010). Souza *et al.* (2010) ao estudar duas populações de *E. violacea* distantes aproximadamente 530 Km, encontraram um F_{ST} (0,025), que indicou ausência de estruturação genética. De acordo com Sork *et al.* (1998), populações com históricos recentes de fragmentação tendem a apresentar valores baixos de F_{ST} . No entanto, Suzuki *et al.* (2010) demonstram altos níveis de diferenciação genética entre populações de *Euglossa fimbriata* em algumas áreas z estudadas no norte do Paraná, embora tais populações não tenham mostrado valores reduzidos de variabilidade genética, sugerindo que essas populações não estariam sob risco imediato de extinção. O mesmo parece ocorrer com *Eulaema cingulata* no estado do Rio de Janeiro.

A fragmentação de hábitat pode resultar na interrupção da dispersão e no fluxo de gênico, acelerando a perda de diversidade genética dentro e entre fragmentos florestais, principalmente em pequenas populações, através de deriva

genética (Frankham *et al.* 2002). Neste estudo, a distância geográfica não demonstrou correlação com as estimativas de diferenciação genética, indicando que nossos resultados não podem ser explicados pelo isolamento por distância ou por modelos “stepping-stone” da estrutura populacional. Em abelhas *Euglossina*, a ausência de associação entre distância genética e geográfica também foi reportada por (Suzuki *et al.* 2010). Esses autores justificam que a ausência de correlação deve estar associada ao recente histórico de fragmentação da Mata Atlântica na área estudada. De acordo com Wolf *et al.* (2004), uma série de fenômenos não relacionados pode resultar em ausência de fluxo gênico e equilíbrio de deriva genética, incluindo alterações climáticas em diferente escala de tempo, impactos antropogênicos, entre outros.

O tamanho e o perímetro dos fragmentos demonstraram forte relação negativa com os valores de ϕ_{ST} e positiva com a heterozigosidade média esperada, além de moderada associação positiva com a riqueza alélica, enquanto o isolamento associa-se marginalmente com esses parâmetros para os fragmentos estudados. De acordo com Brosi (2009), a abundância de abelhas *Euglossina* é positivamente relacionada ao tamanho e perímetro do fragmento florestal e marginalmente relacionado com o isolamento do fragmento (ver Capítulo 2). A relação entre as variáveis da paisagem e os parâmetros genéticos podem estar refletindo a deriva genética por perda randômica de alelos, por efeito de gargalo de garrafa em função da diminuição do tamanho populacional (Young *et al.* 1996, Kageyama *et al.* 1998, Wolf *et al.* 2004), corroborando a ideia de que fragmentos maiores conseguem manter suas populações com uma diversidade genética maior, com observado para os valores de heterozigosidade observado neste estudo.

4.7. CONCLUSÕES

As áreas estudadas conservam alta diversidade genética, o que sugere que *Eulema cingulata* mantém tamanhos intrapopulacionais viáveis para assegurar diversidade genética.

A variação genética intrapopulacional foi alta, o que indica que essas populações estão mantendo níveis elevados de variação genética independentemente do grau de perturbação destes fragmentos.

Os valores acentuados de diferenciação genética indicam que o fluxo gênico não é suficiente para evitar a diferenciação genética entre as populações de *E. cingulata* nas áreas estudadas. Contudo mesmo com indicativos de pouco fluxo gênico parece que esta espécie se mantém como uma única população.

Anexo 1: Frequência alélica de *Eulaema cingulata* para os sete locos de microssatélites (ELN2J, ELN1, ELN13, ELN19J, ELN10J, ELN12B e ELN12A) nas 10 áreas estudadas no estado do Rio de Janeiro.

Locos/alelos	Áreas de estudo									
	CAB	CAR	FSFI	FSJU	HORTO	ITA	MICO	PROSP	ELP	UNI
ELN2J										
203	---	---	---	---	---	---	---	0,028	---	---
207	---	---	---	---	---	0,029	0,087	0,083	---	0,026
209	---	---	---	---	0,105	0,057	0,043	0,111	0,029	0,026
211	---	---	0,050	---	---	0,086	0,174	0,083	0,059	0,051
213	0,026	0,026	0,050	0,025	0,211	0,086	0,043	0,167	0,118	0,051
215	0,026	0,026	0,125	---	---	0,057	0,043	0,083	---	---
217	0,051	---	---	0,100	0,211	0,029	---	---	0,118	0,026
219	---	0,077	---	0,050	0,053	0,029	0,130	---	---	0,128
221	0,103	0,205	0,025	0,125	---	---	0,043	0,083	0,059	0,051
223	0,026	0,026	0,150	0,075	0,053	0,086	0,043	---	0,059	0,026
225	0,128	0,026	---	0,025	0,053	0,086	---	0,111	0,029	0,026
227	0,179	0,051	0,150	0,050	0,105	0,057	0,087	---	0,088	0,154
229	0,026	0,077	0,050	0,075	0,053	0,029	---	0,083	---	---
231	0,026	0,026	0,075	0,075	0,053	0,086	---	0,056	---	0,103
233	0,026	0,077	0,175	0,050	---	---	0,043	0,056	0,206	0,051
235	0,103	---	0,025	0,050	0,053	0,029	0,043	0,028	0,059	0,051
237	---	0,026	0,025	0,025	---	0,057	0,087	---	0,088	---
239	0,077	0,077	0,025	0,050	---	0,029	---	---	---	---
241	0,103	0,051	0,025	0,100	---	0,057	0,043	0,028	---	0,051
243	0,051	0,026	---	0,075	0,053	0,029	---	---	0,059	0,051
245	---	0,051	---	0,025	---	---	---	---	---	---
247	---	---	0,050	---	---	0,029	0,087	---	0,029	0,051
249	---	0,103	---	---	---	0,029	---	---	---	0,077
251	0,026	---	---	0,025	---	---	---	---	---	---
253	0,026	---	---	---	---	0,029	---	---	---	---
258	---	0,051	---	---	---	---	---	---	---	---
ELN1										
198	---	---	---	---	0,050	---	---	---	---	---
200	---	---	---	---	0,050	---	---	0,028	---	---
202	---	---	0,026	---	---	0,027	0,043	0,056	0,121	---
204	---	---	0,053	0,027	0,050	0,054	---	---	---	---
206	---	0,026	0,053	---	0,150	0,027	---	---	---	---
208	---	---	---	0,027	0,050	---	0,043	0,056	---	---
210	---	0,026	0,026	0,081	0,150	---	0,174	---	0,212	---
212	---	---	0,079	0,081	0,250	0,027	0,348	0,056	0,333	0,025
214	---	0,051	0,105	0,135	0,150	---	0,217	0,361	---	0,050
216	---	---	0,184	0,135	0,050	---	0,043	0,139	0,121	0,250
218	0,025	0,128	0,211	0,162	---	0,135	---	0,139	0,182	0,100
220	0,025	0,077	0,105	0,054	---	0,108	---	0,111	0,030	0,125
222	---	0,051	0,053	0,135	---	0,135	0,043	---	---	0,125
224	0,100	0,103	0,053	0,054	0,050	0,054	0,043	---	---	0,100
226	---	0,154	0,026	0,108	---	0,189	---	0,028	---	0,125
228	0,300	0,026	0,026	---	---	0,027	0,043	---	---	0,050
230	---	0,154	---	---	---	0,081	---	---	---	0,050
232	---	0,077	---	---	---	0,027	---	---	---	---

Continua...

