



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA**  
**TERRA E DO AMBIENTE**

**MARILÉA GONÇALVES RIBEIRO**

**A INFLUÊNCIA DA PAISAGEM NA FORMA E NO TAMANHO DA**  
**ASA DE TRÊS ESPÉCIES DE EUGLOSSINI (HYMENOPTERA;**  
**APIDAE)**

**FEIRA DE SANTANA**  
**2017**

**MARILÉA GONÇALVES RIBEIRO**

**A INFLUÊNCIA DA PAISAGEM NA FORMA E NO TAMANHO  
DA ASA DE TRÊS ESPÉCIES DE EUGLOSSINI (HYMENOPTERA;  
APIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente-PPGM/UEFS, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em ciências ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Willian Moura de Aguiar

**FEIRA DE SANTANA  
2017**

## Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

R37i Ribeiro, Mariléa Gonçalves  
A influência da paisagem na forma e no tamanho da asa de três espécies de Euglossini (Hymenoptera; Apidae) / Mariléa Gonçalves Ribeiro. – Feira de Santana, 2017.  
71f.: il.

Orientador: Willian Moura de Aguiar.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, 2017.

1. Euglossini. 2. Abelha - Morfometria geométrica. I. Aguiar, William Moura de, orient. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU:638.12

**MARILÉA GONÇALVES RIBEIRO**

**A INFLÊNCIA DA PAISAGEM NA FORMA E NO TAMANHO DA  
ASA DE TRÊS ESPÉCIES DE EUGLOSSINI (HYMENOPTERA;  
APIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente-PPGM, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em ciências ambientais.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Willian Moura de Aguiar (ORIENTADOR) (UEFS)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cândida Maria Lima Aguiar Mendonça (UEFS)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lorena Andrade Nunes (UESB)

Feira de Santana, 2017

Dedico:

Aos meus pais, Rosenildo e Marizete e  
aos meus irmãos, Nailson e Marilane,  
pelo apoio incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado forças para concluir este trabalho;

Ao Prof. Willian Aguiar pela orientação, pelo apoio e por acreditar sempre no meu potencial;

À Prof. Lorena Nunes e ao Prof. Edilson Araújo por terem me apresentado de forma brilhante a morfometria e pela ajuda nas etapas mais importantes deste trabalho;

À Prof. Cândida Maria Mendonça pela presença nas minhas bancas do mestrado e pelas valiosas contribuições;

A todos os meus familiares pela torcida e apoio;

Aos amigos e funcionários do Laboratório de Estudos Ambientais (LEA) pela ajuda;

Aos meus amigos da turma IX pela ajuda, amizade e convivência prazerosa;

A todos os funcionários e a coordenação do PPGM;

Às minhas amigas, Ana Paula Bastos, Carla Danielle, Carla Silva, Edilaine Almeida, Fernanda Rios, Francis Rocha, Juliana Ramos e Marise Carvalho, pela torcida e pelos momentos de descontração;

À FAPESB pela concessão da bolsa de estudo;

## **Amanhã**

Amanhã  
Será um lindo dia  
Da mais louca alegria  
Que se possa imaginar.

Amanhã  
Redobrada a força  
Prá cima que não cessa  
Há de vingar.

Amanhã  
Mais nenhum mistério  
Acima do ilusório  
O astro rei vai brilhar

Amanhã  
A luminosidade  
Alheia a qualquer vontade  
Há de imperar  
Há de imperar!

Amanhã  
Está toda a esperança  
Por menor que pareça  
Existe e é pra vicejar.

Amanhã  
Apesar de hoje  
Será a estrada que surge  
Prá se trilhar.

Amanhã  
Mesmo que uns não queiram  
Será de outros que esperam  
Ver o dia raiar.

Amanhã  
Ódios aplacados  
Temores abrandados  
Será pleno  
Será pleno!

Compositor: Guilherme Arantes

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo avaliar o tamanho e a forma da asa de indivíduos de três espécies de abelha Euglossini (*Euglossa cordata* (Linnaeus, 1758), *Euglossa ignita* Smith, 1874 e *Eulaema atleticana* Nemésio, 2009) em resposta à estrutura da paisagem. Assim, as abelhas foram coletadas em quatro fragmentos florestais com marcante influência antrópica e numa área de sistema agroflorestral(SAF). Para tal avaliação, utilizou-se métodos de morfometria geométrica, bem como métricas da paisagem. As análises morfométricas iniciaram com a fotografia da asa direita dos indivíduos de cada espécie e com a determinação de marcos e semimarcos anatômicos. Posteriormente, as coordenadas cartesianas obtidas foram utilizadas para análise de variância da forma e do tamanho da asa das populações. Os resultados da análise de forma foram significativos ( $p < 0.05$ ) para as três espécies e demonstraram que os indivíduos coletados dentro da área de SAF possuem as maiores divergências na forma da asa. Por sua vez, as diferenças de tamanho foram significativas apenas para as populações de *E. ignita* (ANOVA:  $F = 4,557$  e  $p = 0,001801$ ). Para *E. cordata* e *El. atleticana*, houve correlação significativa entre dados morfométricos e as métricas da paisagem ( $r < 0.05$ ), o que demonstra uma estreita relação destas espécies com a cobertura florestal. Assim, o presente trabalho salienta a importância das abelhas Euglossini nos estudos de monitoramento de qualidade ambiental, uma vez que diferenças morfométricas podem revelar a existência de stress ambiental.

**Palavras-chave:** Abelha solitária. Bioindicadores. Ecologia de paisagem. Morfometria Geométrica, Sistema agroflorestral.



**ABSTRACT:** This work has aimed to evaluate the size and shape of the wing of individuals of three Euglossini bee species (*Euglossa cordata* (Linnaeus, 1758), *Euglossa ignita* Smith, 1874 and *Eulaema atleticana* Nemésio, 2009). For that, geometric morphometrics methods, as well as landscape metrics, were used for such evaluation. The analyzed specimens were collected in five areas, being four forest areas and one area of Agroforestry System (SAF). Morphometric analysis were started with the right wing photograph of the individuals of each species and with the determination of anatomical landmarks and semilandmarks. Subsequently, the Cartesian coordinates obtained were used for analysis of variance of the shape and size of the wing of the populations. The results of the shape analysis were significant for the three species ( $p < 0.05$ ) and demonstrated that the individuals collected within the SAF area have had the greatest divergences in the shape of the wing. On the other hand, size differences were significant only for the populations of *E. ignita* (ANOVA:  $F = 5.923$  and  $p = 0.00045$ ). For *E. cordata* and *E. atleticana*, there has been a significant correlation between morphometric data and landscape metrics ( $r < 0.05$ ), which shows a close relationship between these species and the forest cover. Thus, the present work underlines the importance of Euglossini bees in environmental quality monitoring studies, since morphometric differences may reveal the existence of environmental stress.

**Keywords:** Solitary bees. Bioindicators. Landscape ecology. Geometric morphometrics. Agroforestry system

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Mapa da APA do Pratigi, localizada na região do Baixo Sul, Bahia, Brasil.....30
- Figura 2- Abelhas Euglossini. A- *Euglossa cordata*; B-*Euglossa ignita*. C-*Eulaema atleticana*.....32
- Figura 3- Marcos (brancos-cheios) e semimarcos anatômicos (vazados) utilizados para análise do tamanho e da forma da asa de *Euglossa cordata*. As células foram nomeadas como segue: A-2<sup>a</sup> submarginal; B-marginal; C-3<sup>a</sup> submarginal; D- 1<sup>a</sup> medial; E- 2<sup>a</sup> medial; F- 2<sup>a</sup> cubital.....33
- Figura 4- Marcos (brancos-cheios) e semimarcos anatômicos (vazados) utilizados para análise do tamanho e da forma da asa de *Euglossa ignita*. As células foram nomeadas como segue: A-2<sup>a</sup> submarginal; B-marginal; C-3<sup>a</sup> submarginal; D- 1<sup>a</sup> medial; E- 2<sup>a</sup> medial; F- 2<sup>a</sup> cubital.....34
- Figura 5- Marcos (brancos-cheios) e semimarcos anatômicos (vazados) utilizados para análises do tamanho e da forma da asa de *Eulaema atleticana*. As células foram nomeadas como segue: A-marginal; B-2<sup>a</sup> submarginal; C-3<sup>a</sup> submarginal; D- 2<sup>a</sup> medial..... 34
- Figura 6- Gráfico de dispersão das cinco populações de *Euglossa cordata* em relação às variáveis canônicas AVC 1 e AVC 2, dispostas num plano cartesiano, obtidas a partir da forma da asa. As grades de deformações, ao redor do gráfico, representam as conformações das nervuras alares presumíveis para cada indivíduo.....39
- Figura 7- Dendrograma gerado pelo UPGMA, obtido a partir da média dos valores de forma da asa de *Euglossa cordata*, com correlação cofenética de 95% .....41
- Figura 8- Gráfico de dispersão das cinco populações de *Euglossa ignita* em relação às variáveis canônicas AVC 1 e AVC 2, dispostas num plano cartesiano, obtidas a partir da forma da asa. As grades de deformações, ao redor do gráfico, representam as conformações das nervuras alares presumíveis para cada indivíduo.....43
- Figura 9- Dendrograma gerado pelo UPGMA, obtido a partir da média dos valores de forma de *Euglossa ignita*, com correlação cofenética de 86%.....44
- Figura 10- Gráfico de dispersão das cinco populações de *Eulaema atleticana* em relação às variáveis canônicas AVC 1 e AVC 2, dispostas num plano cartesiano, obtidas a partir

da forma da asa. As grades de deformações, ao redor do gráfico, representam as conformações das nervuras alares presumíveis para cada indivíduo.  
.....46

Figura 11- Dendrograma gerado pelo UPGMA, obtido a partir da média dos valores de forma de *Eulaema atleticana*, com correlação cofenética de 83%.....48

Figura 12- Diagrama Box-plot para o tamanho do centróide de *Euglossa ignita*. As linhas horizontais representam as medianas, os retângulos representam o intervalo interquartil (25-75%), enquanto as linhas verticais informam os intervalos de variação. Pelo teste de Tukey, letras iguais não diferem estatisticamente entre si.  
..... 49

Figura 13- Mapa de uso e cobertura do solo da APA do Pratigi, Baixo Sul, Bahia, Brasil.....51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Localização geográfica dos pontos de coleta na APA do Pratigi, Baixo Sul da Bahia, informações geográficas e caracterização da paisagem.....	31
Tabela 2-Número de espécimes analisadas em cada ponto de coleta.....	33
Tabela 3-Variáveis canônicas, autovalores, variância e variância acumulada, obtidas para as populações de <i>Euglossa cordata</i> .....	37
Tabela 4- Distâncias de Procrustes (metade inferior da matriz) e valores de permutação (metade superior da matriz) entre as populações de <i>Euglossa cordata</i> , calculadas a partir dos dados das variáveis canônicas ( $p < 0,005$ ).....	40
Tabela 5-Variáveis canônicas, autovalores, variância e variância acumulada obtidas para as populações de <i>Euglossa ignita</i> .....	42
Tabela 6- Distâncias de Procrustes (metade inferior da matriz) e valores de permutação (metade superior da matriz) entre as populações de <i>Euglossa ignita</i> , calculadas a partir dos dados das variáveis canônicas ( $p < 0,005$ ).....	44
Tabela 7- Variáveis canônicas, autovalores, variância e variância acumulada obtidas para as populações de <i>Eulaema atleticana</i> .....	45
Tabela 8- Distâncias de Procrustes (metade inferior da matriz) e valores de permutação (metade superior da matriz) entre as populações de <i>Eulaema atleticana</i> , calculadas a partir dos dados das variáveis canônicas ( $p < 0,005$ ).....	47
Tabela 9-Uso de ocupação do solo de um raio de 5 Km em torno dos pontos de coleta.....	52
Tabela 10- Métricas da paisagem referentes aos remanescentes florestais da área ao redor de cada ponto de coleta. ....	53
Tabela 11- Teste Mantel usado para comparar as matrizes de dados ambientais e dados morfométricos de forma e tamanho da asa de <i>Euglossa cordata</i> , <i>Euglossa ignita</i> e <i>Eulaema atleticana</i> , com 5000 permutações.....	54

## **LISTA DE SIGLAS**

AVC- Análise de Variáveis Canônicas

ANOVA- Análise de variância

APA- Área de Proteção Ambiental

SAFs- Sistemas Agroflorestais

UC- Unidade de Conservação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS E HIPÓTESES</b> .....	18
2.1 Objetivo Geral .....	18
2.2 Objetivos Específicos .....	18
2.3 Hipóteses.....	18
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
3.1 A Ecologia de Paisagem.....	19
3.2 Fragmentação e o Efeito de borda.....	20
3.3 Variação ambiental e plasticidade fenotípica dos organismos.....	22
3.4 Morfometria Geométrica.....	24
3.5 Estudos de Morfometria Geométrica com abelhas.....	26
3.6 As abelhas Euglossini.....	26
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	29
4.1 Área de estudo.....	29
4.2 Espécies estudadas.....	31
4.3 Análise morfométrica.....	32
4.5 Caracterização da paisagem.....	35
<b>5 RESULTADOS</b> .....	37
5.1 Variação na forma da asa- <i>Euglossa cordata</i> .....	37
5.2 Variação na forma da asa- <i>Euglossa ignita</i> .....	42
5.3 Variação na forma da asa- <i>Eulaema athleticana</i> .....	45
5.4 Variação no tamanho da asa.....	49
5.5 Caracterização da Paisagem.....	50
5.6 Teste de Mantel.....	53
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	55
<b>CONCLUSÕES</b> .....	50
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as discussões sobre as alternativas para preservação dos ecossistemas, estes cada vez mais fragmentados ou sob outros impactos antrópicos, se avolumaram, principalmente, devido à crise ambiental que o mundo enfrenta (SALA et al., 2000; FOLEY et al., 2005; KRAUS et al., 2010). O território brasileiro, por exemplo, oferece bons exemplos do que anos de exploração desenfreada foram capazes de provocar sobre os ecossistemas. A Mata Atlântica, em especial, cobria uma longa faixa do território nacional, hoje o bioma encontra-se bastante fragmentado, sendo que a maioria de seus remanescentes estão envoltos por paisagens intensamente cultivadas (VIANA e PINHEIRO, 1998; ROCHA et al., 2003).

Devido à redução do seu território, a fragmentação da Mata Atlântica trouxe vários impactos para o ecossistema, tais como a redução do tamanho de habitats e, principalmente, a modificação dos habitats remanescentes, os quais ficaram sujeitos ao efeito de borda, processo que é capaz de alterar o microclima, a distribuição e a abundância de espécies (CERQUEIRA et al., 2003; MOURA et al. 2012; PORENSKY e YOUNG, 2013). Fischer e Lindermayer (2007) reconhecem que estes impactos são capazes de provocar graves efeitos sobre a biodiversidade, alterando a biologia das espécies, como o ciclo de vida, aumentando, deste modo, as chances de deriva genética.

Compondo esta situação, uma realidade possível nos arredores ou dentro dos fragmentos de mata, atualmente, é a presença de produção agrícola através de uma perspectiva conservacionista, os denominados Sistemas Agroflorestais (SAFs). Este tipo de atividade integrando a paisagem pode oferecer, segundo Schroth et al. (2004), habitat para espécies dependentes da mata, bem como promover a conectividade e melhorar o microclima, condições que podem amenizar os efeitos advindos com a fragmentação. Outro benefício dos SAFs é a manutenção das características físico-químicas do solo, onde a cobertura do solo e a matéria orgânica produzida impedem a lixiviação e possibilitam a inserção de nutrientes no solo (PENEIREIRO, 2003).

A importância dos SAFs para a biodiversidade foi destacada no trabalho de Hassdeuteuffell (2010), realizado no nordeste do Rio Grande do Sul. Ela verificou que a abundância de aves que têm preferência por áreas florestais foi maior dentro dos bananais seguindo este tipo de manejo, do que nos bananais que seguem a produção convencional, ou seja, a pleno sol. Esta constatação demonstra o papel que a paisagem e

a matriz desempenham na conservação de espécies (FISCHER E LINDENMAYER, 2007).

Apesar dos benefícios advindos com os SAFs para algumas espécies, os efeitos desse tipo de atividade sobre a biodiversidade em sua totalidade ainda são desconhecidos, uma vez que a paisagem circundante é modificada e algumas espécies, tais como anfíbios são muito sensíveis às modificações ambientais. Dunning et al.(1992) reconhecem que a estrutura da vegetação, a disponibilidade de recursos e o tamanho dos fragmentos são fatores que impactam fortemente as populações e as comunidades. Nos insetos, por exemplo, mudanças no ambiente podem provocar modificações no tamanho corporal, característica que está associada à disponibilidade de pólen e à variação da temperatura (ALCOCK et al., 2005; CHOWN E GASTON, 2010).

Tendo em vista as mudanças que a fragmentação e a presença de SAFs provocam no ambiente, estudos voltados para a avaliação destes impactos apresentam-se como mais um elemento a contribuir para as propostas de preservação e monitoramento deste importante ecossistema, que é a Mata Atlântica. Atualmente, estas avaliações podem ser feitas à luz da Ecologia de Paisagem, abordagem científica que levantou novas maneiras de pensar o processo de fragmentação, associado com a substituição da mata nativa por atividades de cunho agrícola e outros impactos antrópicos (BENNETT e SAUNDERS, 2010).

Outra perspectiva de análise é a avaliação dos atributos funcionais. Os atributos funcionais são propriedades mensuráveis dos organismos (tamanho do corpo e dos apêndices e tamanho das asas) e que se modificam devido às condições do ambiente (PODGAISKI et al., 2011).