234	0,300	0,051	---	---	---	0,081	---	0,028	---	---
236	---	---	---	---	---	0,027	---	---	---	---
238	0,150	---	---	---	---	---	---	---	---	---
240	---	0,077	---	---	---	---	---	---	---	---
244	0,050	---	---	---	---	---	---	---	---	---
250	0,050	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ELN13										
145	0,676	0,795	0,821	0,821	0,650	0,026	0,913	0,900	0,853	0,450
147	0,135	---	---	---	0,300	0,821	---	---	0,118	0,425
149	---	0,154	0,179	0,051	0,050	---	0,043	---	---	0,100
151	0,108	0,051	---	0,128	---	0,154	0,043	0,100	0,029	0,025
154	0,081	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ELN19J										
167	0,150	---	0,050	---	---	---	---	---	---	---
169	0,425	0,282	0,225	0,128	---	---	---	0,184	---	---
171	0,225	0,462	0,425	0,359	---	0,833	0,522	0,211	0,667	0,200
173	0,175	0,103	0,200	0,282	1,000	0,139	0,130	0,395	0,030	0,425
175	---	0,154	0,100	0,128	---	0,028	0,348	0,158	0,303	0,250
177	0,025	---	---	0,103	---	---	---	0,053	---	0,125
ELN10J										
221	---	---	---	---	---	0,025	---	---	---	---
223	---	---	---	---	---	---	---	---	0,029	---
225	---	---	---	---	---	---	---	---	0,088	---
227	---	0,053	---	0,026	---	---	---	---	0,176	0,125
229	0,051	---	0,051	0,026	0,150	0,025	---	---	0,206	0,050
231	0,026	0,184	---	0,026	0,100	0,150	0,048	0,025	0,176	0,200
233	0,154	0,026	0,179	0,079	---	0,250	0,143	---	0,147	0,225
235	0,513	0,184	0,179	0,105	---	0,100	0,048	0,075	0,059	0,250
237	0,103	0,132	0,410	0,132	0,250	0,075	0,381	0,075	0,029	0,075
239	---	0,079	0,026	0,105	---	0,175	0,048	0,025	---	---
241	0,026	0,158	0,077	0,158	0,150	---	0,238	0,025	---	---
243	0,051	---	0,026	0,132	0,050	0,050	0,048	0,100	0,059	0,050
245	0,026	0,105	---	0,053	0,100	0,050	---	0,050	---	---
247	0,051	0,053	0,051	0,053	0,150	---	---	0,125	---	---
249	---	---	---	---	---	0,075	---	0,175	---	0,025
251	---	0,026	---	0,026	0,050	---	0,048	0,125	---	---
253	---	---	---	0,053	---	0,025	---	0,025	0,029	---
255	---	---	---	---	---	---	---	0,050	---	---
257	---	---	---	0,026	---	---	---	0,075	---	---
261	---	---	---	---	---	---	---	0,050	---	---
ELN12B										
194	---	---	---	0,056	---	---	---	---	0,059	---
196	---	---	---	0,028	0,100	---	---	---	0,059	---
198	---	---	---	0,139	0,050	0,025	0,043	---	---	---
200	0,027	---	0,200	0,028	0,050	---	---	0,025	0,088	0,075
202	0,027	---	0,075	0,250	0,350	0,250	0,087	0,050	0,088	---
204	0,054	---	0,075	0,056	0,200	---	0,261	0,175	---	0,075
206	0,027	---	0,075	0,194	---	0,125	0,087	0,150	0,029	---
208	0,162	0,154	---	0,083	0,100	0,250	0,174	0,200	0,088	0,200
210	0,135	0,077	0,200	0,139	0,100	---	0,087	0,075	0,206	---
212	0,189	---	0,075	---	0,050	0,050	0,087	0,125	0,029	0,325
214	0,135	0,051	0,125	---	---	---	0,087	0,050	0,059	---
216	0,027	0,205	0,025	0,028	---	0,025	---	0,050	0,206	0,025
218	0,108	0,077	0,050	---	---	0,250	0,087	---	---	0,025

Continua...

220	0,054	0,128	---	---	---	---	---	0,050	---	0,150
222	---	0,026	---	---	---	---	---	---	0,088	---
224	---	0,179	0,100	---	---	0,025	---	0,050	---	0,075
226	0,027	0,051	---	---	---	---	---	---	---	0,050
230	0,027	0,026	---	---	---	---	---	---	---	---
238	---	0,026	---	---	---	---	---	---	---	---
ELN12A										
272	---	---	---	---	0,050	---	0,043	---	---	---
274	0,050	---	---	---	---	---	---	---	---	---
276	0,050	---	---	---	---	0,028	---	---	---	---
278	---	---	0,026	---	0,050	0,056	0,174	---	---	0,025
280	0,100	0,053	0,051	---	0,150	0,028	0,087	0,028	---	0,100
282	0,100	0,053	0,026	0,028	0,250	0,028	0,174	0,056	0,029	0,100
284	0,075	0,263	0,128	0,028	0,200	0,028	0,130	0,250	0,029	0,125
286	0,125	0,211	0,128	0,111	0,150	0,056	0,043	0,167	0,088	0,150
288	0,025	0,158	0,077	0,028	0,000	0,083	---	0,194	0,206	0,075
290	0,175	0,079	0,128	0,167	0,150	0,194	0,130	0,111	0,059	0,125
292	0,100	0,105	0,205	0,194	---	0,111	0,087	0,111	0,235	0,075
294	0,075	0,079	0,205	0,139	---	0,194	0,087	0,028	0,206	0,125
296	0,050	---	0,026	0,222	---	0,083	0,043	0,028	0,059	0,050
298	0,075	---	---	0,083	---	0,056	---	0,028	0,059	0,050
300	---	---	---	---	---	0,056	---	---	0,029	---

5.0. Considerações finais

A comunidade de abelhas Euglossina apresenta diferenças em termos de composição e padrões de abundância das espécies, em função do tipo fitofisionômico estudado. De acordo com Nemésio & Silveira (2007a) diferenças florísticas entre Floresta Ombrófila e Floresta Estacional podem interferir nesta variação. Segundo Silva & Casteleti (2005), as amplas variações latitudinais, longitudinais e altitudinais da Mata Atlântica criam uma diversidade única de paisagens que estão intimamente relacionadas à diversidade de espécies da região. Além do tipo fitofisionômico, altitude, temperatura e precipitação foram os fatores que mais estiveram associados à composição de espécies nas áreas estudadas. Os dados obtidos corroboram outros trabalhos que demonstraram que as Florestas Ombrófilas são mais ricas em espécies de Euglossina do que as áreas de Florestas Estacionais (Ackerman 1983, Nemésio & Silveira 2007a, Aguiar & Gaglianone 2008, Rasmussen 2009).