Esta resposta dos organismos a ambientes heterogêneos deve-se a plasticidade fenotípica, pois ambientes diferentes favorecem fenótipos distintos. Portanto, espécies com ciclo de vida curto e com taxas populacionais e de fecundidade elevadas podem evidenciar em menos tempo mudanças físicas (REED et al., 2011). Diante de tais critérios, muitas espécies, especialmente de insetos, podem ser consideradas ideais para avaliação de alterações na morfologia, devido às mudanças no hábitat.

Para exemplificar, destacamos o trabalho de Silva et al. (2009) realizado em remanescentes de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais, com duas espécies de Eugossini, *Euglossa pleosticta* Dressler e *Eulaema nigrita* Lepeletier. Os autores puderam constatar diferenças na simetria da asa dos indivíduos de *Eg. pleosticta*



coletados no interior do fragmento florestal e na área de borda, demonstrando a sensibilidade do grupo às perturbações antrópicas e climáticas.

Sendo assim, reconhecendo o papel das Euglossini como importantes polinizadores, sua abundância em áreas florestais e sua dependência das áreas de mata, para a coleta de recursos e o estabelecimento de populações viáveis (RAMALHO E BATISTA, 2005), o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o tamanho e a forma da asa de indivíduos de três espécies de Euglossini (*Euglossa cordata*, *Euglossa ignita* e *Eulaema athleticana*) em resposta à estrutura da paisagem.

Para tal análise, adotou-se como recurso metodológico a morfometria geométrica, apontada por Reis (1988) como uma ferramenta promissora para a biologia evolutiva, uma vez que permite detectar variações entre e dentro das populações, as quais são resultantes de variação ambiental ou plasticidade fenotípica. A plasticidade fenotípica é definida como capacidade que o genótipo possui de produzir diferentes fenótipos como uma resposta às condições ambientais estressantes, permitindo ao organismo adaptar-se ao novo ambiente (MERCKX e DYCK, 2006; GHALAMBOR, 2007).

## **2. OBJETIVOS E HIPÓTESES**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o tamanho e a forma da asa de indivíduos de três espécies de Euglossini (*Euglossa cordata*, *Euglossa ignita* e *Eulaema atleticana*) em resposta à estrutura da paisagem.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- 1- Verificar se as características da paisagem contribuem para a existência de diferenças morfológicas (forma e tamanho das asas) entre as populações de *Euglossa cordata*, *Euglossa ignita* e *Eulaema atleticana*;
- 2- Comparar as respostas de cada espécie (*Euglossa cordata*, *Euglossa ignita* e *Eulaema atleticana*) à estrutura da paisagem.

### **2.3 Hipóteses**

- 1- As populações de *Euglossa cordata*, *Euglossa ignita* e *Eulaema atleticana* apresentam traços morfológicos particulares nos diferentes contextos da paisagem;
- 2- As áreas com predomínio de Sistemas Agroflorestais constituem ambientes seletivos para as populações de *Euglossa cordata*, *Euglossa ignita* e *Eulaema atleticana*, pois podem provocar indisponibilidade de recursos e mudanças microclimáticas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 A Ecologia de Paisagem

A Ecologia de Paisagem é entendida como o “estudo da estrutura, função e dinâmica de ambientes heterogêneos” (METZGER, 2001, p.3), que possibilita entender como os impactos da relação homem-ambiente interferiram e ainda interferem no equilíbrio dos ecossistemas (METZGER, 2001). Para Brown et al. (2006), esta é a principal preocupação da Ecologia de paisagens, uma vez que ela é capaz de entender a interação entre os padrões observados da paisagem e os processos sociais e ambientais que ocorrem em determinado espaço. Para Forman e Godron (1986), citado por Rempel (2009), a estrutura é a relação espacial entre os ecossistemas distintos e seus elementos, que se revelam a partir do fluxo de energia e das espécies, sendo que as espécies se distinguem quanto ao tipo, à forma e ao número. Por outro lado, a função refere-se às interações entre os elementos no espaço, sejam eles o fluxo de energia, de espécie e de matéria nos ecossistemas.

Fu et al., (2011) sublinha que a Ecologia de Paisagem se apresenta como uma alternativa científica para lidar com os problemas globais de esgotamento de recursos e deterioração ambiental. Tais problemas só podem ser compreendidos por meio de uma abordagem ampla de trabalho que integre os fatores naturais, sociais e econômicos, os quais são os responsáveis por formar as paisagens. Estes fatores, por exemplo, são facilmente identificados no modo como a terra foi, e ainda é, ocupada, o que levou à degradação de vários biomas ao redor do mundo, resultando em fragmentação, alterações na estrutura da paisagem e redução no número de habitats naturais (TURNER et al., 2001).

A partir desse conjunto de perturbações, temos a formação de ambientes heterogêneos, os quais remetem a um conceito chave na ecologia de paisagem, os padrões da paisagem, que correspondem à distribuição espacial das variáveis ambientais, formadas por processos bióticos e abióticos que atuam em escalas temporais e espaciais distintas (SZABÓ e MESZÉNA, 2006). Sabe-se, por exemplo, que estes padrões são capazes de interferir em processos ecológicos, tais como a concorrência entre espécies, a herbivoria, a predação e no papel desempenhado por determinadas espécies no ecossistema (TURNER, 2005).

A fragmentação de habitats, por exemplo, é um bom indicativo de formação de heterogeneidade espacial, que pode a curto ou em longo prazo impactar a biodiversidade local, uma vez que novas condições ambientais são impostas. Os efeitos da fragmentação sobre a biodiversidade são variados e depende muito da espécie, pois a fragmentação pode promover uma reestruturação ecológica no interior de manchas, provocando em alguns locais a queda na riqueza de espécies e aumento na abundância de espécies generalistas (RUTLEDGE, 2003; FAHIG, 2003; MITCHELL et al., 2015).

Em meio a fragmentação, quando a espécie não consegue buscar espaços adequados para colonização, ela estará propensa à extinção. No entanto, quando ela possui a capacidade de transitar entre os diferentes espaços, os efeitos, em virtude da fragmentação, podem ser mitigados (DAJOZ, 2005).

### **3.2 Fragmentação e Efeito de borda**

A fragmentação envolve a divisão de um ecossistema outrora contínuo em áreas menores, as quais são isoladas uma da outra por uma matriz de habitat (FAHRIG, 2003). Esta situação afeta os ecossistemas, alterando as condições dentro dos fragmentos, bem como o fluxo de recursos, organismos, propágulos e nutrientes (RUTLEDGE, 2003).

Reforçando a ideia de que a fragmentação provoca graves danos ao ecossistema, Bennett e Saunders, 2010 citam em especial três processos previstos nesta situação:

- 1) Processos determinísticos- são assim denominados porque os seus efeitos são previsíveis sobre as populações. Eles surgem não de uma consequência direta da fragmentação, mas surgem em decorrência das atividades ligadas ao uso da terra, que levou a sua subdivisão. Assim, pode ocorrer a morte de indivíduos, devido à utilização de pesticidas, caça, remoção de plantas e construção de estradas;
- 2) Isolamento- resultado direto da fragmentação, este processo é capaz de afetar a densidade populacional, interferindo na emigração e imigração de indivíduos e na dinâmica do ecossistema, como a dispersão de sementes, esporos e o fluxo de animais;
- 3) Processos estocásticos- constituem um conjunto de eventos que podem representar uma ameaça para as populações. Entre estes eventos destacam-se a perda de diversidade genética por endogamia e as flutuações no ambiente,

que representam variações nas condições microclimáticas e nas fontes de alimento, afetando o nascimento, as taxas de mortalidade e os eventos catastróficos, como os incêndios, enchentes e secas.

Para Tabarelli et al., (2012), o desmatamento das florestas tropicais foi o grande responsável pela perda e pela fragmentação de habitats nestes biomas, sendo, portanto, apontados como os desencadeadores de alterações no funcionamento das populações, que passaram a ser forçadas a viver em áreas antropizadas. Neste sentido, estudos focados em determinados grupos taxonômicos reforçam as consequências da fragmentação sobre a biodiversidade, tais como a possibilidade de extinção de determinados grupos, assim como modificações no comportamento animal devido à fragmentação de habitats (KRAUSS et al., 2010; KNOWLTON e GRAHAM, 2010).

Associada à fragmentação, a invasão por espécies exóticas e as mudanças microclimáticas também contribuem para a perda de biodiversidade em remanescentes florestais, pois podem alterar as relações interespecíficas entre as espécies e a qualidade dos nichos, respectivamente (HOFMEISTER et al., 2013; MURCIA, 1995). Considerando os ambientes florestais, o efeito de borda é um típico exemplo de perturbação climática, cuja formação de ambientes descontínuos permite que o microclima de uma borda de floresta, interceptado por um ambiente aberto, seja diferente daquele do interior da mata. Estas diferenças devem-se aos percentuais de luz incidente, de umidade presente tanto no solo quanto no ar, de temperatura e da velocidade do vento (FOLEY et al., 2005; BENNETT e SAUNDERS, 2010).

Conceitualmente, o efeito de borda surge da interação entre dois ecossistemas justapostos, os quais possuem características ambientais muito distintas (MURCIA, 1995). Ainda de acordo com Murcia (1995), três tipos de efeitos de borda podem ser identificados em fragmentos: 1) efeitos abióticos, que decorrem da proximidade com a matriz circundante, resultando em mudanças nas condições climáticas; 2) efeitos biológicos diretos, que promovem mudanças na abundância e riqueza de espécies causadas por proximidades com a borda; 3) efeitos biológicos indiretos, os quais promovem mudanças nas interações entre as espécies, mais especificamente nas relações de predação, parasitismo, competição, polinização e dispersão de sementes.

Nos últimos anos, a avaliação do efeito de borda nos ecossistemas é um dos temas mais explorados no campo da ecologia, estes trabalhos possuem como foco principalmente os efeitos biológicos diretos, voltados para as populações de flora e

fauna. Assim, convém destacar o trabalho de Moura et al., (2012), que encontraram diferenças significativas nos efeitos de borda provocados por um corpo d'água criado por uma barragem na densidade de árvores e o de Hofmeister et al., (2013) que demonstraram que a abundância e a riqueza de espécies arbóreas cresciam em direção ao interior da floresta. Utilizando os índices de riqueza e abundância de espécies, o trabalho de Batary et al., (2014) apontou que a diversidade de aves e a ocorrência de seus ninhos aumentavam em direção ao interior da floresta.

Apesar da importância dos levantamentos de abundância e riqueza de espécies para o entendimento dos processos de fragmentação e de efeito de borda, principalmente para auxiliar na elaboração de propostas de conservação, os impactos sobre a biodiversidade também podem ser analisados a partir das pressões que as novas condições ambientais exercem sobre os organismos, resultando em modificações na fisiologia, na morfologia e na genética dos organismos. No entanto, tais impactos, em especial, os na estrutura genética de organismos de paisagens fragmentadas, ainda são mal compreendidos (WHITE et al., 2002).

Assim, a relação entre o ambiente e as modificações nos organismos pode ser compreendida por meio do fenômeno denominado plasticidade fenotípica. Para Ghalambor (2007), a PF pode ser definida como a produção de mais de um fenótipo numa população, em resposta a diferentes condições ambientais, sem produzir alterações no seu genótipo. Estas diferenças consistem num mecanismo capaz de retardar os processos evolutivos, protegendo o genótipo dos efeitos de seleção.

### **3.3 Variação ambiental e plasticidade fenotípica dos organismos**

Segundo Schaefer e Bookstein (2009), a PF consiste numa variação não genética nos organismos, tendo como desencadeadores desta variação as condições ambientais, no entanto o genótipo permanece constante. Este mecanismo é favorecido nos sistemas naturais principalmente quando o ambiente é considerado heterogêneo tanto no tempo como no espaço, o que favorece fenótipos distintos para cada ambiente formado (MOCZEK, 2010; REED et al., 2011). Entre os seus benefícios, Whitman e Agrawal (2009) destaca que ela funciona como um “auto-reforço”, que permite ao organismo ocupar uma variedade de nichos, ajudando-o na dispersão, colonização e nas transições evolutivas.

A PF é iniciada por estímulos ambientais sejam eles intrínsecos ou não ao ambiente. Tais estímulos são, por exemplo, a temperatura, o nível de oxigênio, a quantidade de recursos alimentares, o fotoperíodo e as substâncias químicas liberadas por predadores, entre outros (WHITMAN e AGRAWAL, 2009).

A percepção destas alterações é comumente observada em espécies com ciclos de vida curtos e com elevadas taxas populacionais e de fecundidade. Logo, espera-se que mudanças físicas possam ocorrer e aparecer num curto período de tempo (REED et al., 2011).

A classe Insecta, por exemplo, com mais de 1 milhão de espécies descritas, é largamente utilizada em análises de PF (MOCZEK, 2010). Destes, a ordem Hymenoptera, que compreende as abelhas, as vespas e as formigas, é um grupo muito utilizado e de importância reconhecida (SANDERS et al., 2007; GOTELLI e ELISSON, 2002)

Com as Euglossini, por exemplo, alguns estudos também destacam o quanto algumas espécies são sensíveis às alterações ambientais, o que vem favorecendo o surgimento de novas abordagens para o entendimento da relação destes polinizadores com o ambiente. RAMALHO et al., (2009) e MATOZZO et al. (2011) apontam que a espécie *Euglossa analis* Westwood, bem como a espécie *Euglossa sapphirina* Moure, podem ser apontadas como indicadoras da qualidade positiva de um fragmento. Do contrário, Peruquetti et al., (1999), num levantamento de espécies de Euglossini em remanescentes de Mata Atlântica, no estado de Minas Gerais, apontaram a abundância da espécie *Eulaema nigrita* como um indicador de áreas com taxas elevadas de degradação.

A sensibilidade das abelhas Euglossini às mudanças climáticas corrobora com a ideia de Hansson e Angelstam (1991), a qual assume que as espécies indicadoras de qualidade ambiental são úteis para monitorar e gerenciar ambientes fragmentados. Ainda segundo os autores, comunidades e espécies individuais são afetadas por justaposição de ecossistemas, tendo em vista que esta condição influencia o equilíbrio climático, sazonalidade, produtividade e a dispersão.

Além das evidências na redução e/ou aumento populacional em decorrência das perturbações ambientais, o trabalho de Silva (2007) corrobora diretamente para a ideia de PF em Euglossini. A partir da análise morfométrica, com dados de simetria das asas, demonstrou-se que as abelhas Euglossini podem apresentar diferenças resultantes de efeitos ambientais. Realizado com animais coletados em dois remanescentes de Mata

Atlântica no estado de Minas Gerais, a autora constatou que espécimes de *Eg. pleosticta* coletadas na borda dos fragmentos eram mais assimétricas que aquelas coletadas no interior da mata, fato que foi apontado como evidências da sensibilidade desta espécie ao efeito de borda, mais especificamente, às condições microclimáticas que são distintas entre o interior da mata e a borda.

### 3.4 Morfometria Geométrica

O reconhecimento de dados morfométricos como ferramenta para a análise de impacto ambiental abriu uma nova possibilidade para o monitoramento dos ecossistemas através dos organismos. Devido à expansão da industrialização e urbanização, novas pressões estão sendo impostas aos organismos, que estão sendo obrigados a conviver em ambientes fragmentados, com represamento de rios, acúmulo de gases poluentes, elevação da temperatura, além de poluição do solo e dos corpos d'água (SANSEVERINO e NESSIMIAN, 2008). Considerando este cenário, alguns trabalhos vêm apontando a relação entre as propriedades métricas dos indivíduos e a fragmentação (BOUYER et al., 2007), bem como com variações de temperatura (E'SKOV e E'SKOVA, 2013; LEMIC et al. 2016) e poluição (MÁRQUEZ et al., 2011).

Definida por Bookstein (1982, p.451) como a “fusão empírica da geometria com a biologia”, a morfometria utiliza os conceitos da estatística multivariada para descrever padrões de forma dentro e entre grupos biológicos (ADAMS et al, 2004).

O potencial da morfometria como metodologia para identificar e isolar grupos a partir da forma permitiu que esta fosse amplamente utilizada nas ciências biológicas. Deste modo, a morfometria é utilizada para ancorar trabalhos na área da filogenia (LARSON, 2005; CATALANO et al., 2010; MÁRQUEZ et al., 2017), da taxonomia (MAGRINI e SCOPPOLA, 2010; FRANCOY et al., 2012; TANCIONI et al., 2013; QUEZADA-EUÁN et al., 2015), bem como na paleontologia (GONZALEZ et al., 2009; LAFFONT et al., 2011; CORNETTE et al., 2015) e análises populacionais (NUNES et al., 2013; DELLICOUR et al., 2017).

Segundo Daly (1985), a morfometria permite encerrar dados morfológicos num conjunto de dados numéricos e gráficos, com o propósito de expressar e testar relações hipotéticas, sendo que as técnicas de análise multivariada são utilizadas para examinar estas relações.



Richstemeier et al., (2002, p.65) destaca que

quando utilizados para a formação de hipóteses, os dados morfométricos procuram descobrir novas informações dentro dos dados biológicos. Nesta etapa, o estudo objetiva a detecção de padrões dentro dos dados, os quais podem sugerir a ocorrência de processos ou efeitos de natureza biológica subjacente. Quando possui como foco o teste de hipóteses, os dados são recolhidos e são relacionados com as questões levantadas a fim de respondê-las.

Os dados morfométricos são levantados a partir da determinação de marcos anatômicos na estrutura de análise. Para Richetsmeier (2002, p. 65), marcos anatômicos são

*localizações precisas sobre as formas biológicas que possuem algum significado para o desenvolvimento funcional, estrutural ou evolutivo; sendo então registrados como coordenadas de duas ou três variáveis, resultando num mapa espacial da localização relativa do ponto escolhido.*

Basicamente, os marcos anatômicos podem ser classificados em três tipos: Tipo I: correspondem aos marcos definidos em justaposição de tecidos. Esta categoria inclui os pontos com as maiores chances de serem identificados com precisão, pois estes se encontram na interseção de três estruturas; Tipo II ou pontos de máxima curvatura ou outros processos morfogenéticos locais: descrevem pontos em extremidades de estruturas ou vales de invaginações, portanto são pontos de difícil reconhecimento de sua homologia, porém apresentam características úteis para explicações biológicas; Tipo III ou pontos extremos: estão relacionados às distâncias que pode ser medida numa estrutura, como diâmetros, distâncias entre extremidades e interseção de estrutura (MONTEIRO e REIS, 1999). Estes ainda são reconhecidos como semimarcos por Booksteein (1997). Segundo Gunz e Mitteroecker (2013), eles são uma alternativa de análise para estruturas biológicas, que não teriam como ter a sua forma representada pelos marcos anatômicos Tipo I, tais como os ligamentos musculares e as superfícies ósseas. Durante a análise, semimarcos e marcos anatômicos do tipo I são analisados em conjunto, o que proporciona uma descrição mais rica da forma (ADAMS et al. 2004).

### 3.5 Estudos de morfometria geométrica com abelhas

Diante do potencial que a morfometria geométrica adquiriu nos últimos anos, os principais estudos envolvendo abelhas tiveram como finalidade a avaliação da capacidade dessa ferramenta para a taxonomia. Logo, destaca-se o trabalho de Francoy et al. (2012) com abelhas Euglossini, o qual comparou o potencial dos métodos morfométricos e da análise de contorno para distinção de cinco espécies; o trabalho de Quezada-Euán et al. (2015) para a identificação de espécies e morfotipos de abelhas do gênero *Euglossa* e o estudo de Oleksa e Tofilski (2015) com abelhas do gênero *Apis*. Com relação a este último trabalho, cabe destacar que os autores puderam constatar que a eficácia dos testes morfométricos para a taxonomia se iguala aos testes moleculares.

Outras pesquisas fizeram o uso da morfometria para a identificação de diferenciação populacional. Destaca-se o trabalho de Ferreira et al. (2011) com populações de *Centris aenea* Lepeletier, o trabalho de Nunes et al. (2012) e o de Charistos et al. (2014) com espécies de *Apis mellifera*.

Com a crescente conversão das áreas naturais em áreas de atividades antrópicas, a morfometria também pode auxiliar nas avaliações cujo propósito é entender a resposta da biodiversidade a estas mudanças. Neste sentido, Neves et al. (2012) identificou a ocorrência de queda no fluxo gênico entre as populações de *Tetrapedia diversipes* Klug, possivelmente em decorrência da fragmentação e isolamento das populações, enquanto que Pinto et al. (2015) constatou que o tamanho do corpo de *Eulaema nigrita* apresentava diferenças significativas entre os indivíduos coletados nas áreas com vegetação típica de Cerrado e os indivíduos coletados nas áreas agrícolas, sugerindo que estas diferenças poderiam ser em função das flutuações na quantidade de recursos entre os ambientes analisados.

### 3.6 As abelhas Euglossini

As abelhas da tribo Euglossini (Hymenoptera: Apidae), conhecidas também como abelhas de orquídeas, são subdivididas em cinco gêneros: *Euglossa*, *Eufrisea*, *Eulaema*, *Aglae* e *Exaerete* (CAMERON, 2004). Nos domínios da Mata Atlântica, mais de 50 espécies de Euglossini já foram descritas, sendo que metade destas são consideradas endêmicas deste bioma (NEMÉSIO, 2009; GIANGARELLI et al., 2015).

Neste grupo, as espécies podem ser classificadas como solitárias e comunais (CAMERON, 2004). Entre as espécies do gênero *Euglossa* é identificado também um tipo primitivo de comportamento social, em que as fêmeas compartilham o mesmo ninho, podendo ocorrer divisão de trabalho e sobreposição de gerações (AUGUSTO e GARÓFALO, 2004; SILVA e NASCIMENTO, 2012). Normalmente, elas constroem seus ninhos em cavidades preexistentes, e utilizam como material lama, fezes de vertebrados e resina (CAMERON, 2004; DRESSLER, 1982).

Endêmicas da região Neotropical, área que se estende do sul da Flórida nos Estados Unidos até a América do sul, as abelhas Euglossini são importantes polinizadores e, portanto, consideradas importantes alvos para as políticas de conservação de plantas nativas (CAMERON, 2004, BROSI, 2009) e para as análises dos efeitos da fragmentação (ANDRADE-SILVA et al., 2012).

Segundo Pemberton e Wheeler (2006), muitas espécies destas abelhas são polinizadores exclusivos de 700 espécies de orquídeas, nessas flores, os machos dessas abelhas recolhem compostos voláteis que são utilizadas no processo reprodutivo (ELTZ, SAGER e LUNAU, 2005; ZIMMERMANN et al., 2009; ELTZ et al., 2011). Esta capacidade resulta de adaptações presentes em relação à flor, tais como língua alongada, mais a presença de escova setal nas pernas para a coleta de compostos aromáticos e tíbias posteriores para o armazenamento (MICHAEL-SALZAT, 2004; DARRAULT et al., 2006). As abelhas Euglossini ainda são apontadas como agentes polinizadores de outras 30 famílias de plantas (CAMERON, 2004), inclusive de espécies agrícolas, tais como o café, o mamão e a castanha do Pará (DODSON et al. 1969; CARVALHO e MACHADO, 2002; BRIGGS et al., 2013).

Durante a visita às flores, as Euglossini coletam, em especial, resina para a construção de seus ninhos, bem como néctar e pólen que são utilizados para o provisionamento das células de cria. Cabe destacar que as fêmeas das abelhas Euglossini, assim como as fêmeas de outros grupos, realizam a polinização por vibração, que é uma alternativa eficiente para a liberação dos grãos de pólen de espécies de plantas com anteras poricidas (ROCHA-FILHO, 2012). Juntamente com a coleta de fragrâncias, este fator evidencia a importância desse grupo de abelha para a evolução e diversificação da flora nas florestas tropicais (DRESSLER, 1982).

Curiosamente, ao mesmo tempo que saem à procura de recurso, fêmeas de Euglossini estabelecem uma sequência de visita reconhecida na literatura como *traplines* (ACKERMAN, 1982). Como determinadas plantas encontram-se espalhadas e

produzem poucas flores por dia, mas que persistem por um longo período, este comportamento possibilita a polinização de plantas co-específicas e ocasiona uma fidelidade aos espaços de coleta (OHASHI et al., 2006). Ohashi et al., (2006) salienta que a capacidade de construir estas rotas de coleta, presentes em muitos insetos, consiste num importante fator evolutivo. Assim, o desenvolvimento desse comportamento incorre na queda dos custos energéticos em relação às rotas aleatórias, aumentando deste modo a eficiência do forrageamento e queda do tempo empreendido em cada saída a campo.

Frente ao atual estado de fragmentação da Mata Atlântica, a potencialidade das abelhas Euglossini, como voadoras de longas distâncias, recolhendo diversos produtos, permite estabelecer uma comunicação entre as manchas florestais, favorecendo o fluxo genético entre as comunidades de abelhas e entre plantas compatíveis que estão distantes ou que possuem baixa densidade no ambiente (PERUQUETTI, 1999; BROSI, 2009; ANDRADE-SILVA et al., 2012).

Segundo Janzen (1971), espécimes de *Euglossa imperialis* Cockerell podem percorrer cerca de 23 Km de distância. Entre os machos de *Eulaema nigrata*, *Eulaema cingulata* Fabricius e *Euglossa cordata* são perceptíveis ainda o comportamento de transpor fragmentos isolados (DARRAULT et al.2006). Assim, as abelhas Euglossini são capazes de conectar partes pequenas e próximas de habitats, permitindo o fluxo de pólen e de indivíduos, principalmente de fragmentos maiores para menores, auxiliando, portanto, na conservação da diversidade em escala local (CERQUEIRA et al., 2003; DANTAS e ROCHA, 2005).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Área de estudo

Os espécimes de abelhas Euglossini foram coletados na APA do Pratigi, Baixo Sul da Bahia. Estes indivíduos (todos machos) foram capturados entre julho e dezembro de 2013 e maio de 2014, por meio de armadilhas aromáticas de garrafas PET (AGUIAR e GAGLIANONE, 2011).

Composta por ambientes com fitosionomias bem distintas, a APA do Pratigi abrange os municípios de Ituberá, Nilo Peçanha, Igrapiúna, Ibirapitanga e Piraí do Norte, ocupando uma área de 85.686 ha (Figura 1). Como componentes da paisagem, destacam-se os remanescentes de Mata Atlântica classificados como de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Densa de Montana, Floresta Ombrófila Densa de Submontana e de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, encontrados em diversos estágios de conservação, além de áreas de manguezal, restingas e áreas voltadas para o cultivo agrícola.

Sendo uma unidade de uso sustentável, dentro da APA do Pratigi são desenvolvidas principalmente atividades agrícolas, num formato de SAFs (BRASIL, 2004). OS SAFs são definidos por Schoroth et al.,(2004) como um tipo especial de plantio, onde o cultivo agrícola e as árvores arbóreas assumem maior densidade na paisagem. Mundialmente, as espécies agrícolas mais cultivadas em SAFs são o café, a seringueira e o cacau. Com exceção da primeira, as duas espécies citadas são cultivadas na APA do Pratigi. Segundo Daniel et al., (1999), os SAFs expandiram-se por todas as regiões, em especial pelos países em desenvolvimento, justamente para atender às necessidades de evolução dos modos de uso da terra. Esta necessidade contou com o apoio das discussões sobre o desenvolvimento sustentável, que rechaçou uma crise ambiental desencadeada principalmente pela política econômica atual.

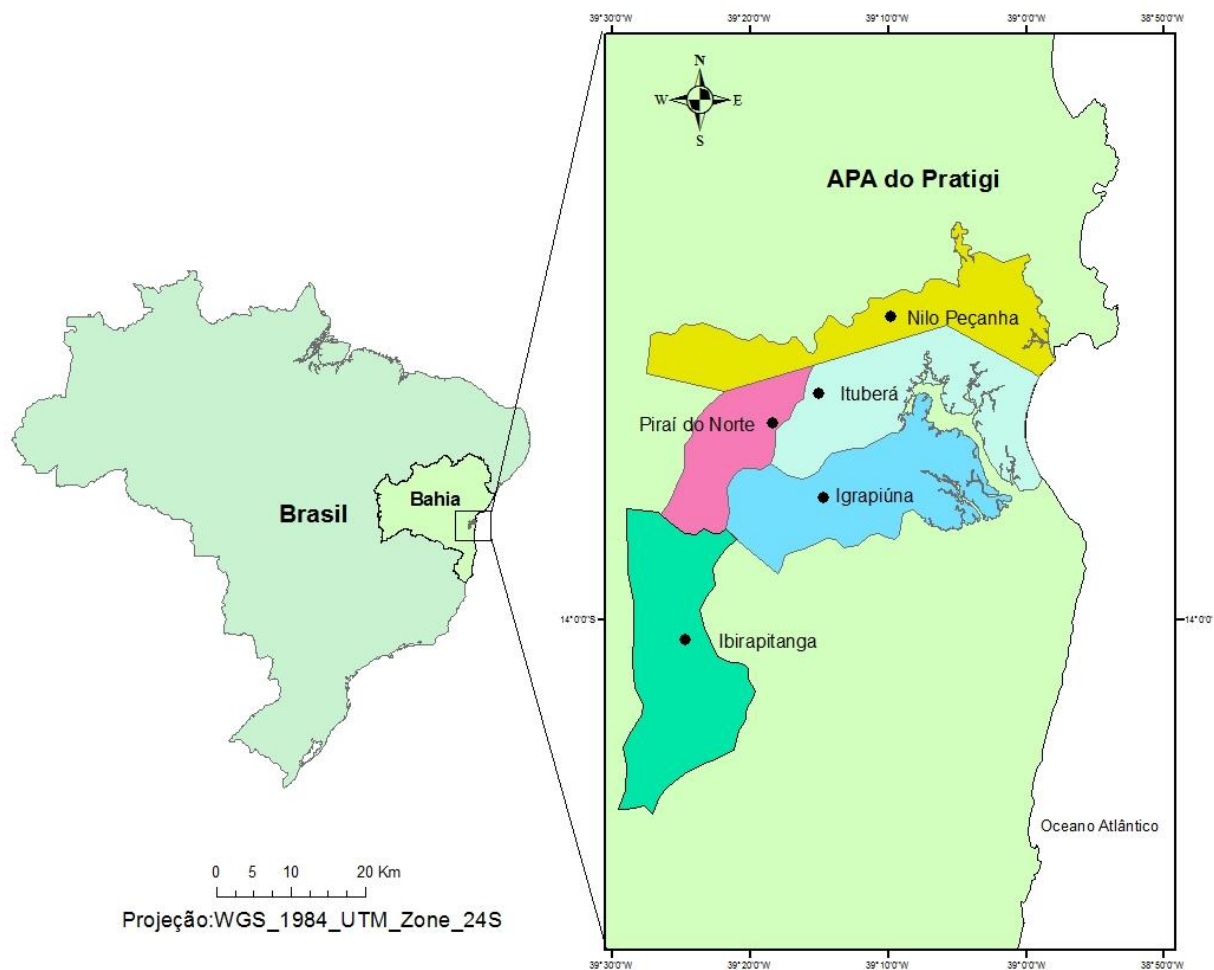


Figura 1- Mapa da APA do Pratigi, localizada na região do Baixo Sul, Bahia, Brasil.

Os pontos de coleta foram distribuídos por três municípios. No município de Ituberá, dois pontos foram definidos, um dentro de um remanescente florestal e um segundo dentro de uma área com SAFs. Em Ibirapitanga, as coletas foram realizadas em dois remanescentes florestais, com diferentes altitudes. Em Igrapiúna, as armadilhas foram montadas no interior de um fragmento de mata. Mais informações sobre cada ponto encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Municípios, informações geográficas e composição da paisagem dos pontos de coleta na APA do Pratigi, Baixo Sul da Bahia, Brasil.

Nome	Município	Coordenadas Geográficas	Altitude (m)	Características da Paisagem
Mata-restinga	Ituberá	13°41'07.3" S / 39°05'18.8" W	71	Floresta Ombrófila Densa, restinga, manguezal e cultivos de piaçava
Mata-planícies	Igrapiúna	13°50'36.7" S / 39°17'21.5" W	230	Floresta Ombrófila Densa de Submontana. Região de planícies com produção de cacau, cravo da índia e pupunha
Mata-morros	Ibirapitanga	13°54'50.4" S / 39°27'23.9" W	470	Morros florestados por Floresta Ombrófila Densa de Submontana e por Floresta Ombrófila Densa de Montana, com nascentes de rios e produção de cacau e borracha (seringueira)
Mata-densa	Ibirapitanga	13°53'51.8" S / 39°27'44.8" W	680	Floresta Ombrófila Densa de Montana
SAF	Ituberá	13°46'55.90"S / 39°16'53.8" W	230	Floresta Ombrófila Densa, cultura cacau-cabruca, seringueira, banana e pastagem

#### 4.2 Espécies estudadas

Com o propósito de avaliar se as características da paisagem influenciam o tamanho e forma da asa das populações de abelhas Euglossini, as espécies *Eg. cordata*, *Eg. ignita* e *El. athleticana* foram selecionadas para compor esta análise. Esta escolha foi motivada pela abundância destas espécies na área de estudo. Estudos como o de Medeiros (2014) e o de Borges (2015), ambos conduzidos na APA do Pratigi, identificaram, após coletas regulares, que estas espécies figuravam entre as mais abundantes na área, independente da estação climática e da estrutura da paisagem.

*Euglossa cordata* (Fig. 2A) é amplamente distribuída pela Mata Atlântica (ROCHA-FILHO e GARÓFALO, 2013; AGUIAR et al., 2015), com ocorrência em

áreas de Cerrado (SILVA, 2012) e de Caatinga (ANDRADE-SILVA et al., 2012). É considerada uma abelha relativamente pequena, 11 mm de comprimento, com poucas cerdas no corpo, de modo que o tegumento verde metálico fica exposto, podendo apresentar também tons de roxo ou acobreado (DRESSLER, 1982).

*Euglossa ignita* (Fig.2B) possui um tegumento verde com tons dourados, apresenta em média 14 mm de comprimento e distribui-se da América Central até o leste do Brasil. Muito abundante nos ecossistemas, esta espécie apresenta preferências por determinados hábitat, ocupando especialmente os ambientes de várzeas quentes e muito úmidos, estando ausentes nos ambientes secos e frios da Mata Atlântica (FARIA JR e MELO, 2007; NEMÉSIO, 2009).

*El. athleticana* (Fig. 2C) é espécie endêmica da Mata Atlântica brasileira, caracteriza-se como uma abelha robusta, apresentando no metassoma muitas cerdas de coloração preta, amarela e marrom e possuem em média 26 mm de comprimento (NEMÉSIO, 2009).



Fonte: Darrault et al. (2006)



Fonte: Arrueta (2000)



Fonte: Nemésio (2009).

Figura 2 - Abelhas Euglossini. A- *Euglossa cordata*; B-*Euglossa ignita*. C-*Eulaema athleticana*.

### 4.3 Análise morfométrica

Selecionamos 423 espécimes para as análises morfométricas (Tabela.2). Estes tiveram a asa direita anterior removida e fixada numa lâmina para microscopia. Uma vez concluída esta etapa, as asas foram fotografadas em estereomicroscópio com câmera acoplada para o estudo dos padrões de venação existente.



Tabela 2-Número de espécimes analisadas em cada ponto de coleta.