Além dos fatores indicados como responsáveis pelas diferenças na composição e nos padrões de abundância de Euglossina, outros fatores associados a fragmentação e perda de hábitat podem provocar alterações na composição de espécies. Alguns trabalhos não sustentam a hipótese de que abelhas Euglossina sejam afetadas pela fragmentação florestal, como Becker *et al.* (1991) que não verificaram diferenças significativas entre fragmentos de 10, 100 e 1000 ha, em locais onde Powel & Powel (1987) haviam encontrado dados que revelavam diferenças significativas entre fragmentos de diferentes tamanhos. Tonhasca *et al.* (2002a, 2003) relataram que no Parque Estadual do Desengano no norte do estado do Rio de Janeiro, Euglossina não seria negativamente afetada pela fragmentação e que essas abelhas pareciam se deslocar entre os fragmentos florestais. Nossos dados não concordam com este trabalho anterior, mas confirmam que as abelhas Euglossina são fortemente afetadas pela fragmentação nas regiões de Mata Atlântica estudadas. Além disso, reforçam que não apenas o tamanho dos fragmentos, mas também seu perímetro e isolamento são determinantes sobre a composição de espécies e abundância de indivíduos. Brosi (2009) também encontrou resultados que sustentam que a fragmentação afeta negativamente as comunidades de abelhas Euglossina.

Apesar dessas abelhas possuírem grande capacidade de vôo (Janzen 1971, Wikelski *et al.* 2010), os experimentos em diferentes matrizes indicam que cerca de

50% das espécies que ocorrem dentro de um fragmento não rompem as barreiras das matrizes em busca de recursos. Apenas as espécies mais comuns foram registradas a 1000 m dos fragmentos florestais. No entanto, até mesmo as espécies mais comuns como *Eulaema nigrita*, *E. cingulata* e *Euglossa cordata* tiveram a abundância consideravelmente reduzida com o aumento da distância do fragmento florestal.

A dificuldade de transpor as matrizes em torno dos fragmentos promove a redução da dispersão dessas abelhas entre os fragmentos florestais. Além disso, como observado nesse estudo, fragmentos pequenos possuem o tamanho populacional reduzido, com conseqüente redução na variabilidade genética, no fluxo gênico e perda de alelos raros pela deriva genética (Frankham *et al.* 2002, Curtis & Taylor 2003, Reed & Frankham 2003, Leinu *et al.* 2010). A análise de diversidade genética de *Eulaema cingulata* revelou que esta ainda se mantém alta nas áreas estudadas, mas os valores acentuados de diferenciação genética populacional podem estar indicando que apesar do fluxo gênico estar ocorrendo, não é suficiente para evitar a diferenciação genética das populações, contudo, no caso de *Eulaema cingulata*, as áreas amostradas se comportam como uma única população.

6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackerman J.D. 1983. Diversity and seasonality of male euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in Central Panama. *Ecology* 64: 274-283.
- Ackerman J.D. 1989. Geographic and seasonal variation in fragrance choices and preferences of male euglossine bees. *Biotropica* 21(4): 340-347.
- Ackerman J.D., Mesler M.R., Lu K.L. & Montalvo A.M. 1982. Food-foraging behavior of male Euglossini (Hymenoptera: Apidae): Vagabonds or Trapliners? *Biotropica*, 14(4): 241-248.
- Aguiar A.P., Chiarello A.G., Mendes S.L. & Matos E.N. 2003. The Central and Serra do Mar Corridors in the Brazilian Atlantic Forest, in C. Galindo-Leal and I. de Gusmão Câmara, *The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook*, Washington: Island Press.
- Aguiar C.M.L. & Zanella F.C.V. 2005. Estrutura da comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae) de uma área na margem do domínio da caatinga (Itatim - BA). *Neotropical Entomology* 34: 15-24.
- Aguiar W.M. & Gaglianone M.C. 2008a. Comunidade de Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro. *Neotropical Entomology* 37 (2):118-12.
- Aguiar W.M. & Gaglianone M.C. 2008b. Comportamento de abelhas visitantes florais de *Lecythis lurida* (Lecythidaceae) no norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira Entomologia* 52 (2): 277-282.
- Aguiar W.M. 2007. Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) em remanescentes de mata estacional semidecidual sobre tabuleiro no estado do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado-Universidade Estadual do Norte Fluminense. 80p.
- Allendorf F.W. & Luikart G. 2006. *Conservation and the Genetics of Populations*, 1st edn. Wiley-Blackwell, Oxford.642p.
- Alvarenga P.E.F., Freitas R.F. & Augusto S.C. 2007. Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de cerrado do Triângulo Mineiro, MG. *Bioscience Journal* 23 Supplement 1, 30–37.
- Andrén H.1994. Effects of hábitat fragmentation on bird and mammals in landscapes with different proportions of suitable hábitat: a review. *Oikos*, v. 71, p. 355-366.

- Armbuster W.S. 1993. Within-habitat heterogeneity in baiting samples of male Euglossine bees: possible causes and implications. *Biotropica* 25:122-128.
- Augusto S.C. & Garófalo C.A. 2004. Nesting biology and social structure of *Euglossa* (*Euglossa*) *townsendi* Cockerell (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Insectes Sociaux*, 51: 400-409.
- Avise J.C. *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. 2a. ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA, 2004.
- Becker P., Moure J.S., Peralta F.J.A. 1991. More about euglossini bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica*, 23 (4b): 586-591.
- Bembé B. 2004. Functional morphology in male euglossine bees and their ability to spray fragrances (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Apidologie* 35: 283–291.
- Benevides C.R., Gaglianone M.C. & Hoffmann M. 2009. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. *Revista Brasileira de Entomologia* 53: 415-421.
- Bezerra C.P. & Martins C.F. 2001. Diversidade de Euglossinae (Hymenoptera; Apidae) em dois fragmentos de Mata Atlântica localizados na região urbana de João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 18 (3): 823-825.
- Bickel T.O., Bruhl C.A., Gadau J.R., Holldobler B. & Linsenmair K. 2006. Influence of habitat fragmentation on the genetic variability in leaf litter ant populations in tropical rainforests of Sabah, Borneo. *Biodiversity and Conservation* 15: 157–175.
- Bierregaard R.O. Jr., Lovejoy T.E., Kapos V., Santos A.A. & Hutchings R.W. 1992. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *BioScience* 42: 859-866.
- Bierregaard R.O.Jr., Gascon C., Lovejoy T. E. & Mesquita R. (eds.). 2001 *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest* - Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA. Sinopse - Pp 478.
- Biesmeijer J.C., Roberts S.P.M., Reemer M., Ohlemüller R., Edwards M., Peeters T., Schaffers A.P., Potts S.G., Kleukers R., Thomas C.D., Settele J. & Kunin W.E. 2006. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313(5785): 351-354 DOI:10.1126/science.1127863.
- Bonilla Gómez M.A. 1999. *Caracterização da estrutura espaço-temporal da comunidade de abelhas euglossinas (Hymenoptera, Apidae) na Hiléia Baiana*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, 153p.