Espécies	Mata-restinga	Mata-planícies	Mata-morros	Mata-densa	SAF
<i>Euglossa cordata</i>	30	28	29	28	26
<i>Euglossa ignita</i>	29	29	28	22	32
<i>Eulaema atleticana</i>	31	26	30	26	29

Inicialmente, as imagens foram convertidas para o formato TPS, utilizando o programa tpsUtil 1.60 (ROHLF, 2013), o que permitiu a determinação dos marcos anatômicos, através do programa tpsDig.2 (ROHLF, 2015). Assim, em cada asa dos espécimes de *E. cordata* e *E. ignita* foram plotados 13 marcos e 13 semimarcos anatômicos (Figura. 3 e Figura.4). Na asa de *El. atleticana*, 10 marcos e 15 semimarcos anatômicos foram inseridos (Figura. 5). Estes marcos e semimarcos foram distribuídos ao longo das células das asas, as quais foram nomeadas conforme a proposta de Franco et al. (2012).

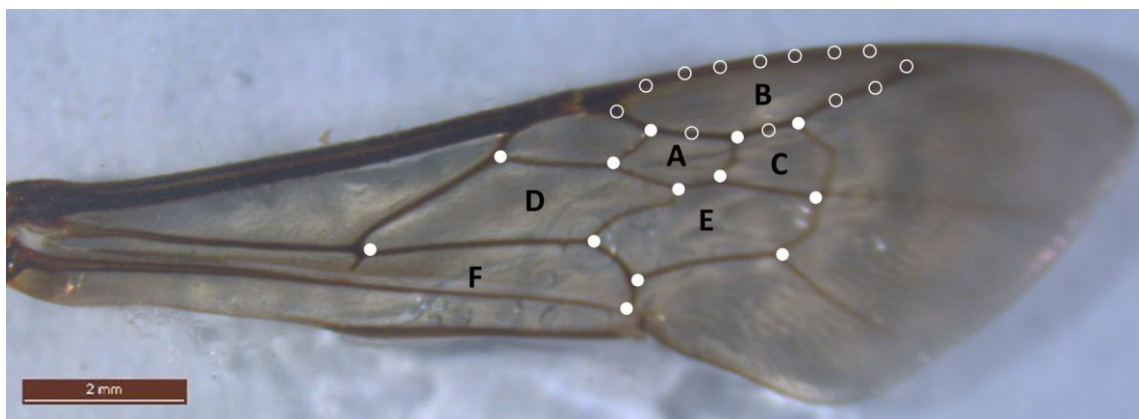


Figura 3- Marcos (pontos) e semimarcos anatômicos (círculos) utilizados para análise do tamanho e da forma da asa de *Euglossa cordata*. As células foram nomeadas como segue: A-2<sup>a</sup> submarginal; B-marginal; C-3<sup>a</sup> submarginal; D- 1<sup>a</sup> medial; E- 2<sup>a</sup> medial; F- 2<sup>a</sup> cubital.

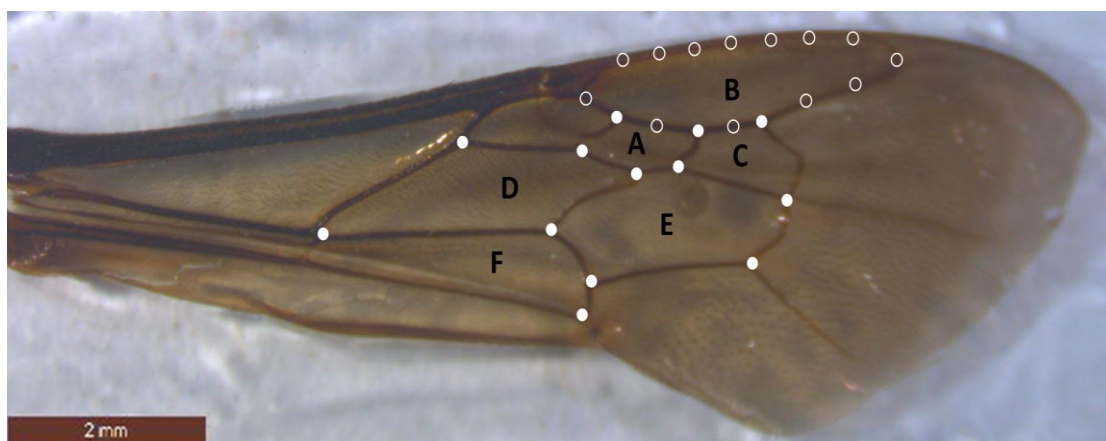


Figura 4- Marcos (pontos) e semimarcos anatômicos (círculos) utilizados para análises do tamanho e da forma da asa de *Euglossa ignita*. As células foram nomeadas como segue: A-2<sup>a</sup> submarginal; B-marginal; C-3<sup>a</sup> submarginal; D- 1<sup>a</sup> medial; E- 2<sup>a</sup> medial; F- 2<sup>a</sup> cubital.

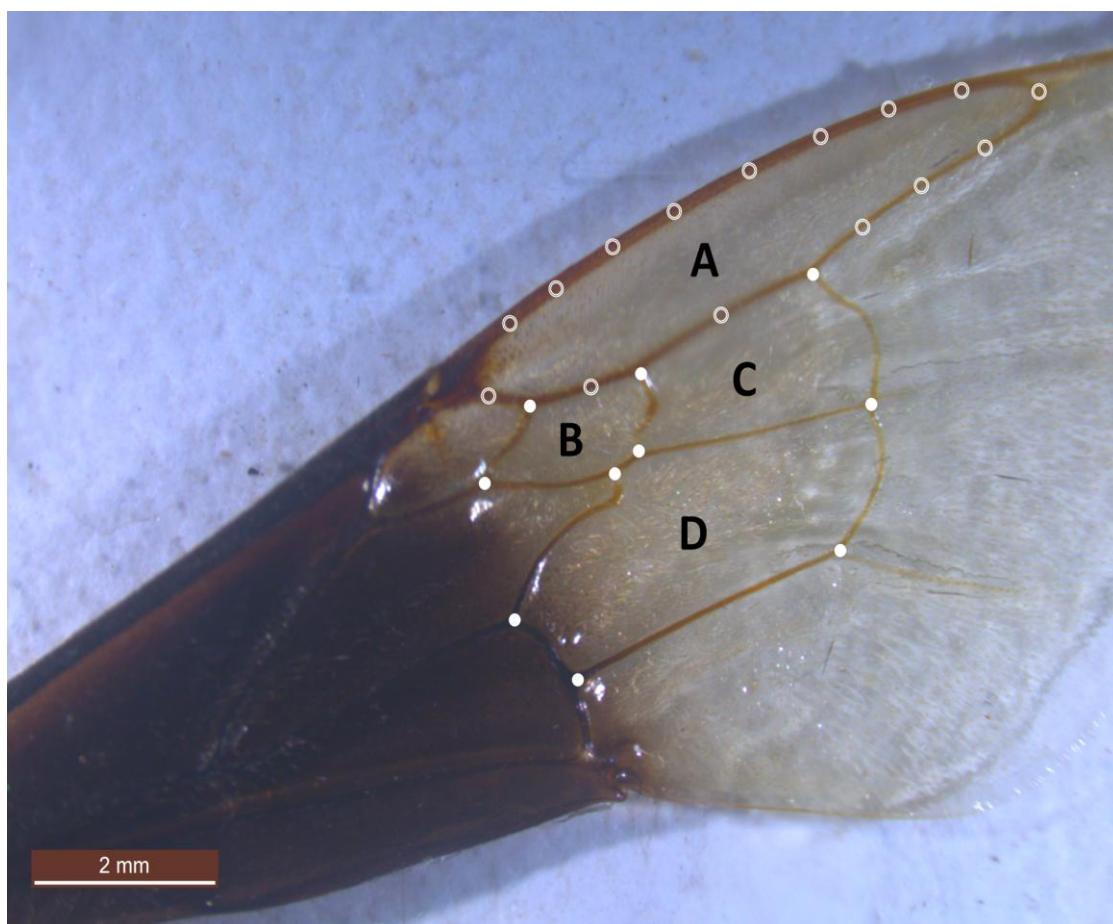


Figura 5- Marcos (pontos) e semimarcos anatômicos (círculos) utilizados para análises do tamanho e da forma da asa de *Eulaema atleticana*. As células foram nomeadas como segue: A-marginal; B-2<sup>a</sup> submarginal; C-3<sup>a</sup> submarginal; D- 2<sup>a</sup> medial.

Os marcos e semimarcos anatômicos definidos em cada asa representam as coordenadas posicionais dispostas num plano cartesiano. Para o alinhamento dos semimarcos, foi utilizado o programa tpsRelw 1.49 (ROHLF, 2010). As análises estatísticas tiveram início com a superposição de Procrustes, que caracteriza-se como um ajuste posicional entre todas as medidas utilizadas e para tanto foi empregado o programa MorphoJ, versão 1.06 (KLINGENBERG, 2008). Desta forma, foi formado um conjunto de dados denominado *partial warps*, os quais foram utilizados para comparar a variância de forma dentro e entre as populações (ADAMS et al. 2004).

Para avaliação do grau de variância da forma da asa entre grupos previamente identificados, foi empregado o método estatístico de Análise de Variáveis Canônicas (AVC) e a Distância de Procrustes. Posteriormente, foi realizada a classificação dos indivíduos de cada grupo (MINGOTI, 2005), bem como uma avaliação da precisão com que os espécimes eram alocados em seus respectivos grupos, a partir de uma comparação par a par. Para tanto, foi realizada a Análise Discriminante seguida da Análise de Validação Cruzada, respectivamente. Todas estas análises foram realizadas no programa MorphoJ, versão 1.06 (KLINGENBERG, 2008).

Além disso, a média dos valores referentes à forma foi utilizada para estimar o grau de similaridade entre os grupos analisados, através da Análise de Agrupamento pelo método *Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Mean* (UPGMA). Esta análise foi realizada no programa PAST versão 2.17 (HAMMER et al., 2001) e os resultados foram representados na forma de um dendrograma.

Para avaliação do tamanho da asa, foram utilizados os dados referentes ao tamanho do centróide, que consiste numa medida geométrica, definida a partir da raiz quadrada do somatório da distância ao quadrado de cada marco anatômico a partir do centro da forma (MONTEIRO e REIS, 1999). Subsequentemente, os valores obtidos foram submetidos a uma Análise de Variância (ANOVA) e ao Teste de Tukey e no programa PAST.

#### 4.4 Caracterização da paisagem

Esta fase consistiu no levantamento de métricas da paisagem referentes a uma área com raio de 5 km em torno de cada ponto de coleta, utilizando a extensão V\_LATE 2.0 do programa Arcgis 10. Estas métricas foram detalhadas a partir de quatro índices: 1) Área total; 2) Total de core area (áreas centrais), foi adotado 100m como área sujeita ao efeito de borda; 3) tamanho médio dos fragmentos e 4) Área total de borda (MCGARIGAL e ENE, 2013). Estes índices foram selecionados porque descrevem as particularidades dos remanescentes de mata da região. Para tanto, foi construído mapas de uso e cobertura do solo das áreas amostradas, mediante o aproveitamento de dados em formato *shape file* produzidos pela OCT (2012).

Posteriormente, estas métricas foram correlacionadas com os valores das distâncias de Procrustes e o tamanho do centróide de cada espécie, através do teste de Mantel, método estatístico presente no programa PAST, utilizado para a correlação de duas matrizes de distância ou similaridade (HAMMER et al.,2001).

Estas correlações auxiliaram o levantamento de inferências sobre os fatores que podem estar contribuindo para a existência de diferenças morfométricas entres as populações analisadas. Esta constatação pode reforçar a hipótese do trabalho, a qual admite que as áreas com predomínio de SAFs constituem áreas seletivas para as abelhas *Euglossini*.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Variação na forma da asa- *Euglossa cordata*

Na Análise de Variável Canônica (AVC) aplicada às populações de *E. cordata* foram necessárias as três primeiras variáveis canônicas para explicar mais de 80% da variação total (Tabela 3).

Tabela 3-Variáveis canônicas, autovalores, variância e variância acumulada, obtidas para as populações de *Euglossa cordata*.

<i>Euglossa cordata</i>			
Variáveis canônicas	Autovalores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	1,20986249	36,804	36,804
2	0,84754030	25,782	62,586
3	0,67922743	20,662	83,248
4	0,55067877	16,752	100,000

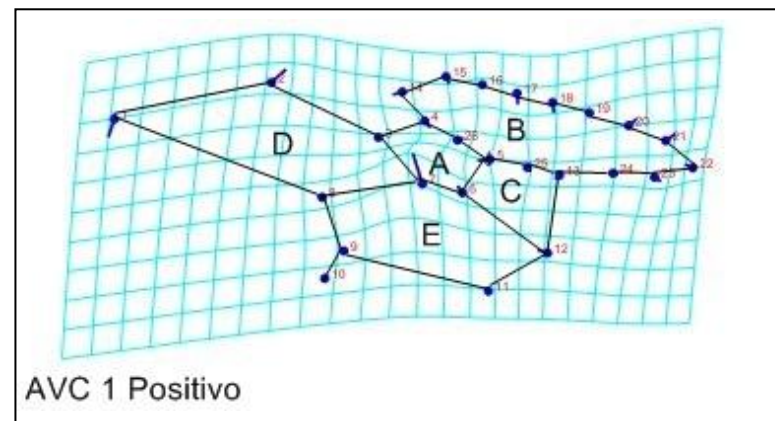
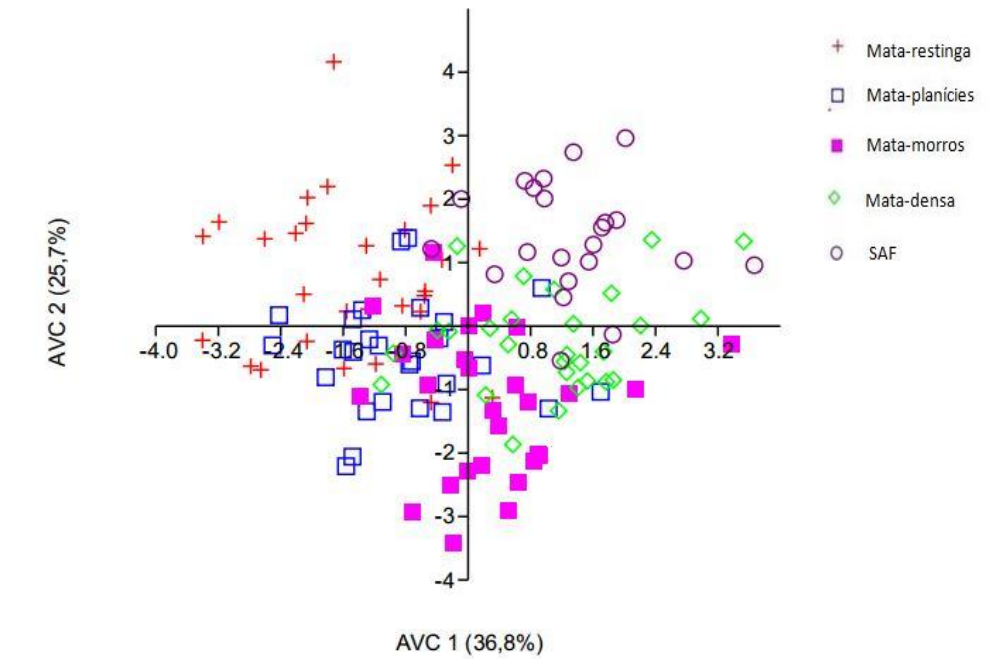
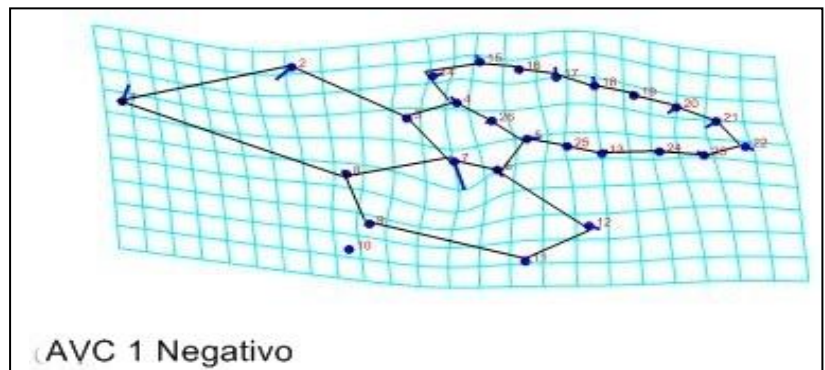
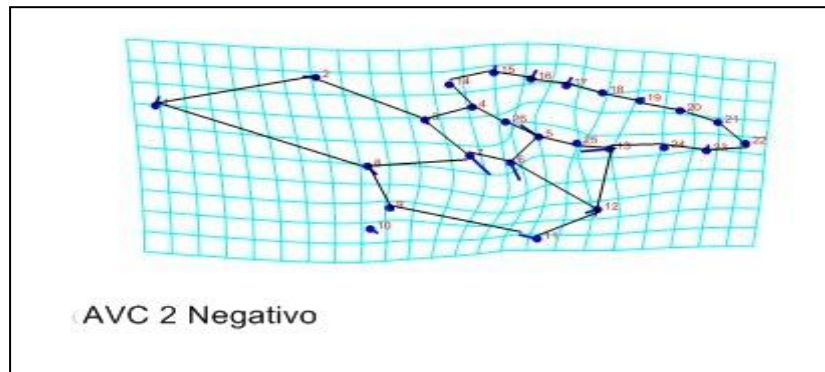
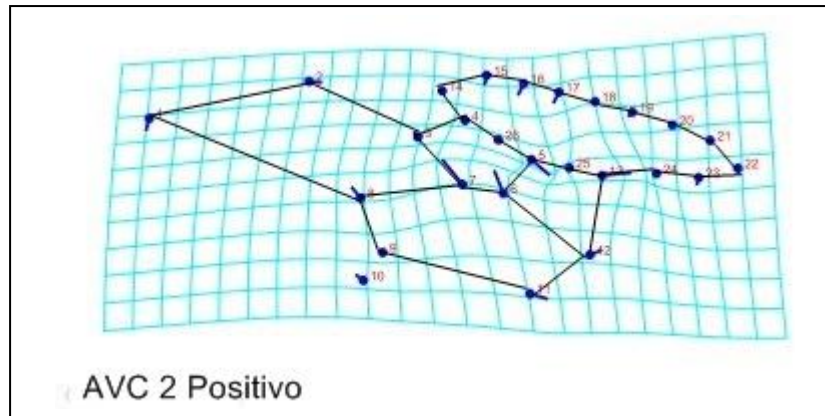
O gráfico de dispersão (Figura 6), projetado nos eixos das variáveis canônicas CV1 e CV2, demonstrou que há diferenças entre os conjuntos populacionais analisados. Assim, o eixo AVC 1 separou a população do SAF da população da Mata-restinga, o que representou 36,8% da variação. No eixo AVC 2, houve a separação das populações do SAF e da Mata-morros, correspondendo a 25,7% da variação. Ainda no gráfico de dispersão, verificou-se que a população do SAF foi a que mais se manteve distante das demais, o que ficou evidenciado a partir dos valores das distâncias de Procrustes (Tabela 4).

Com relação às grades de deformação, estas demonstram que as mudanças identificadas no formato da asa estão associadas à célula da 2ª submarginal, no eixo AVC 1 positivo, sendo visível um aumento dessa região. Enquanto o eixo AVC 2

demonstra que a variação se concentrou entre as células centrais da asa, apresentando um alargamento da célula da 2ª submarginal e redução da 3ª submarginal.

A análise discriminante seguida da validação cruzada não confirmaram, ao nível de 5%, as diferenças apontadas pela AVC. Para as diferenças apontadas pelo AVC 1, a análise de validação cruzada entre a população do SAF e da Mata-restinga classificou em média 41% dos indivíduos nos seus respectivos grupos, enquanto a comparação entre a população do SAF e da Mata-planícies classificou em média 58,7 % dos indivíduos no seu grupo correspondente. Para as diferenças apontadas pelo AVC 2, a análise discriminante entre o SAF e Mata-morros classificou apenas 50% dos indivíduos como pertencente a cada grupo.

Cabe destacar que algumas populações nos dois eixos canônicos apresentaram pouca diferença, no entanto, na análise de validação cruzada, foram encontradas diferenças significativas. Esta constatação refere-se às comparações entre as populações da Mata-planícies e Mata-morros ( $p=0,0079$ ), com taxa média de acerto de 72,7%. O mesmo aconteceu com a comparação entre as populações da Mata-morros e Mata-densa ( $p=0,0292$ ), que 75% dos indivíduos foram classificados corretamente.



A-2ª submarginal  
 B-marginal  
 C-3ª submarginal  
 D-1ª medial  
 E-2ª medial

Figura 6-Gráfico de dispersão das cinco populações de *Euglossa cordata* em relação às variáveis canônicas AVC 1 e AVC 2, dispostas num plano cartesiano, obtidas a partir da forma da asa. As grades de deformações, ao redor do gráfico, representam as conformações das nervuras alares presumíveis para cada indivíduo.

De acordo com os valores das distâncias de Procrustes (Tabela 4), foi possível observar que a maior diferença morfológica ocorreu entre as populações do SAF e da Mata-morros, com valor de distância de 0,0102, enquanto que as populações da Mata-restinga e Mata-morros demonstraram maior grau de semelhança morfológica, com valor de distância de 0,0066. Estas relações podem ser visualizadas no dendrograma (Figura 7), o qual demonstrou que a população do SAF apresentou diferenças morfológicas significativas, já que foi agrupada em um ramo isolado, com valor de confiança de 100%.

Tabela 4- Distâncias de Procrustes (metade inferior da matriz) e valores de permutação (metade superior da matriz) entre as populações de *Euglossa cordata*, calculadas a partir dos dados das variáveis canônicas ( $p < 0,005$ ).

Localidade	Mata-restinga	Mata-planícies	Mata-morros	Mata-densa	SAF
<b>Mata -restinga</b>		0,3308	0,5641	0,0423	0,0642
<b>Mata-planícies</b>	0,0070		0,2862	0,0279	0,0167
<b>Mata-morros</b>	<b>0,0066</b>	0,0070		0,0497	0,0106
<b>Mata-densa</b>	0,0084	0,0082	0,0083		0,0198
<b>SAF</b>	0,0089	0,0094	<b>0,0102</b>	0,009	



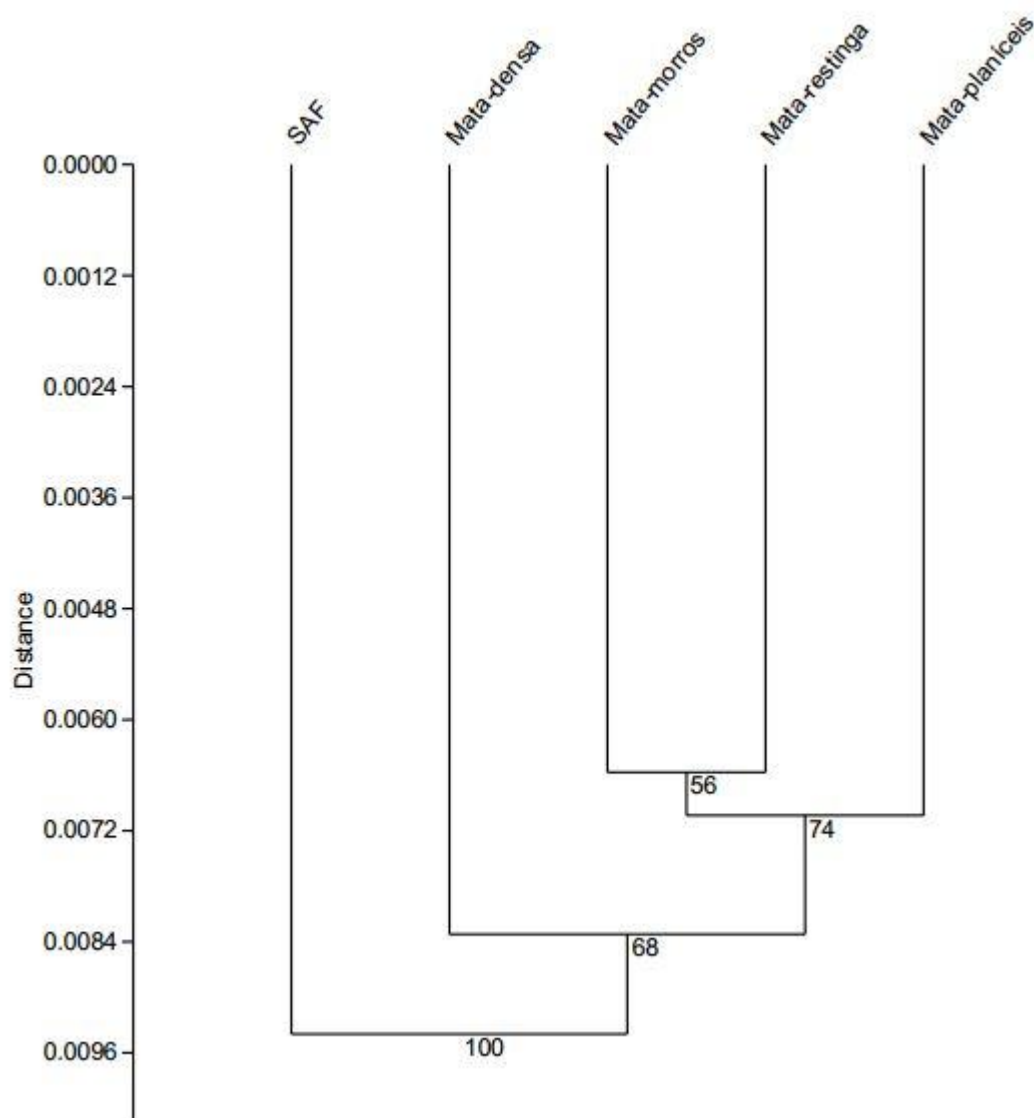


Figura 7 – Dendrograma gerado pelo UPGMA, obtido a partir da média dos valores de forma da asa de *Euglossa cordata*, com correlação cofenética de 95%.

Por outro lado, a análise discriminante e a validação cruzada, entre as populações com maior distância de Procrustes, SAF e Mata-planíceis, não encontraram diferenças significativas entre estas ( $p=0,4015$ ), sendo que apenas 50% dos espécimes foram classificados corretamente.

## 5.2 Variação na forma da asa- *Euglossa ignita*

Para as populações de *Eg. ignita*, foram necessárias as três primeiras variáveis canônicas para explicar mais de 80% da variação (Tabela 5).

Tabela 5-Variáveis canônicas, autovalores, variância e variância acumulada obtidas para as populações de *Euglossa ignita*.

<i>Euglossa ignita</i>			
Variáveis Canônicas	Autovalores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	0,90882481	34,087	34,087
2	0,76625141	28,740	62, 827
3	0,59702196	22,392	85, 219
4	0,39408947	14,781	100,000

O gráfico de dispersão (Figura 8) demonstrou que a população do SAF é o que apresenta menor similaridade morfológica com as outras populações, apresentando a maioria dos indivíduos isolados das demais populações. Assim, o eixo AVC1 evidenciou que as populações da Mata-morros e do SAF se diferenciam, enquanto que o eixo AVC 2 separa as populações da Mata-restinga e Mata-densa da população do SAF.

A grade de deformação do eixo AVC1 positivo mostrou que as diferenças estão concentradas no final da célula marginal, que apresentou uma redução, enquanto o eixo AVC2 positivo identificou uma redução da célula da 2ª submarginal (Figura 8).

Por sua vez, a análise discriminante seguida da validação cruzada entre estes grupos não revelaram a existência de diferença significativa. Assim, a comparação entre as populações da Mata-morros e do SAF ( $p=0,5174$ ) classificou em média 46, 54% dos espécimes nos seus respectivos grupos. Já a comparação entre Mata-restinga e SAF ( $p=0,2025$ ) classificou em média 59% dos indivíduos nos seus respectivos grupos. Ademais, a comparação entre as populações da Mata-densa e do SAF ( $p=0,4189$ ) classificou em média 59,5 dos espécimes corretamente.

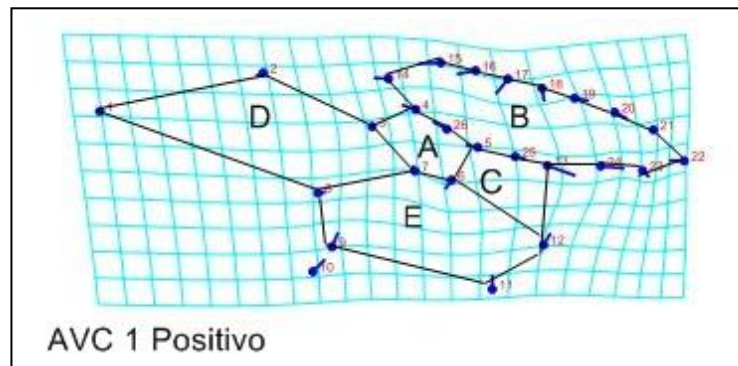
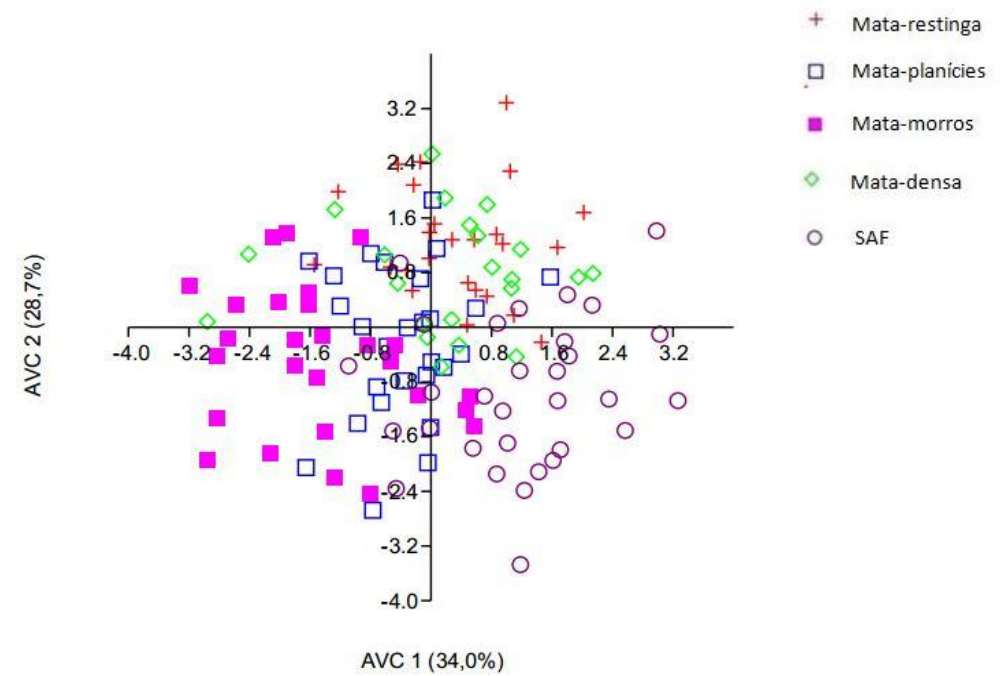
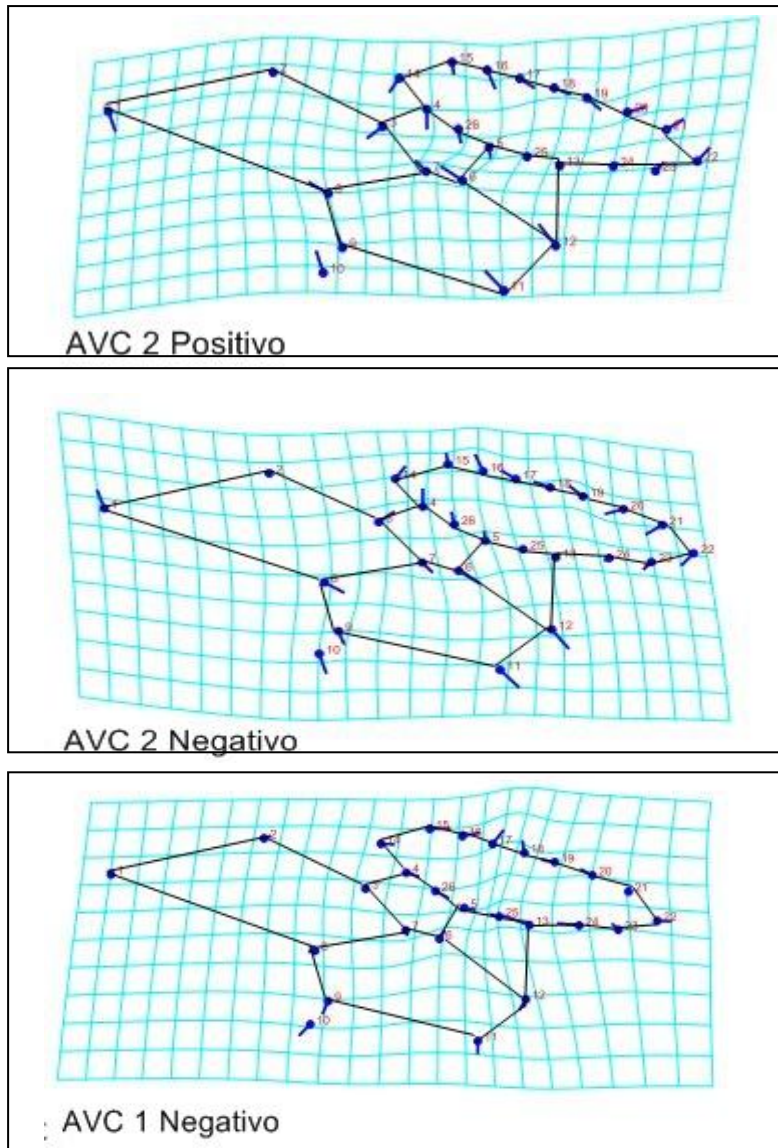


Figura 8- Gráfico de dispersão das cinco populações de *Euglossa ignita* em relação às variáveis canônicas AVC 1 e AVC 2, dispostas num plano cartesiano, obtidas a partir da forma da asa. As grades de deformações, ao redor do gráfico, representam as conformações das nervuras alares presumíveis para cada indivíduo.

Analisando os valores das distâncias de Procrustes (Tabela 6), observou-se que a maior distância de forma ocorreu entre as populações da Mata-densa e do SAF, com valor de distância de 0,0110, e a maior similaridade morfológica entre as populações da Mata-restinga e do SAF. Estas relações foram representadas no dendrograma (Figura 9). Neste foi possível verificar que as populações da Mata-restinga e da Mata-densa são significativamente diferentes das demais.

Tabela 6- Distâncias de Procrustes (metade inferior da matriz) e valores de permutação (metade superior da matriz) entre as populações de *Euglossa ignita*, calculadas a partir dos dados das variáveis canônicas ( $p < 0,005$ ).