- Bowne D.R. & Bowers M.A. 2004. Interpatch movements in spatially structured populations: a literature review. *Landscape Ecology* 19 (1): 1–20.
- Brito C.M.S. & Rêgo M.M.C. 2001. Community of male euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) in a secondary forest, Alcântara, MA, Brazil. *Braz. J. Biol.* 61: 631-638.
- Brosi B.J. 2009. The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biol. Conserv.* 142(2):414-423.
- Câmara I.G. 2003. Brief history of conservation in the Atlantic forest. In: Galindo-Leal, C. & Câmara, I.G. (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. pp. 31-42. Center for Applied Biodiversity Science, Island Press, Washington. D.C.
- Cameron S.A. 2004. Phylogeny and biology of Neotropical orchid bees (Euglossini). *Annual Review Entomology* 49:377-404.
- Cane J.H. 2001. Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? *Conservation Ecology* 5 (also available online: www.consecol.org/vol5/iss1/art6).
- Cerântola N.C.M, Oi C.A., Cervini M. & Del Lama M.A. 2010. Genetic differentiation of urban populations of *Euglossa cordata* from the state of São Paulo, Brasil. *Apidologie*, doi: 10.1051/apido/2010055.
- Cesário L.F. 2007. *Recompensas florais e visitantes de duas espécies simpátricas de Clusia, Clusia hilariana Schlttd e Clusia spiritu-sanctensis Mariz & Weinberg (Clusiaceae), em áreas de restinga*. Dissertação de Mestrado-Universidade Estadual do Norte Fluminense. 72p.
- Chao A. & Shen T.J. 2003. Program SPADE (Species Prediction And Diversity Estimation). Computer programa distributed by authors <http://chao.stat.nthu.edu.tw/programaCE.html>.
- Cortopassi-Laurino M., Zillikens A. & Steiner J. 2009. Pollen sources of the orchid bee *Euglossa annectans* Dressler 1982 (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) analyzed from larval provisions. *Genetics Molecular Research* 8 (2): 546-556.
- Curtis J.M.R. & Taylor E.B. 2003. The genetic structure of coastal giant salamanders (*Dicamptodon tenebrosus*) in a managed forest. *Biological Conservation* 115:45-54.
- Dal V.H., Pearson S.M., Offerman H.L. & O'Neill R.J. 1994. Relating patterns of land-use change to faunal biodiversity in the central Amazon. *Conservation Biology*, 8:1027-1036.

- Dan M.L., Aguiar W.M. & Nascimento M.T. 2009. Ilhas de vegetação de um inselbergue (Morro do Itaoca) no norte fluminense: Riqueza e diversidade da flora rupícola. *Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil*, 13 a 17 de setembro de 2009, São Lourenço – MG.
- Dan M.L., Braga J.M.A & Nascimento M.T. 2010. Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos de floresta estacional semidecidual na bacia hidrográfica do rio São Domingos, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 61(4): 1-18.
- Darrault R.O., Medeiros P.C.R., Locatelli E., Lopes A.V., Machado I.C. & Schlindwein C. (2006) Abelhas Euglossini. In: Porto K.C, Almeida-Cortez J.S. & Tabarelli M. (Eds), *Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 239–253.
- Davis E.S., Murray T.E., Fitzpatrick U., Brown M.J.F. & Paxton R.J. 2010. Landscape effects on extremely fragmented populations of a rare solitary bee, *Colletes floraris*. *Molecular Ecology*, doi: 10.1111/j.1365-294X.2010.04868.x.
- Del Lama M.A., Takahashi N.C. & Campos L.A.O. 1998. Estimativa da proporção de machos diplóides em Euglossini (Hymenoptera: Apidae). In: III Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto. Anais do Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, USP, p. 151-157.
- Dias R.L. 2007. *Abelhas Euglossina das serras do norte do estado do Amazonas*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. 49p.
- Dodson C.H., Dressler R.L., Hills H.G., Adams R.M. & Williams N.H. 1969. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science*, 164(13): 1243-1249
- Donaldson J., Nänni I., Zachariades C. & Kemper J. 2002. Effects of habitat fragmentation on pollinator diversity and plant reproductive success in Renosterveld Shrublands of South Africa. *Conservation Biology* 16(5): 1267-1276.
- Dressler, R. L. 1982b. New species of Euglossa II. (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Biologia Tropical*, 30, 121–129
- Dressler, R.L.. 1982a. Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual Review in Ecology and Systematics* 13: 373-394.
- Ehrlich P.R. 1988. *The loss of diversity: causes and consequences*. In: Wilson, E.O., ed. *Biodiversity*. Washington: National Academy Press, p. 29-35.

- Eltz T., Roubik D.W. & Lunau K. 2005. Experience-dependent choices ensures species-specific fragrance accumulation in male orchid bees. *Behavior Ecology Sociobiology* 59: 149-156.
- Eltz T., Sager A. & Lunau K. 2005. Juggling with volatiles: exposure of perfumes by displaying male orchid bees. *Journal of Comparative Physiology A-Neuroethology Sensory Neural and Behavioral Physiology*, 191: 575-581.
- Eltz T., Whitten W.M., Roubik D.W. & Linsenmair K.E., 1999. Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. *Journal of Chemical Ecology* 25(1): 157-176.
- Excoffier L., Laval G. & Schneider S. 2006. Arlequin ver 3.01: An integrated programa package for population genetics data analysis. Computer programa distributed by authors. <http://cmpg.unibe.ch/programa/arlequin3>.
- Excoffier L., Smouse P.E. & Quattro J.M. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data, *Genetics* 131: 479-491.
- Fahrig L. 1997. Relative effects of hábitat loss and fragmentation on population extinction. *J. Wildl. Manage.* 61: 603–610.
- Fahrig L. 2003. Effects of hábitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 34: 487-515.
- Farias R.C.A.P., Madeira-da-Silva M.C., Pereira-Peixoto M.H. & Martins C.F. 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 (3): 253-258.
- Farias R.C.A.P., Madeira-Da-SILVA M.C., Pereira-Peixoto M.H.E & Martins C. F. 2007. Horário de atividade de machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e Preferência por fragrâncias artificiais em Mata e Dunas na Area de proteção ambiental da Barra do Rio Mamanguape, Rio Tinto, PB. *Neotropical Entomology* 36(6):863 – 867.
- Felsenstein J. 2005. *Theoretical Evolutionary Genetics*. Seattle, Washington. 393pp.
- Frankham R., Ballou J.D. & Briscoe D.A. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, Cambridge. 640p.
- Fundação SOS Mata Atlântica & INPE 2001. *Atlas dos remanescentes florestais do Rio de Janeiro*.

- Fundação SOS Mata Atlântica & INPE. 2008. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período de 2000-2005: relatório final. Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, São Paulo. 157p.
- 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.
- Galindo-Leal C. & Câmara I.G. 2003. Atlantic forest hotspots status: an overview. in C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. pp. 3-11. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C.
- Garófalo C.A. & Rozen-Jr. J.G. 2001. Parasitic Behavior of *Exaerete smaragdina* with descriptions of its mature oocyte and larval instars (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *American Museum Novitates* 3349:1-26.
- Garófalo C.A. 1992. Comportamento de nidificação e estrutura de ninhos de *Euglossa cordata* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Revista Brasileira de Biologia* 52 (1):187-198.
- Garófalo C.A. 1994. Biologia de nidificação dos Euglossinae (Hymenoptera:Apidae). *Anais do I Encontro sobre Abelhas*. Ribeirão Preto 1:17-26.
- Garófalo C.A., Camillo E., Augusto S.C., Jesus B.M.V. & Serrano J.C. 1998. Nest structure and communal nesting in *Euglossa* (*Glossura*) *annectans* Dressler (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Revista Brasileira de Zoologia* 15: 589-596.
- Garófalo C.A., Camillo E., Serrano J.C. & Rebêlo J.M.M. 1993. Utilization of trap nests by Euglossini species (Hymenoptera: Apidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 53 (2): 177-187.
- Gascon C., Lovejoy T.E., Bierregaard R.O., Malcolm J.R., Stouffer P.C., Vasconcelos H.L., Laurance W.F., Zimmerman B., Toucher M. & Borges S. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* 91: 223-229.
- Ghazoul J. 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis *Trends in Ecology & Evolution* 20: 367–373.
- Giangarelli D. C. 2011. *Comunidades de abelhas Euglossini de dois remanescentes de Mata Atlântica no estado do Paraná*. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Londrina. 118p.