Localidade	Mata-restinga	Mata-planícies	Mata-morros	Mata-densa	SAF
<b>Mata-restinga</b>		0,0433	0,0604	0,9425	0,149
<b>Mata-planícies</b>	0,0092		0,5282	0,0124	0,1666
<b>Mata-morros</b>	0,0084	0,0062		0,0464	0,0535
<b>Mata-densa</b>	<b>0,0056</b>	0,0109	0,0091		0,0253
<b>SAF</b>	0,0086	0,0083	0,0090	<b>0,0110</b>	

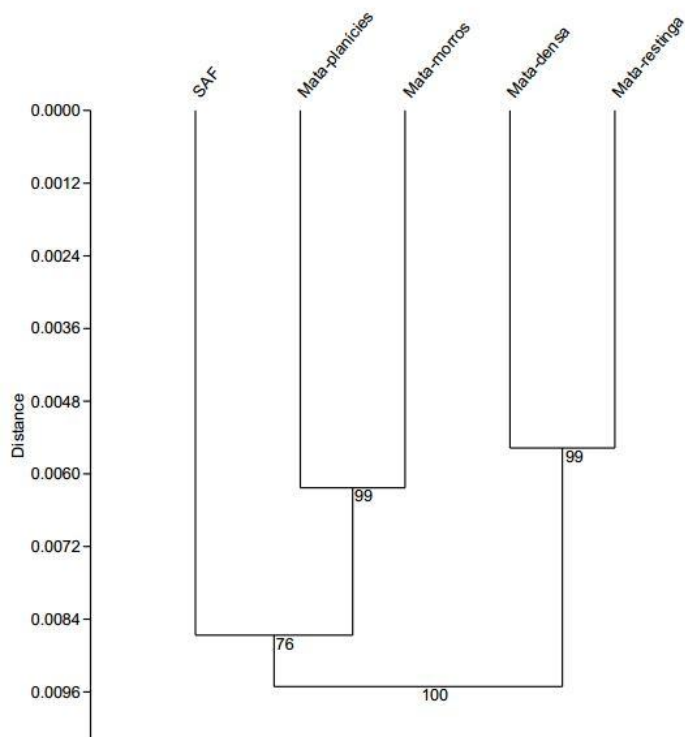


Figura 9- Dendrograma gerado pelo UPGMA, obtido a partir da média dos valores de forma de *Euglossa ignita*, com correlação cofenética de 86%.

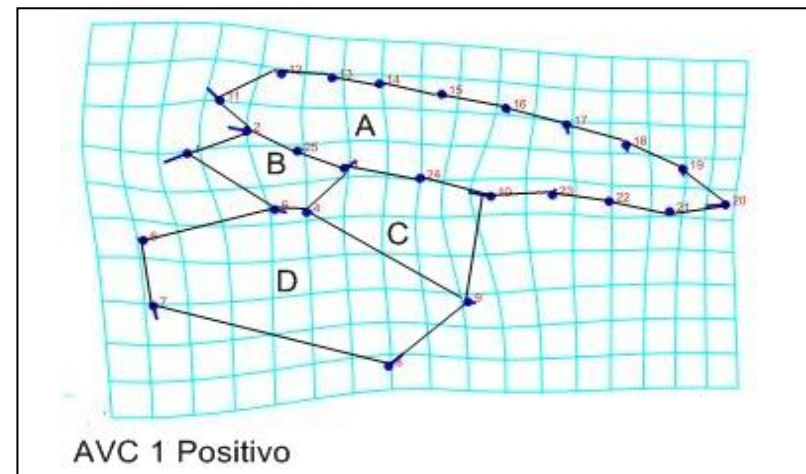
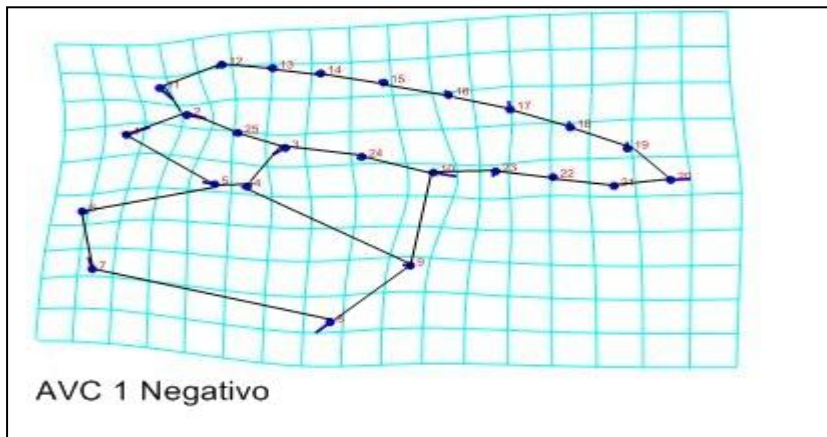
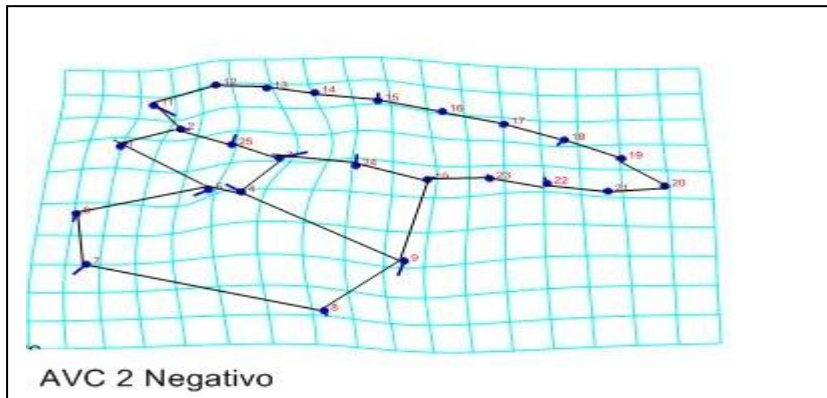
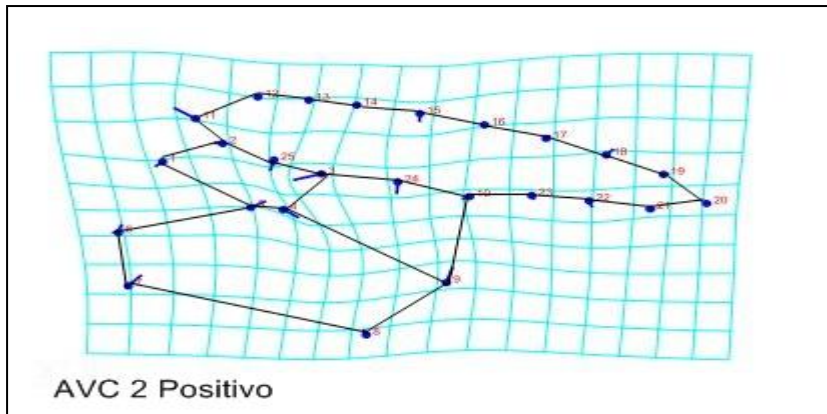
### 5.3 Variação na forma da asa- *Eulaema athleticana*

Para as populações de *El. athleticana*, foram necessárias as três primeiras variáveis canônicas para explicar mais de 80% da variação (Tabela 7).

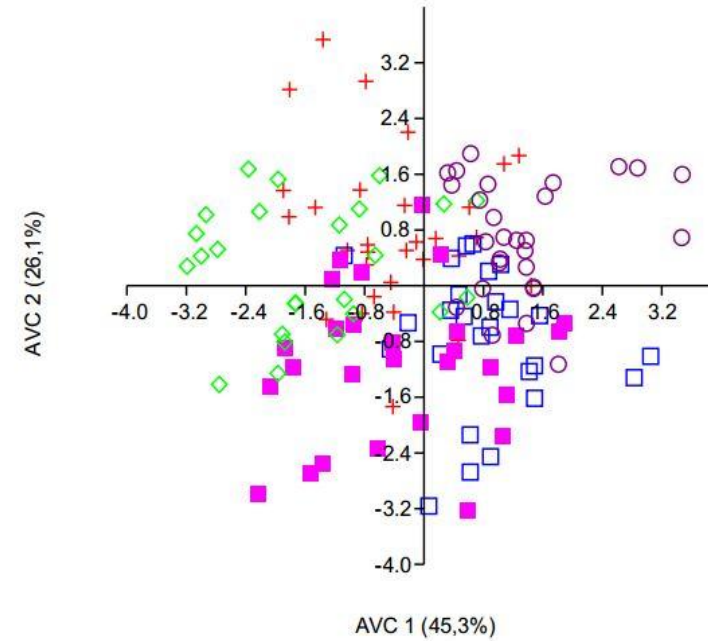
Tabela 7-Variáveis canônicas, autovalores, variância e variância acumulada obtidas para as populações de *Eulaema athleticana*

<i>Eulaema Athleticana</i>			
Variáveis canônicas	Autovalores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	1,10519617	45,367	45,367
2	0,63791312	26,185	71,552
3	0,39947179	16,398	87,950
4	0,29356236	12,050	100,000

O gráfico de dispersão (Figura 10) para as populações de *El. athleticana* revelou no eixo AVC 1 que as populações da Mata-restinga e Mata-densa se distinguem das populações da Mata-planícies e do SAF. Por sua vez, o eixo AVC 2 demonstrou que a população do SAF se distingue da população do Mata-planícies. Contudo, estes resultados não foram confirmados pela Análise Discriminante seguida da validação cruzada. Por exemplo, a comparação as populações da Mata-planícies e Mata-densa, classificou apenas 56,8% dos espécimes, respectivamente. As grades de deformações do eixo AVC 1 positivo revelou um aumento da célula da 2ª submarginal e uma redução das células marginal e a 3ª submarginal, enquanto o eixo AVC 2 positivo apresentou uma redução da 2ª submarginal (Figura 10).



- + Mata-restinga
- Mata-planícies
- Mata-morros
- ◇ Mata-densa
- SAF



- A-marginal
- B-2ª submarginal
- C-3ª submarginal
- D- 2ª medial

Figura 10- Gráfico de dispersão das cinco populações de *Eulaema atleticana* em relação às variáveis canônicas AVC 1 e AVC 2, dispostas num plano cartesiano, obtidas a partir da forma da asa. As grades de deformações, ao redor do gráfico, representam as conformações das nervuras alares presumíveis para cada indivíduo.

Com base nas distâncias de Procrustes (Tabela 8), verificou-se que a maior diferença de forma ocorreu entre as populações da Mata-planícies e Mata-morros, com valor de distância de 0,0076, sendo que o mesmo valor de distância ocorreu para a comparação entre as populações da Mata-densa e do SAF. Já os espécimes coletados na Mata-restinga e Mata-densa tiveram maior proximidade, com valor de distância de 0,0040. Estas relações também foram representadas a partir da análise de UPGMA (Figura 11).

Tabela 8- Distâncias de Procrustes (metade inferior da matriz) e valores de permutação (metade superior da matriz) entre as populações de *Eulaema atleticana*, calculadas a partir dos dados das variáveis canônicas ( $p < 0,005$ ).

Localidade	Mata-restinga	Mata-planícies	Mata-morros	Mata-densa	SAF
<b>Mata-restinga</b>		0,6614	0,2666	0,9622	0,4182
<b>Mata-planícies</b>	0,0052		0,0294	0,4052	0,1702
<b>Mata-morros</b>	0,0060	<b>0,0076</b>		0,1117	0,0353
<b>Mata-densa</b>	<b>0,0040</b>	0,0060	0,0067		0,0357
<b>SAF</b>	0,0058	0,0065	0,0071	<b>0,0076</b>	

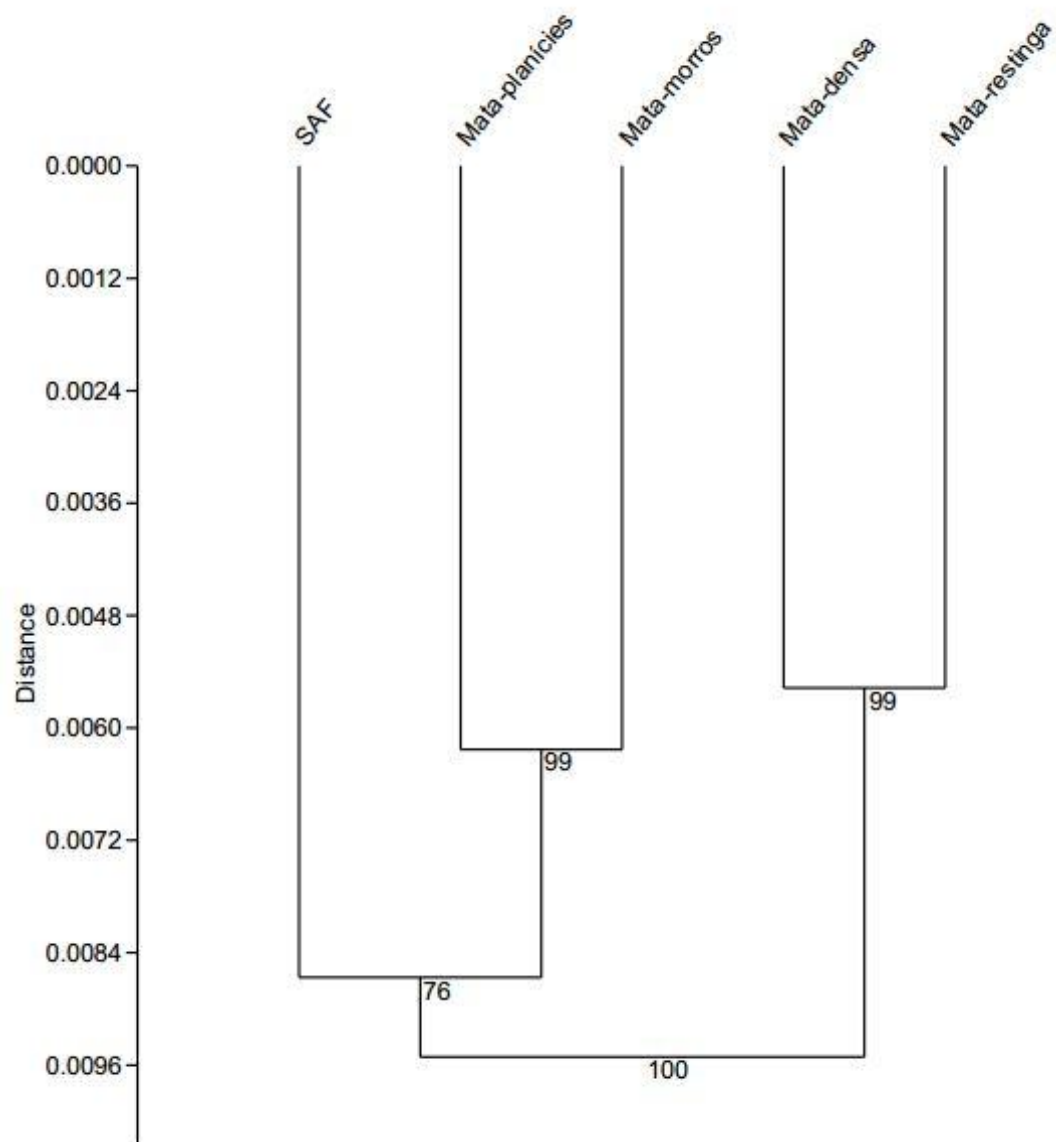


Figura 11- Dendrograma gerado pelo UPGMA, obtido a partir da média dos valores de forma de *Eulaema atleticana*, com correlação cofenética de 83%.



#### 5.4 Variação no tamanho da asa

A ANOVA para o tamanho da asa, calculada a partir dos valores do tamanho do centróide, foi significativa apenas para as populações de *E.ignita* (ANOVA:  $F= 5,923$  e  $p= 0,00045$ ). Pelo teste de Tukey, a população da Mata-morros difere da população da Mata-densa ( $p=0,02004$ ) e também do SAF ( $p=0,001351$ ).

Com base no gráfico (intervalo de confiança 95%) (Figura 12), foi possível verificar que o maior intervalo de variação foi identificado para as populações da Mata-densa e do SAF, enquanto o menor intervalo de variação foi observado para a população da Mata-morros.

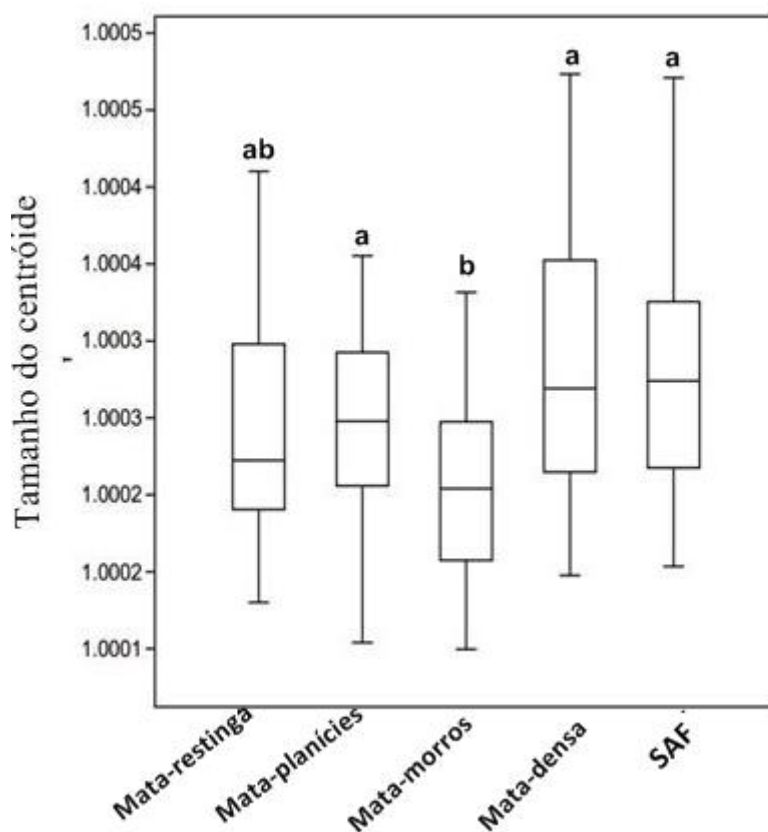


Figura 12-Diagrama Box-plot para o tamanho do centróide de *Euglossa ignita*. As linhas horizontais representam as medianas, os retângulos representam o intervalo interquartil (25-75%), enquanto as linhas verticais informam os intervalos de variação. . Pelo teste de Tukey, letras iguais não diferem estatisticamente entre si.