- Giangarelli D.C., Freiria G.A., Colatreli O.P., Suzuki K.M. & Sofia S.H. 2009. *Eufriesea violacea* (blanchard) (Hymenoptera: Apidae): An orchid bee apparently sensitive to size reduction in forest patches. *Neotropical Entomology* 38:1-6.
- Gomes L.F., Brito R.M., Pompolo S.G., Campos L.A.O. & Peruquetti R.C. 1998. Karyotype and C- and G-banding patterns of *Eufriesea violacea* (Hymenoptera, Apidae, Euglossinae). *Hereditas*, 128: 73-76.
- Gotelli N.J. & Entsminger G.L. 2001. *EcoSim: Null models programa for ecology*. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear.
- Goulson D., Lye G. C. & Darvill B. 2008. Decline and conservation of bumble bees. *Annual Review of Entomology* 53:191–208.
- Grixti J.C., Wong L.T., Cameron S.A. & Favret C. 2009. Decline of bumble bees (*Bombus*) in the North American Midwest. *Biological Conservation* 142: 75-84.
- Hammer O., Harper D.A.T. & Ryan P.D. 2001. Past Paleontological Statistics Programa Package for Education And Data Analysis. *Paleontologia Eletronica* 4: 1- 9p.
- Hanski I. 1994. A practical model of metapopulation dynamics. *Journal of Animal Ecology*, 63, 151–162.
- Hartl D.L. & Clark A.G. 1989. *Principles of population genetics*. Sunderland : Sinauer Associates. 681p
- Hedrick P.W. 2005. A standardized genetic differentiation measure. *Evolution* 59: 1633-1638.
- Hirota M.M. 2003. Monitoring the Brazilian Atlantic Forest cover. In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, trends, and outlook*. pp. 60-65. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C.
- Hirsch M., Pfaff S. & Wolters V. 2003. The influence of matrix type on flower visitors of *Centaurea jacea* L. *Agriculture Ecosystems and Environment* 98: 331–337.
- Hobbs R.J. & Yates C.J. 2003. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. *Australian Journal of Botany* 51:471–488.
- Holzhauser S.I.J., Wolff K. & Wolters V. 2009. Changes in land use and hábitat availability affect the population genetic structure of *Metrioptera roeselii* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Journal of Insect Conservation* 13: 543–552.

- Hutchison D.W. & Templeton A.R. 1999. Correlation of pairwise genetic and geographic distance measures: inferring the relative influences of gene flow and drift on the distribution of genetic variability. *Evolution* 53: 1898–1914.
- IBGE. 1993. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1993. *Mapa da vegetação do Brasil*. IBGE.Rio de Janeiro.
- IBGE. 2005. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Malha municipal*. IBGE Rio de Janeiro.
- IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Censo Populacional 2010*. IBGE. Rio de Janeiro.
- IBGE. 2010. Mapa de cobertura e uso da terra do Brasil. Acessado pelo link: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/exibe_imagem.php?id_noticia=1772.
- INEA. 2011. A Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. Disponível no link: <http://www.inea.rj.gov.br/mata/conteudo.asp>.
- 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. & Kimsey L.S. 1982. Seasonal and site variation in Costa Rican euglossine bees at chemical baits in lowland deciduous and evergreen forests. *Ecology*. 63: 6-74.
- Jost L. 2008. Gst and its relatives do not measure differentiation. *Molecular Ecology* 17: 4015-4026.
- Kalinowski S.T. 2004. Counting alleles with rarefaction: private alleles and hierarchical sampling designs. *Conservation Genetics* 5:539-543.
- Kerr W.E. 1952.A variação do número de cromossomos na evolução dos Hymenoptera. *Scientia Genetica*, 4 (3): 182-190.
- Klein A.M., Steffan-Dewenter I., Burchori D. & Tschardt T. 2002. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology* 16: 1003-1014.
- Laurance, W.F & Vasconcelos, H.L. 2009. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis* 13(3): 434-451.
- Laurence W.F., Lovejoy T.E., Vasconcelos H.L., Bruna E.M., Didham R.K., Stouffer P.C., Gascon C., Bierregaard R.O., Laurence S.G. & Sampaio E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16: 605-618.

- Leberg P.L. 2002. Estimating allelic diversity: Effects of sample size and bottlenecks. *Molecular Ecology* 11:2445-2449.
- Leinu R., Vergeer P., Angeloni F. & Ouborg N.J. 2010. Hábitat fragmentation, climate change, and inbreeding in plants. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1195: 84–98
- Liow L.H., Sodhi N.S. & Elmqvist T. 2001. Bee diversity along a disturbance gradient in tropical lowland forests of south-east Asia. *Journal of Applied Ecology*, 38: 180–192. doi: 10.1046/j.1365-2664.2001.00582.x
- López-Uribe M.M; Green A.N.; Ramírez S.R.; Bogdanowicz S.M.& Danforth B.N. 2010. Isolation and cross-species characterization of polymorphic microsatellites for orchid bee *Eulaema meriana* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Conservation Genetics Resources*. doi: 10.1007/s12686-010-9271-9.
- Lowe A., Harris S. & Ashton P. 2004. *Ecological genetics: design, analysis, and application*, Blackwell Publishing, Malden, p.326.
- Magurran A.E. 2003. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford. 256p
- Manel S., Gaggiotti O.E., Waples R.S. 2005. Assignment methods: matching biological questions with appropriate techniques. *Trends in Ecology & Evolution* 20(3):136-142.
- Marques M.F.2008. Arquitetura de ninhos de abelhas e vespas solitárias (Insecta, Hymenoptera) em remanescentes de mata de tabuleiro, RJ. Monografia (Ciências Biológicas) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- Maués M.M. 2002. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. In: P. Kevan & V.L. Imperatriz Fonseca (eds) – Pollinating Bees – The Conservation Link Between Agriculture and Nature - Ministry of Environment / Brasilia. p. 245–254.
- Mazurec A. P. 1998. *Ciclagem de nutrientes em duas florestas atlânticas de encosta em diferentes altitudes na Serra do Imbé, Norte Fluminense*. Dissertação de Mestrado. Centro de Biociências e Biotecnologia da UENF, Campos dos Goytacazes.
- Meirmans P.G. 2006. Using the AMOVA framework to estimate a standardised genetic differentiation measure. *Evolution* 60:2399-2402.

- Mendes F.N., Rego M.M. & Carvalho C.C. 2008. Abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) coletadas em uma monocultura de eucalipto circundada por Cerrado em Urbano Santos, Maranhão, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* 98(3):285-290.
- Mendes S.L., Rylands A.B., Keirulff M.C.M. & Oliveira M.M. 2008. *Alouatta guariba ssp. clamitans*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 23 May 2011.
- Milet-Pinheiro P. & Schlindwein C. 2005. Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? *Revista Brasileira de Zoologia*, 22 (4): 853-858.
- Minckley R.L. & Reyes S.G. 1996. Capture of orchid bee, *Eulaema polychroma* (Friese) (Apidae: Euglossini) in Arizona, with notes on northern distributions of other Mesoamerican bees. *Journal of Kansas Entomology Society* 69: 102-104
- MMA. 2000. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*. CI, Fund. SOS Mata Atlântica, Fund. Biodiversitas, IPE, SEMA-SP, SEMAD/IEFMG, MMA/SBF. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 40p,
- Morato E.F., Campos L.A.O. & Moure J.S. 1992. Abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) coletadas na Amazônia central. *Revista Brasileira de Entomologia*. 36(4): 767-771.
- Morato E.F., Garcia M.V.B. & Campos L.A.O. 1999. Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia* 16: 1213-1222.
- Moreno M. R., Nascimento M. T. & Kurtz B. 2003. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. *Acta Botânica Brasilica* 17: 371-386.
- Moure, J. S., Melo, G. A. R. & Faria Jr., L. R. R. (2007) Euglossini Latreille, 1802 In: Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Eds), *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*. Sociedade Brasileira de Entomologia, Curitiba, pp. 214–255.
- Murphy H.T. & Lovett-Doust J. 2004. Context and connectivity in plant metapopulations and landscape mosaics: Does the matrix matter? *Oikos* 105: 3-14.
- Murren C.J. 2002. Effects of habitat fragmentation on pollination: pollinators, pollinia viability and reproductive success. *Journal of Ecology* 90:100–107.

- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Fonseca G.A.B. & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- Nascimento M.T. & Silva F.L. 2003. Avaliação da taxa de desmatamento no período de 1986 a 2002 na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (Mata do Carvão), São Francisco do Itabapoana, RJ. In: Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza. Pp. 127-128.
- Neff J.L. & Simpson B.B. 1993. *Bees, pollination systems and plant diversity*, p.143-147. In J. LaSalle & I.D. Gauld (eds.), Hymenoptera and biodiversity. Wallingford, CAB International, 348p.
- Nemésio A. 2009. Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa* 2041: 1–242.
- Nemésio A. & Morato E.F. 2006. The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of Acre state (northwestern Brazil) and a re-evaluation of euglossine bait-trapping. *Lundiana* 7: 59-64.
- Nemésio A. & Silveira F.A. 2006a. Deriving ecological relationships from geographical correlations between host and parasitic species: an example with orchid bees. *Journal of Biogeography*, 33, 91–97.
- Nemésio A. & Silveira F.A. 2006b. Edge effects on the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at a large remnant of Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Neotropical Entomology*, 35, 313–323.
- Nemésio A. & Silveira F.A. 2007a. Diversity and distribution of orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) with a revised checklist of their species. *Neotropical Entomology*, 36, 874–888.
- Nemésio A. & Silveira F.A. 2007b. Orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) of Atlantic Forest fragments inside an urban area in southeastern Brazil. *Neotropical Entomology*, 36, 186–191.
- Nemésio A. & Silveira F.A. 2010. Forest Fragments with Larger Core Areas Better Sustain Diverse Orchid Bee Faunas (Hymenoptera: Apidae: Euglossina). *Neotropical Entomology* 39(4):555-561.
- Neves E.D. & Viana B.F. 1999. Comunidade de machos de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) das matas ciliares da margem esquerda do médio rio São Francisco, Bahia. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28: 201-210.

- O'Connell L.M., Mosseler A. & Rajora O.P. 2006. Impacts of forest fragmentation on the reproductive success in white spruce (*Picea glauca*). *Canadian Journal of Botany* 84: 956–965.
- Oliveira M.L. & Campos L.A.O. 1995. Abundância, riqueza e diversidade de abelhas euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em florestas contínuas de terra firme na Amazônia central, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 12(3): 547-556.
- Oliveira M.L. 2000. *O gênero Eulaema Lepeletier, 1841 (Hymenoptera, Apidae, Euglossini): filogenia, biogeografia e relações com as Orchidaceae*. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP.
- 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 de abelhas do gênero *Eulaema* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae). *Lundiana* 8(2):113-136.
- Oliveira-Filho A.T. & Fontes M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica*, 32:793-810.
- Otero J.T. & Sandino J.C. 2003. Capture rates of male euglossine bees across a human intervention gradient, Chocó region, Colombia. *Biotropica* 35: 520–529.
- Packer L. & Owen R. 2001. Population genetic aspects of pollinator decline. *Conservation Ecology*, v.5, article 4. <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art4>.
- Pascual A.N.T., Suzuki K.M., Almeida F.S., Sodré L.M.K. & Sofia S.H. 2006. Evaluation of the RAPD Profiles from Different Body Parts of *Euglossa pleosticta* Dressler Male Bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossina). *Neotropical Entomology* 35: 811-817.
- Pearson D.L. & Dressler R.L. 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(1): 37-54.
- Pemberton R.W. & Wheeler G.S. 2006. Orchid bees don't need orchids: evidence from the naturalization of an orchid bee in Florida. *Ecology* 87: 1995–2001.
- Perez-Sweeney B.M., Rodrigues F.P., Melnick Don J. 2004. Metodologias moleculares utilizadas em Genética da Conservação. In: Métodos de estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre. Cullen L., Rudran R. & Valadares Padua C. (Orgs). Curitiba, Editora UFPR, p.343-382.

- Peruquetti R.C. 1999. *Padrões eletroforéticos em machos adultos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae): variação gênica e diploidia*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa.
- Peruquetti R.C., Campos L.A.O., Coelho C.D.P., Abrantes C.V.M. & Lisboa L.C.O. 1999. Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundância, riqueza e aspectos biológicos. *Revista Brasileira de Zoologia*. 16(2): 101-118.
- Pessanha A.S. 2011. Levantamento florístico da família Orchidaceae em um *inselberg* (maciço do Itaoca) no município de Campos dos Goytacazes, RJ. Monografia Universidade Estadual do Norte Fluminense, 90 p.
- Petit R.J., Mousadik A. & Pons O. 1998. Identifying populations for conservation on the basis of genetic markers. *Conservation Biology* 12:844–855.
- Pompolo S.G., Takahashi C.S. & Kerr W.E. 1986. Os cromossomos de *Eulaema nigrita* (Hymenoptera: Apidae, Euglossini). In: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 38, 1986, São Paulo. Anais da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, São Paulo: USP, p. 885.
- Potts S.G., Biesmeijer J.C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O & Kunin W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25(6): 345-353.
- Powell, A.H. & Powell, V.N. 1987. Population dynamics of male euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica*. 19(2): 176-179.
- RadamBrasil. 1983. *Levantamento de recursos naturais, v. 32. folha S / F 23 / 24*. Rio de Janeiro/ Vitória. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro.
- Ramalho A.V, Gaglianone M.C & Oliveira M.L. 2009. Comunidades de abelhas *Euglossina* (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 53(1): 95-101
- Ramalho A.V. 2006. *Comunidades de abelhas Euglossini (Hymenoptera; Apidae) em remanescentes de Mata Atlântica na bacia do Rio São João, RJ*. Dissertação de mestrado-Universidade Estadual do Norte Fluminense. 73p.
- Ramírez S., Dressler R. & Ospina M. 2002. Abejas euglossinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Listado de especies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana* 3: 7-118