### 5.5 Caracterização da Paisagem

O levantamento do uso e ocupação ao redor dos pontos de coleta, num raio de 5 km, demonstrou que a Mata-restinga (Figura 13; Tabela 9) possui a maior área com remanescentes de mata e também os maiores fragmentos, esses têm em média 536,7 hectares. Já as áreas voltadas para as atividades antrópicas ocupam apenas 5% da área, que é caracterizada pela presença de outros ecossistemas, tais como manguezais e restingas. A Mata-planícies possui a segunda maior área de mata, porém quase 40% da área é ocupada por atividades agrícolas (pasto, cacau e outros cultivos) (Figura 13; Tabela 9). Com relação ao tamanho dos fragmentos, estes possuem em média 148,5 hectares.

Para o ponto Mata-morros (Figura 13; Tabela 9), identificou-se que as áreas ocupadas por atividades antrópicas somam 52,96% da área total. Na Mata-densa, o espaço voltado para as atividades agrícolas somam 56,2%, enquanto os remanescentes florestais somam 43,45%. Ao redor do SAF, o espaço das atividades agrícolas ocupam a 49,4% da área total, enquanto a área de remanescentes florestais somam 50%.

Por sua vez, as métricas dos remanescentes florestais (Tabela 10) identificaram que a quantidade de área centrais dos fragmentos é baixa, quando comparada com a área ocupada pelos fragmentos, esta constatação evidencia a susceptibilidade destes espaços ao efeito de borda.

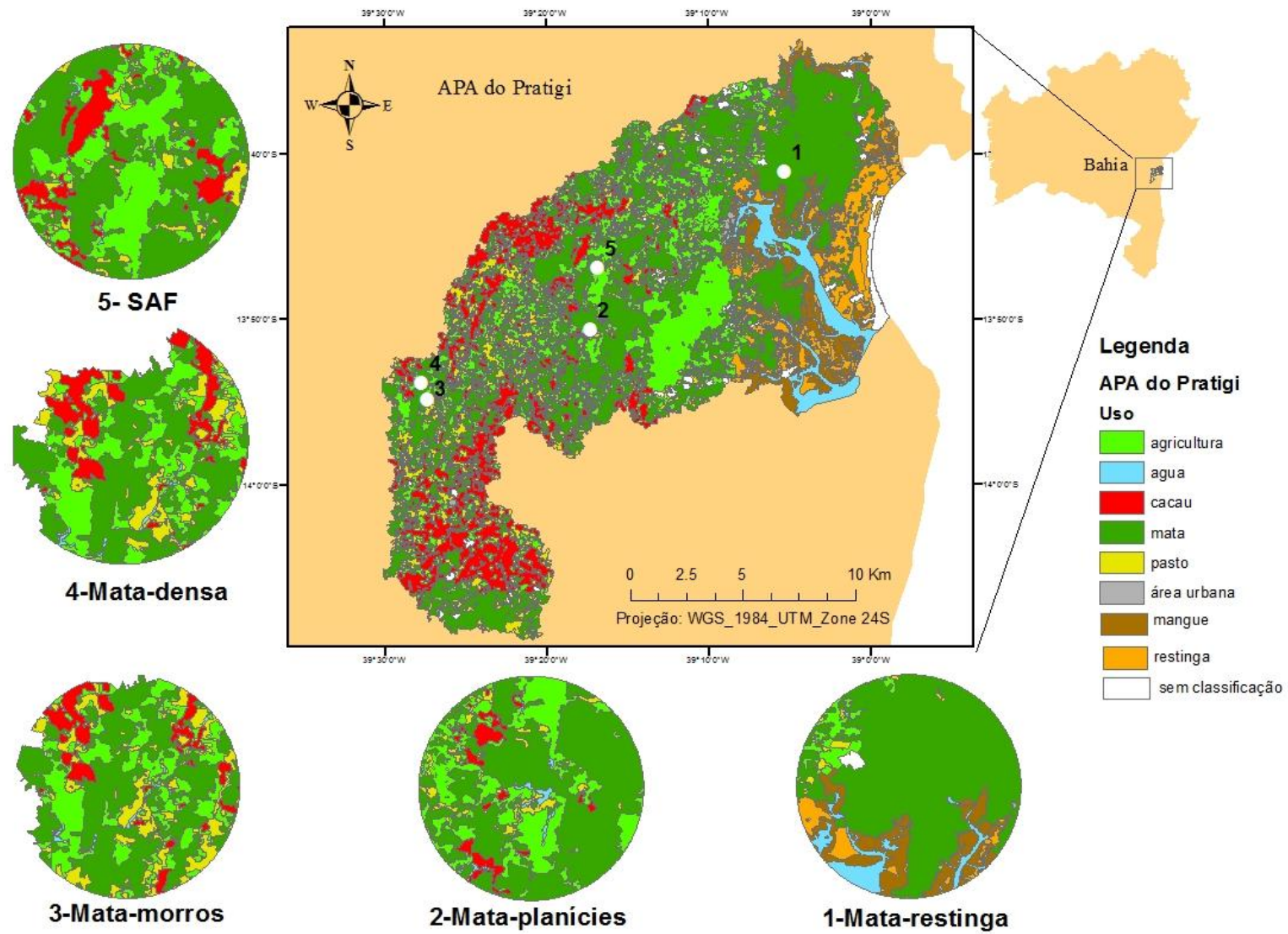


Figura 13- Mapa de uso e ocupação do solo da APA do Pratigi, Baixo Sul, Bahia, Brasil.

Tabela 9- Uso e ocupação do solo de um raio de 5 Km em torno de cada ponto de coleta.

<b>Mata-restinga</b>			
<b>Classes</b>	<b>Área total (ha)</b>	<b>Tamanho médio das manchas (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Agricultura	359,7	31,7	4,57
Água	528,8	131,2	6,73
Área urbana	4,76	4,7	0,05
Mangue	1.130	51,35	14,38
Mata	5.367	536,7	68,33
Pasto	97,09	7,468	1,23
Restinga	321,2	29,5	4,08
Sem classificação	59,0	59,0	0,75
<b>Total</b>	<b>7.854</b>		<b>100,00</b>
<b>Mata-planícies</b>			
Agricultura	2.219	46,23	28,25
Água	131,9	4,88	1,67
Área urbana	3,123	3,12	0,03
Cacau	414,3	21,8	5,27
Mata	4.753	148,5	60,51
Pasto	333,0	6,52	4,23
<b>Total</b>	<b>7.854</b>		<b>100,00</b>
<b>Mata-morros</b>			
Agricultura	2.048	30,12	27,4
Água	82,41	2,57	1,10
Cacau	753,7	34,26	10,10
Mata	3.420	142,5	45,86
Pasto	1.153	16,96	15,46
<b>Total</b>	<b>7.457</b>		<b>100,00</b>
<b>Mata-densa</b>			
Agricultura	1.747	30,12	28,46
Água	81,25	2,90	1,32
Cacau	813,4	45,19	13,25
Mata	2.667	106,7	43,45
Pasto	828,3	14,79	13,49
<b>Total</b>	<b>6.137</b>		<b>100,00</b>
<b>SAF</b>			
Agricultura	2.502	20,39	31,84
Água	40,35	2,24	0,51
Cacau	937,4	37,50	11,93
Mata	3.928	178,5	50
Pasto	448,3	7,47	5,70
<b>Total</b>	<b>7.856</b>		<b>100,00</b>

Tabela 10- Métricas da paisagem referentes aos remanescentes florestais da área ao redor de cada ponto de coleta.

Pontos	Área total (ha)	Área total de borda (m)	Total de área core (ha)
Mata-restinga	5.367	11.549	4.481
Mata-planícies	4.753	227.355	3.096
Mata-morros	3.420	215.323	1.807
Mata-densa	2.667	175.229	1.373
SAF	3.928	236.364	2.208

## 5.6 Teste de Mantel

Os resultados do Teste de Mantel (Tabela 11) demonstraram que a altitude não é um fator determinante para as diferenças na forma e no tamanho da asa das três espécies, mesmo sendo uma característica geográfica que varia significativamente na área de estudo. Por outro lado, o tamanho e a forma da asa de duas espécies apresentaram correlação com as métricas da paisagem. O tamanho e a forma da asa de *Eg. cordata* apresentaram correlação com o tamanho médio do fragmento e com o total de área core.

A forma da asa de *El. athleticana* apresentou correlação com o tamanho médio do fragmento e com o total de área core, enquanto o tamanho da asa apresentou correlação com o tamanho médio do fragmento, com o total de área core e com a área total de remanescentes florestais.

Tabela 11- Teste Mantel usado para comparar as matrizes de dados ambientais e dados morfométricos de forma e tamanho da asa de *Euglossa cordata*, *Euglossa ignita* e *Eulaema atleticana*, com 5000 permutações.

Comparação de matrizes	R	P
<b><i>Euglossa cordata</i></b>		
Forma X Altitude	0,04113	0,0991
Tamanho X Altitude	0,02437	0,1984
Forma X Tamanho médio do fragmento	0,1121	0,0053*
Tamanho X Tamanho médio do fragmento	0,1296	0,0085*
Forma X Total de área core	0,07339	0,0104*
Tamanho X Total de área core	0,08407	0,0116*
Forma X Área total de mata	0,03031	0,0895
Tamanho X Área total de mata	0,03984	0,0639
<b><i>Euglossa ignita</i></b>		
Forma X Altitude	0,0009	0,5081
Tamanho X Altitude	0,01214	0,6051
Forma X Tamanho médio do fragmento	-0,02769	0,7013
Tamanho X Tamanho médio do fragmento	-0,05395	0,8706
Forma X Total de área core	-0,0304	0,7982
Tamanho X Total de área core	-0,0531	0,937
Forma X Área total de mata	-0,0078	0,5873
Tamanho X Área total de mata	-0,03372	0,8538
<b><i>Eulaema atleticana</i></b>		
Forma X Altitude	0,1579	0,3019
Tamanho X Altitude	0,0378	0,1442
Forma X Tamanho médio do fragmento	0,0804	0,0339*
Tamanho X Tamanho médio do fragmento	0,1151	0,0164*
Forma X Total de área core	0,0627	0,0285*
Tamanho X Total de área core	0,0885	0,0116*
Forma X Área total de mata	0,0375	0,0883
Tamanho X Área total de mata	0,0542	0,0349*

\*Valores de  $p < 0,05$  foram considerados significativos

## 6 DISCUSSÃO

As análises morfométricas demonstraram que a forma da asa das três espécies varia significativamente entre as paisagens analisadas principalmente entre os indivíduos coletados dentro do SAF. Esta constatação reafirma as hipóteses do trabalho de que as populações de *Eg. cordata*, *Eg. ignita* e *El. atleticana* apresentam traços morfológicos particulares nas diferentes paisagens e que áreas com predomínio de SAF constituem ambientes seletivos para estas populações.

Dellicour et al. (2017) apontaram que fatores ambientais isolados, tais como a altitude, precipitação e temperatura não influenciam significativamente a forma da asa das abelhas, assim as variações encontrados na forma pode ser devido à fragmentação, tipo de paisagem, seleção sexual ou variabilidade genética.

Segundo Richards e Packer (1996), tanto a forma quanto o tamanho das abelhas provavelmente refletem a influência de barreiras geográficas e sazonais dos ambientes, logo as alterações na morfologia da asa de espécies ou populações podem estar relacionadas com os custos e benefícios envolvidos nos padrões de dispersão nos ambientes (VAN DICK, 1999).

Vandewoestijne e Van Dick (2011) consideram que em ambientes que passaram por mudanças, os indivíduos têm duas alternativas: 1) migrar ou 2) ajustar-se ao ambiente através de adaptação genética ou plasticidade fenotípica. Sendo assim, a plasticidade fenotípica pode justificar as alterações na forma da asa encontradas para os indivíduos coletados dentro do SAF. Segundo Reed et al. (2011), a plasticidade fenotípica é favorecida em ambientes que são heterogêneos no tempo e no espaço. Os SAFs e outras mudanças na paisagem são capazes de gerar estas alterações, uma vez que parte da vegetação é retirada para a colocação de espécies agrícolas, que alteram a configuração da paisagem.

Para as abelhas Euglossini, as quais são dependentes de vários recursos florestais, a criação de áreas abertas ou a introdução de atividade agrícola, como nos SAF, podem provocar queda na abundância de plantas utilizadas como fonte de recursos, sendo necessário forragear cada vez mais distante. Durante o forrageio, as abelhas são expostas às variações de temperatura e escassez de alimento, fatores que são capazes de influenciar quase todos os aspectos do fenótipo e da ecologia de um animal (Whitman and Agrawal 2009).

Apesar de reconhecido o impacto das mudanças no uso da terra sobre a estabilidade dos ecossistemas e principalmente sobre serviços ecológicos, tais como a polinização (KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI et al. 2011; DORCHIN et al. 2013), ainda são escassas as avaliações que relacionam a estrutura da paisagem com as características morfológicas das populações de abelhas. Contudo, trabalhos com outros táxons obtiveram resultados semelhantes aos nossos, revelando a existência desta relação. Benítez et al.(2008) reuniram evidências que o manejo de agrossistemas pode ser estressante para o besouro *Ceroglossus chilensis* Eschscholtz. Nesta espécie, a simetria da antena apresentava divergências entre os indivíduos coletados em áreas com diferentes tempos de interferência antrópica. Cabe destacar que a antena é responsável pela captura de presas e atração de parceiros, logo desvios nesta estrutura podem comprometer a aptidão do inseto.

Com anfíbios, Guillot et al. (2016) encontraram diferenças morfológicas significativas entre os indivíduos das áreas florestais e agrícolas. Os indivíduos coletados nas áreas agrícolas possuíam membros maiores e assimétricos. Para os autores, o predomínio destes indivíduos nestas áreas decorria das características das áreas abertas que, por possuir poucos refúgios e recursos escassos, favorecia traços ligados à locomoção.

A forma da asa das libélulas do gênero *Trithemis* foi afetada pelo tipo de paisagem (área florestal e área aberta). Os indivíduos de áreas abertas possuíam asas mais largas, uma condição favorável neste tipo de ambiente (OUTOMURO et al., 2013).

Os nossos resultados demonstraram ainda que as características morfológicas podem ser um indicativo da qualidade de habitat para as Euglossini, já que encontramos correlação entre o tamanho e a forma da asa de *Eg. cordata* e *El. atleticana* com a quantidade de áreas centrais e com o tamanho médio do fragmento, enquanto que para *El.atleticana*, o tamanho da asa também foi correlacionado com o total de área florestal. Estes resultados reafirmam a necessidade de conservação dos remanescentes florestais para a manutenção da biodiversidade.

Estas correlações podem estar relacionadas com a fragilidade de muitas espécies de Euglossini às alterações do microclima. Sabe-se, por exemplo, que determinadas espécies de Euglossini evitam percorrer pequenas distâncias em áreas abertas, demonstrando fidelidade às áreas florestais (RAMALHO e BATISTA, 2005; NEMÉSIO et al., 2016). A importância das áreas centrais para a estabilidade do



desenvolvimento das abelhas Euglossini também foi relatado por Silva et al., (2009), após a avaliação da simetria da asa de *Eg. pleosticta* em remanescentes florestais no estado de Minas Gerais/Brasil. Os autores constataram que a asa das abelhas coletadas na borda do fragmento florestal eram mais assimétricas que as coletadas no interior do fragmento, demonstrando a susceptibilidade da espécie aos fatores antrópicos.

Com relação às diferenças de tamanho encontradas para as populações de *Eg. ignita*, estas podem ser devido à constituição da paisagem. Os pontos Mata-morros e SAF apresentam mais de 40% de sua área ocupada por atividades agrícolas. Como as abelhas Euglossini são reconhecidas pela elevada capacidade de voo, (PINTO et al. 2015), provavelmente os indivíduos maiores são mais capazes de buscar recursos em locais mais distantes. Daí ser maior a variação de tamanho entre os indivíduos coletados dentro do SAF.

Resultados semelhantes foram encontrados por Vandewoestijne e Van Dick (2011) avaliando a variação fenotípica para o tamanho e forma da asa da espécie de borboleta *Pararge aegeria* Linnaeus coletadas em áreas agrícolas e florestais. Os autores constataram que as borboletas coletadas nas áreas agrícolas eram maiores, o que representava uma vantagem adaptativa para sobrevivência neste habitat, já que estes indivíduos são mais resistentes ao resfriamento, dessecação, além de possuírem maior capacidade de dispersão.

As variações no tamanho da asa entre as populações de abelhas podem ser justificadas a partir das causas para as variações no tamanho do corpo, pois o tamanho da asa é ajustado ao tamanho corporal (NIJHOUT e CALLIER, 2015). Oscilações na quantidade de pólen e na temperatura dos ambientes influenciam o tamanho corporal das abelhas (ALCOCK et al., 2005; CHOWN e GASTON, 2010). Deste modo, podemos inferir que o predomínio de área agrícola na paisagem provoca queda na disponibilidade de recursos para as abelhas, as quais possuem como alternativa forragear cada vez mais distante em busca de recursos. No entanto, esta capacidade é facilmente desempenhada pelas abelhas com maior massa corporal. Segundo Greenleaf et al. (2007), o tamanho corporal é uma característica ideal para estimar a capacidade de forrageio, pois indivíduos maiores são mais capazes de forragear longe do ninho.

Dentro das populações de abelhas, o tamanho do corpo oferece várias vantagens, entre elas a possibilidade de estabelecer territórios, maior sucesso reprodutivo (SEIDELMANN et al., 2010), além de determinar a escala em que os organismos percebem a paisagem e utilizam os seus recursos (BENJAMIN et al., 2014).