- Rasmussen C. 2009. Diversity and Abundance of Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) in a Tropical Rainforest Succession. *Neotropical Entomology* 38(1):066-073.
- Rebêlo J.M.M. & Cabral A.J.M. 1997. Abelhas *Euglossinae* de Barreirinhas, zona do litoral da Baixada Oriental Maranhense. *Acta Amazonica*. 27(2): 145-152.
- Rebêlo J.M.M. & Garófalo C.A. 1991. Diversidade e sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferências por iscas-odores em um fragmento de floresta no sudoeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. 51(4): 787-799.
- Rebêlo J.M.M. & Garófalo C.A. 1997. Comunidades de machos de euglossini (Hymenoptera: Apidae) em matas semidecíduas do Noroeste do estado de São Paulo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 26: 243-255.
- Rebêlo J.M.M. 2001. *História Natural das Euglossíneas. As abelhas das orquídeas*. São Luís. Lithograf Editora, 152p.
- Reed D.H. & Frankham R. 2003. Correlation between fitness and genetic diversity. *Conservation Biology* 17: 230-237.
- Ribeiro M.C., Metzger J.P., Martensen A.C., Ponzoni F.J. & Hirota M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142: 1141-1153.
- Rincon R.M., Roubik D.W., Finegan B., Delgado D. & Zamora, N. 1999. Regeneration in tropical rain forest managed for timber production: understory bees and their floral resources in a logged and silviculturally treated Costa Rican forest. *Journal of the Kansas Entomological Society* 72, 379–393.
- RIORURAL-GEF. 2007. *Marco Zero: Sub-Componente Monitoramento e Avaliação, Microbacia Santa Maria/Cambiocó, São José de Ubá*. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 59 p.
- Rocha C.F.D, Bergalho H.G., Alves M.A. S. & Sluys M.V. 2003. *A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica*. São Carlos. RiMA, 160p.
- Rolstad J. 1991. Consequences of forest fragmentation for the dynamics of bird populations: conceptual issues and the evidence. *Biological Journal of the Linnean Society*, 42: 149–163. doi: 10.1111/j.1095-8312.1991.tb00557.x

- Rosenzweig M.L. 1995. *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press, New York, NY.436p.
- Roubik D.W. & Ackerman J.D. 1987. Long-term ecology of euglossine orchid-bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia*. 73(33): 321-333.
- Roubik D. W. & Hanson P. E. 2004. *Orchids bees of Tropical America: Biology and Field Guide*. INBio Press, Heredia, Costa Rica. 370p.
- Roubik D. W. 2001. Ups and downs in pollinator populations: When is there a decline? *Conservation Ecology* 5(1): 2. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art2/>.
- Roubik D.W. 1990. A Mixed Colony of *Eulaema* (Hymenoptera: Apidae), Natural Enemies, and Limits to Sociality. *Journal of the Kansas Entomological Society* 63(1): 150-157.
- Roubik D.W. 1993. Tropical pollinators in the canopy and understory – field data and theory for stratum preferences. *Journal of Insect Behavior* 6, 659–673
- Roubik D.W. 2004. Sibling species of *Glossura* and *Glossuropoda* in the Amazon Region (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Journal of Kansas Entomology Society* 77: 235-253.
- Roubik D.W., Weight L.A., Bonilla M.A. 1996. Population genetics, diploid males, and limits to social evolution of euglossine bees. *Evolution*, 50: 931-935.
- Samejima H., Marzuki M, Nagamitsu T. & Nakasizuka T. 2004. The effects of human disturbance on a stingless bee community in a tropical rainforest. *Biological Conservation* 120: 577-587.
- Santos A.M. & Sofia S.H. 2002. Horário de atividade de machos de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em um fragmento de floresta semidecídua no norte do estado do Paraná. *Acta Scientiarum* 24: 375-381.
- Saunders D.A., Hobbs R.J. & Margules C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation biology*, 5(10):18-32.
- Schtickzelle N., Mennechez G. & Baguette M. 2006. Dispersal depression with habitat fragmentation in the bog fritillary butterfly. *Ecology* 87(4): 1057-1065.
- Silva F.S. & Rebêlo J.M.M. 1999. Euglossine bees of Buriticupu, Amazônia of Maranhão, Brazil. *Acta Amazonica*, 29: 472–486.
- Silva G.C. & M.T. Nascimento. 2001. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão), RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. 24: 51-62.

- Silva G.C. & Nascimento M.T.. 2001. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão), RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 24: 51-62.
- Silva J.M.C & Casteleti C.H.M. 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In: C. Galindo-Leal & I.G.Câmara (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, trends, and outlook*. pp. 43-59. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C.
- Silva L.C. 2009. Abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera) que nidificam em ninhos-armadilha em remanescentes de mata sobre tabuleiro no Norte Fluminense. Monografia (Ciências Biológicas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- Silva O., Rego M.M.C., Albuquerque P.M.C. & Ramos M.C. 2009. Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Área de Restinga do Nordeste do Maranhão *Neotropical Entomology*. 38(2): 186-196.
- Silveira F.A., Melo G.A.R. & Almeida E.A.B. 2002. *Abelhas Brasileiras, Sistemática e Identificação*. Belo Horizonte, F. A. Silveira. 253p.
- Silveira G. C., Nascimento A.M., Sofia S. H. & Augusto S.C. 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. 2010. *A fauna de abelhas da subtribo Euglossina Latreille (Hymenoptera; Apidae) em duas áreas de mata Estacional Semidecidual no domínio de Cerrado em Uberlândia-MG*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. 79p.
- Sinclair E.A. & Hobbs R.J. 2009. Sample size effects on estimates of population genetic structure: implications for ecological restoration. *Restoration Ecology* 17: 837-844.
- Singer R. B. 2004. Orquídeas brasileiras e abelhas. www.webbee.org.br
- Sofia S.H. & Suzuki K.M. 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., Paula F.M., Santos A.M., Almeida F.S. & Sodr e L.M.K. . 2005. Genetic structure analyses of *Eufriesea violacea* (Hymenoptera, Apidae) populations from southern Brazilian Atlantic rainforest remnants. *Genetics and Molecular Biology* 28: 479-484

- Sofia S.H., Santos A.M., Silva C.R.M. 2004. Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in a remnant of Atlantic Forest in Paraná State, Brazil. *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre*. 94(2): 217-222.
- Sork V. L., Campbell D. R., Dyer R., Fernandez J. F., Nason J., Petit R., Smouse P. E. & Steinberg E. 1998. Proceedings from a workshop on gene flow in fragmented, managed, and continuous populations. Research paper no.3. National Center for Ecological Analysis and Synthesis, University of California, Santa Barbara. Online: <http://www.nceas.ucsb.edu/nceasweb/projects/2057/nceas-paper3/>
- Souza A.K.P., Hernández M.I.M. & Martins C.F. 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.
- Souza R. O. 2007. *Estrutura genética e sociogenética das populações e ninhos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) determinadas por meio de microssatélites*. Tese de Doutorado Universidade Federal de São Carlos, Brasil. 78p.
- Souza R.O., Cervini M., Del Lama M.A. & Paxton R.J. 2007. Microsatellite loci for euglossine bees (Hymenoptera, Apidae). *Molecular Ecology Notes*, 1-5. disponível on line (11/8/2007).
- Souza R.O., Del Lama M.A., Cervini M., Mortari N., Eltz T., Zimmermann Y, Bach C., Brosi B.J., Suni S., Quezada-Euán J.J.G. & Paxton R.J. 2010. Conservation genetics of neotropical pollinators revisited: microsatellite analysis suggests that diploid males are rare in orchid bees. *Evolution*. doi:10.1111/j.1558-5646.2010.01052.x.
- Steffan-Dewenter I. 2002. Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Ecological Entomology*. 27: 631-637.
- Steffan-Dewenter I. 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conservation Biology*, 17: 1036–1044.
- Steffan-Dewenter I., Münzenberg U., Bürger C., Thies C. & Tschardt T. 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83: 1421–1432.
- Steffan-Dewenter I, Klein A.M, Alfert T, Gaebele V, Tschardt T. 2006. Bee diversity and plant–pollinator interactions in fragmented landscapes. In *Specialization and*

- generalization in plant–pollinator interactions* Waser N.M, Ollerton J 2006pp. 387–408. Eds. Chicago, IL:Chicago Press
- Suzuki K.M., Arias M.C., Giangarelli D.C., Freiria G.A. & Sofia S.H. 2010. Mitochondrial DNA diversity of orchid bee *Euglossa fimbriata* (Hymenoptera: Apidae) populations assessed by PCR-RFLP. *Biochemichal Genetics*, doi:10.1007/s10528-009-9325-4.
- Tarelho Z.V. S. 1973. Contribuição ao estudo citogenético dos Apoidea. Dissertação mestrado em Genética- Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 75 p.
- Tavares W. C. & Pessoa L. M. 2010. Variação morfológica em populações de *Trinomys* (Thomas, 1921) de restingas e matas de baixada no estado do Rio de Janeiro. In: Pessoa L.M., Tavares W.C., Salvatore S. (Org.). Mamíferos de Restingas e Manguezais do Brasil. 1 ed. Rio de Janeiro: *Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, 1:131-153..
- Ter Braak C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Tonhasca Jr.A., Blackmer J.L. & Albuquerque G.S. 2002a. Abundance and diversity of euglossine bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 34: 416-422
- Tonhasca Jr.A., Blackmer J.L. & Albuquerque G.S. 2002b. Within-habitat heterogeneity of euglossine bee populations: a re-evaluation of the evidence. *Journal of Tropical Ecology* 18:929–933.
- Tonhasca Jr.A., Albuquerque G.S. & Blackmer J.L. 2003. Dispersal of euglossine bees between fragments of the brazilian Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology*. 19: 990-102.
- Tscharntke T. & Brandl R. 2004. Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annu. Rev. Entomol.* 49: 405-430. Doi: 10.1146/annurev.ent.49.061802.123339.
- Veloso H. P., Rangel-Filho A. L. R. & Lima J. C. A. 1991. *Classificação de vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Viana B.F., Kleinert A.M.P. & Neves E.L. 2002. Comunidade de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) das dunas litorâneas do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46, 539–545.

- Viana B.F., Melo A.M.C. & Drumond P.D. 2006. Variação na estrutura do hábitat afetando a composição de abelhas e vespas solitárias em remanescentes florestais urbanos de Mata Atlântica no nordeste do Brasil. *Sitientibus Série Ciências Biológicas* 6 (4): 282-295.
- Viana V.M & Pinheiro L.A.F.V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série Técnica IPEF* 12(32): 25-42.
- Villela D. M., Nascimento M. T., Aragão L. E. O. C. & Gama D. M. 2006. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography* 33: 506-516.
- Waldschmidt A. M., Lopes L. A., Marco Jr. P., Campos L. A. O.. Genetics of Euglossini bees (Hymenoptera) in fragments of the Atlantic Forest in the region of Viçosa, MG. *Brazilian Journal of Biology* 65 (3): 541-549 .
- Watson J. E., Whittaker R. J. & Freudenberger D. 2005. Bird community responses to hábitat fragmentation: how are they across landscapes? *Journal of Biogeography* 32: 1353-
- Wcislo W.T. & Cane J.H. 1996. Floral resource utilization by solitary bees (Hymenoptera: Apoidea) and exploitation of their stored foods by natural enemies. *Annual Review of Entomology* 41: 257-86.
- Weir B.S. & Cockerham C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population-structure. *Evolution*, 38, 1358–1370.
- Whiteley A.R., Spruell P., Allendorf F.W. 2004. Ecological and life history characteristics predict population genetic divergence of two salmonids in the same landscape. *Molecular Ecology*, 13:3675 –3688.
- Whittaker R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147: 250–260.
- Wikelski M., Moxley J., Eaton-Mordas A., LÓpez-Urbe M.M., Holland R., Moskowicz D., Roubik D.W. & Kays R. 2010. Large-Range Movements of Neotropical Orchid Bees Observed via Radio Telemetry. *PLoS ONE* 5(5): e10738. doi:10.1371/journal.pone.0010738
- Williams N.H. & Dodson C.H. 1972. Selective attraction of male Euglossini bees to orchid floral fragrances and its importance in long distance pollen flow. *Evolution*, 26: 84-95.
- Winfree R., Aguilar R., Vazquez D.P., Leubhn G. & Aizen M.A. 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90(8):2068–2076.

- Wittmann D., Hoffmann M. & Scholz E. 1988. Distributional limits of Euglossine bees in Brazil habitats of the atlantic- and subtropical rain forest (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Entomologia Generalis*, 14 (1): 53-60.
- Wolda, H. 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* 50: 296–302.
- Wolf P. G., Doche B., Gielly L. & Taberlet P. 2004. Genetic structure of *Rhododendron ferrugineum* at a wide range of spatial scales. *Journal of Heredity* 95(4):301–308.
- Wright S. 1951. The genetical structure of population. *Annals of Eugenics*, 15:323-1816
- Zar J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3th ed. McElroy, W.D., Swanson, C.P (eds.).New Jersey, USA, Prentice-Hall INC, Englewood Cliffs, 662p.
- Zimmermann Y., Schorkopf D. L. P., Moritz R. F. A., Pemberton R. W., Quezada-Euan J. J. G. & Eltz T. 2011. Population genetic structure of orchid bees (Euglossini) in anthropogenically altered landscapes. *Conservation Genetics*. DOI 10.1007/s10592-011-0221-1.
- Zucchi R., Sakagami S.F. & Camargo J.M.F. 1969. Biological observations on a neotropical parasocial bee *Eulaema nigrita*, with a review of the biology of Euglossinae. A comparative study. *Journal of Faculty Science Hokkaido University, Zoology*, 17: 271-380.