Em ambientes fragmentados, pesquisas demonstram que espécies de abelhas com maior porte corporal são mais abundantes (STEFFAN DEWENTER et al., 2002; JAUKER et al., 2013; WARZECHA et al., 2016). Assim, espécies menores, devido à baixa mobilidade, são mais sensíveis à perda de hábitat (BOMMARCO et al., 2010). Segundo Persson et al.,(2015), o tamanho do tórax, por exemplo, reflete a capacidade de voo de uma espécie, logo espécies com os menores tamanhos serão menos capazes de utilizar os recursos dispersos em paisagens agrícolas.

Assim, diante do papel do tamanho para as funções biológicas e comportamentais, alguns trabalhos reforçam a importância de investigações sobre a relação desta característica e os elementos da paisagem. Com esta proposta destacam-se o trabalho de Noberg e Leimar (2002), o qual constatou a existência de variação no peso corporal e no total de massa torácica de borboletas da espécie *Melitaea cinxia* Linnaeus em paisagens agrícolas e florestais, e o trabalho de Persson et al.(2015), que demonstrou que características morfológicas e comportamentais de quatro espécies de abelhas *Bombus*, tais como o tamanho do tórax, da probóscide e tamanho da colônia, são afetadas pelo tipo de paisagem circundante (vegetação natural ou agrícola).

Renauld et al. (2016) verificaram que a simplificação da paisagem contribuiu significativamente na determinação do tamanho da espécie de abelha solitária *Andrena nasonii* Robertson. Com um experimento conduzido dentro de plantações de morango, eles constataram que à medida que a cobertura agrícola aumentava, diminuía a largura do tórax dos indivíduos. Este fato levou os autores a considerarem o uso de pesticidas e variações nos teores nutricionais do pólen como os possíveis causadores desta redução.

Considerando o contexto da APA do Pratigi que possui atividades agrícolas no formato de SAFs, assim como plantios convencionais, com uso de agrotóxicos, é provável que tanto a quantidade quanto a qualidade do pólen que é disponibilizado para a prole podem promover variações no tamanho das Euglossini, pois com a retirada da flora nativa, o pólen de espécies agrícolas podem não satisfazer as exigências nutricionais da prole, apesar de algumas espécies serem nativas das áreas florestais, tais como a seringueira e a piaçava.

Neste cenário, ainda cabe destacar o trabalho de Roulston e Cane (2002) com a espécie de abelha eussocial *Lasioglossum zephyrum* Smith. Os autores reuniram evidências que a qualidade do pólen, quantificada a partir da concentração de proteínas, e o tamanho da célula de cria da prole contribuíram significativamente para a determinação do tamanho do indivíduo.

Entre as Euglossini, tanto a coleta de alimento quanto a de materiais para a construção dos ninhos para acomodar a prole são de responsabilidade das fêmeas, assim é possível que dentro de um contexto de expansão agrícola e de conseqüente redução das áreas florestais, o tamanho das cavidades construídas pode ser mais um elemento para avaliação de qualidade ambiental para estas abelhas.

Assim, diante dos resultados desta pesquisa e das evidências de vulnerabilidade dos insetos às mudanças na paisagem, as abelhas Euglossini apresentam-se como um grupo promissor para o monitoramento de qualidade ambiental dos ecossistemas, podendo contribuir para o levantamento dos mecanismos fisiológicos e comportamentais utilizados pelas populações para minimizar os efeitos da descaracterização da paisagem, bem como dos fatores que concorrem para o declínio dos polinizadores na atualidade.

## CONCLUSÕES

- As populações de abelhas Euglossini apresentam diferenças morfométricas significativas entre os pontos de coleta na APA do Pratigi;
- Os diferentes tipos de paisagem podem contribuir para a formação de diferenças morfológicas entre as populações de abelhas Euglossini;
- Os SAFs atuam fortemente para a determinação da forma da asa das populações de Euglossini;
- As análises morfométricas são técnicas eficazes para avaliação de stress ambiental;
- Análises que envolvam a avaliação do tamanho e a forma dos apêndices de insetos podem auxiliar no levantamento de informações sobre a qualidade ambiental de ecossistemas ameaçados, já que o tamanho está diretamente ligado à quantidade de recursos florestais consumidos pelos insetos durante o seu estágio larval.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, J. D. Food-foraging behavior of male Euglossini (Hymenoptera: Apidae): vagabonds or trappers? *Biotropica*, v.14, n.4, p. 241-248, 1982.
- ADAMS, D. C.; ROHLF, F. J.; SLICE, E.D. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, v.71, p. 5-16, 2004.
- AGUIAR, W. M.; GAGLIANONE, M. C. Euglossine bees (Hymenoptera Apidae Euglossina) on an inselberg in the Atlantic Forest domain of southeastern Brazil. *Tropical Zoology*, v. 24, p. 107–125, 2011.
- AGUIAR, W. M.; SOFIA, S. H.; MELO, G. A. R.; GAGLIANONE, M. C. Changes in orchid bee communities across forest-agroecosystem boundaries in Forest Atlantic Forest landscapes. *Environmental Entomology*, v. 44, n.6, p. 1465-1471, 2015.
- ALCOCK, J.; SIMMONS, L. W.; BEVERIDGE, M. Seasonal change in offspring sex and size in Dawson's burrowing bees (*Amegilla dawsoni*) (Hymenoptera:Anthophorini). *Ecological Entomology*, n. 30, p. 247-254, 2005.
- ANDRADE-SILVA, A. C. R.; NEMÉSIO, A.; OLIVEIRA, F. F.; NASCIMENTO, F. S. Spatial-temporal variation in orchid bee communities (Hymenoptera: Apidae) in remnants of Arboreal Caatinga in the Chapada Diamantina region, state of Bahia, Brazil. *Neotropical Entomology*, n. 41, p. 296-305, 2012.
- AUGUSTO, S. C.; GARÓFALO, C. A. Nesting biology and social structure of *Euglossa (Euglossa) townsendi* Cockerell (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Insectes Sociaux*, n.51, p.400-409, 2004.
- BATÁRY, P.; FRONCZEK, S.; NORMANN, C.; SCHERBER, C.; TSCHARNTKE, T. How do edge effect and tree species diversity change bird diversity and avian nest survival in Germany's largest deciduous forest? *Forest Ecology and Management*, v.319, p. 44-50, 2014.
- BENÍTEZ, H.; BRIONES, R.; JEREZ, V. Asimetría fluctuante en dos poblaciones de *Ceroglossus chilensis* (Eschscholtz, 1829) (Coleoptera:Carabidae) en el agroecosistema *Pinus radiata* D. Don Region Del Bio-Bio, Chile. *Gayana*, n.2, v. 72, p. 131-139, 2008.
- BENJAMIN, F.E.; REILLY, J.R.; WINFREE, R. Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. *Journal of Applied Ecology*, v. 51, p. 440–449, 2014
- BENNETT, A. F.; SAUNDERS, D. A. Hábitat fragmentation and landscape change. In: SODHI, N. S.; EHRLICH, P. R. (Eds.). *Conservation Biology for All*. Oxford University Press, Oxford. p. 88–106, 2010. Cap.5

BOMMARCO, R.; BIESMEIJER, J. C.; MEYER, B.; POTTS, S. G.; POYRY, J.; ROBERTS, S. P.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; OCKINGER, E. Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to habitat loss. **Proceedings of the Royal Society B**, v.277, p.2075–2082, 2010.

BOOKSTEIN, F. L. Foundations of Morphometrics. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, n. 13, p. 451-470, 1982.

BOOKSTEIN, F. L. Landmark methods for forms without landmarks: morfometrics of group differences in outline shape. **Medical Image Analysis**, v. 1, n. 3, p. 222-243, 1997.

BOUYER, J; RAVEL, S.; DUJARDIM, J; MEEUS, T; VIAL, L; THÉVENON, S; GUERRINI, L; SIDIBÉ, I; SOLANO, P. Population structuring of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) according to landscape fragmentation in the Mouhoun River, Burkina, Faso. **Journal of Medical Entomology**, v.44, n.5, p.788-795, 2007.

BORGES, I. G. M. Influência da matriz da paisagem sobre a comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) na APA do Pratigi, Baixo Sul da Bahia. Dissertação. (Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente)-Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

BRASIL. **Plano de Manejo da APA do Pratigi: Zoneamento e Plano de Gestão**. 2004 Disponível em:  
[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/PM\\_APA\\_Pratigi\\_Encarte-I.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/PM_APA_Pratigi_Encarte-I.pdf)

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O Corredor Central da Mata Atlântica : uma nova escala de conservação da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Conservação Internacional e Fundação SOS Mata Atlântica-Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Conservação Internacional, 2006.46 p.

BREUKER, J. C.; GIBBS, M.; DONGEN, S. V.; MERCKX, T.; DYCK, H. V. The use of Geometric Morphometrics in studying butterfly wings in an evolutionary ecological context. In: A.M.T. Elewa (ed.), **Morphometrics for Nonmorphometricians**, Lecture Notes in Earth Sciences, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p.271-287, 2010. Cap. 12.

BRIGGS, H. M.; PERFECTO, I.; BROSI, B. J. The role of the agricultural matrix : Coffee management and euglossine bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) communities in southern Mexico. **Environment Entomology**, v. 42, n. 6, p. 1210-1217.

BROSI, B. J. The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). **Biological Conservation**, v.142, p. 414-423, 2009.

BROWN, D. G.; ASPINALL, R.; BENNETT, D.A. Landscape models and explanation in Landscape Ecology- A space for generative landscape science? **The Professional Geographer**, v.58, n. 4, p. 369-382, 2006.

CAMERON, S. A. Phylogeny and biology of Neotropical orchid bees (Euglossini). **Annual Review Entomology**, n. 49, p. 377-404, 2004

CARVALHO, R.; MACHADO, I. C. Pollination of *Catasetum macrocarpum* (Orchidaceae) by *Eulaema bombiformis* (Euglossini). **Lindleyana**, n. 17, p. 85-90, 2002

CATALANO, S. A; GOLOBOFF, P.A; GIANNINI, N. P. Phylogenetic morphometrics (I): the use of landmark data in a phylogenetic framework. **Cladistics**, n. 26, p-539-549, 2010.

CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M. T.; PARDINI, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M; OLIVEIRA, D. A. S (Orgs). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. MMA/SBF, Brasília, 2003.

CHARISTOS, L.; HATJINA, F.; BOUGA, M.; MLADENOVIC, M.; MAISTROS, A. D. Morphological discrimination of greek honey bee populations based on geometric morphometrics analysis of wing shape. **Journal of Apicultural Science**, v. 58, n. 1, 2014

CHOWN, S. L.; GASTON, K. J. Body size variation in insects: a macroecological perspective. **Biological Reviews**, n. 85, p.139-169, 2010.

CORNETTE, R.; HERREL, A.; STOETZEL, E.; MOULIN, S.; HUTTERER, R.; DENYS, C.; BAYLAC, M. Specific information levels in relation to fragmentation patterns of shrew mandibles: do fragments tell the same story. **Journal of Archaeological Science**, v. 53, p. 323-330, 2015.

DAJOZ, R. **Princípios de ecologia**. Porto Alegre: Ed.7, 2005. 520 p.

DALY, H. V. Insect Morphometrics. **Annual Review of Entomology**, v.30, p. 415-438, 1985.

DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C.A.M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.3, p.367-370, 1999

DANTAS, T. B.; ROCHA, P. L. B. Corredores ecológicos: uma tentativa de reverter ou minimizar a fragmentação florestal e seus processos associados: o caso do Corredor Central da Mata Atlântica. A fragmentação da Mata Atlântica em Pernambuco e suas consequências biológico-reprodutivas. In: FRANKE, C. A.; ROCHA, L. B.; WILFRIED, K.; GOMES, S. L.(Orgs). **Mata Atlântica e Biodiversidade**. Salvador, Edufba. p.165-189, 2005

DARRAULT, R.O.; MEDEIROS, P. C. R.; LOCATELLI, E. LOPES, A. V.; MACHADO, I. C.; SCHLINDWEIN, C. Abelhas Euglossini. In: PORTO, K. C.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; TABARELLI, M. (Org.). **Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2006. p. 239-253

- DELLICOUR, S.; GERARD, M.; PRUNIER, J. G.; DEWULF, A.; KUHLMANN, M.; MICHEZ, D. Distribution and predictors of wing shape and size variability in three sister species of solitary bees. **Journal PlosOne**, v. 12, n. 3, p. 1-17, março, 2017.
- DODSON, C.H.; DRESSLER, R.L.; HILLS, H.G.; ADAMS, R.M.; WILLIAMS, N.H. Biologically active compounds in orchid. **SCIENSE**, v. 164, p. 1243-1249. 1969.
- DORCHIN, A.; FILIN, I.; IZHAKI, I.; DAFNI, A. Movement patterns of solitary bees in a threatened fragmented habitat. **Apidologie**, n. 44, p. 90-99, 2013.
- DRESSLER, R.L. New species of Euglossa IV. The cordata and purpurea species groups (Hymenoptera: Apidae). **Revista Biologia Tropical**, v. 30, n. 2, p.141-150, 1982.
- DUNNING, J. B.; DANIELSON, B. J.; PULLIAM, H. R. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. **OIKOS**, v. 65, n.1, p.169-175, out. 1992.
- ELTZ, T., SAGER, A.; LUNAU, K. Juggling with volatiles: exposure of perfume by displaying male orchid bees. **Journal of Comparative Physiology**, v. 191, p. 575-581, 2005.
- ELTZ, T et al. Characterization of the orchid bee *Euglossa viridissima* (Apidae: Euglossini) and a novel cryptic sibling species, by morphological, chemical, and genetic characters. **Zoological Journal of the Linnean Society**. n.163, p. 1064-1076, 2011.
- ES'KOV, E. K.; ES'KOVA, M. D. Factors influencing wing size and body weight variation in the western honeybee. **Russian Journal of Ecology**, v.44, n. 5, p. 433-438, 2013.
- FAHRIG, L. Effects of hábitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.
- FARIA Jr. L. R. R.; MELO, G. A. R. Species of Euglossa (Glossura) in the Brazilian Atlantic Forest with taxonomic notes on *Euglossa stellfeldi* Moure (Hymenoptera, Apidae, Euglossina). *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 51, n. 3, p. 275-284, set. 2007.
- FERREIRA, V. S.; AGUIAR, C. M. L.; COSTA, M. A.; SILVA, J. G. Morphometric Analysis of Populations of *Centris aenea* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) from Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 1, p. 97-102, 2011.
- FISCHER, J; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and hábitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 265-280, 2007.
- FOLEY, J.A. et al. Global consequences of land use. **SCIENCE**, v. 309, p. 570-574, 2005.
- FRANCOY, T. M; FRANCO, F. F; ROUBIK, D. W. Integrated landmark and outline-based morphometric methods efficiently distinguish species of Euglossa (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). **Apidologie**, n. 43, p. 609-617, 2012
- FU, B.; LIANG, D.; LU, N. Landscape Ecology: Coupling of pattern, process, and scale. **Chinese Geographical Science**, v.21, n.4, p. 385-391, 2011.



- GIANGARELLI, D. C.; AGUIAR, W. M.; SOFIA, S. H. Orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) assemblages from three different threatened phytophysiognomies of the subtropical Brazilian Atlantic Forest. **Apidologie**, v. 46, p. 71-83, 2015.
- GHALAMBOR, C. K; MCKAY, J. K.; CARROLL, S. P.; REZNICK, D. N. Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. **Functional Ecology**, n. 21, p.394-407, 2007.
- GONZALEZ, P. N; BERNAL, V; PEREZ, S.I. Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. **Forense Science International**, n. 189, p. 68-74, 2009.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. Assembly rules for New England and assemblages. **OIKOS**, v.99, p. 591-599, 2002.
- GREENLEAF, S. S.; WILLIAMS, N. M.; WINFREE, R.; KREMEN, C. Bee foraging ranges and their relationship to body size. **Oecologia**, v. 153, p. 589-596, 2007
- GUILLOT, H.; BOISSINOT, A.; ANGELIER, F.; LOURDAIS, O.; BONNET, X.; BRISCHOUX, F. Landscapes influences the morphology of male common toads (*Bufo bufo*). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 233, p. 106-110, 2016.
- GUNZ, P.; MITTEROECKER, P. Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces. **Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy**, v. 24, n.1, p. 103–109, 2013
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v.4, n.1, 9 pages, 2001.
- HANSSON, L; ANGELSTERMAN, P. Landscape ecology as a theoretical basis for nature conservation. **Landscape Ecology**, v. 5, n. 4, p. 191-201, 1991.
- HASSDEUTEUFELL, C. B. **O papel de sistemas agroflorestais para a conectividade em paisagem fragmentada do Nordeste do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ecologia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.
- HOFMEISTER, J.; HOSEK, J.; BRABEC, M.; HÉDL, R.;MODRÝ, M. Strong influence of long-distance edge effect on herb-layer vegetation in forest fragments in an agricultural landscape. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.15, p.293-303, 2013.
- JANZEN, D. H. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. **SCIENCE**, v.171, p. 203-205. 1971
- JAUKER, B.; KRAUSS, J.; JAUKER, F.; STEFFAN-DEWENTER, I. Linking life history traits to pollinator loss in fragmented calcareous grasslands. **Landscape Ecology**, v. 28, n.107, p. 120, 2013.
- KLINGENBERG, C.P. MORPHOJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. Version (2008). Disponível em: [http://www.flywings.org.uk/morphoj\\_page.htm](http://www.flywings.org.uk/morphoj_page.htm). Acesso em: 09 set. 2015.

KNOWLTON, J. L.; GRAHAM, C. H. Using behavioral landscape ecology to predict species' responses to land-use and climate change. **Biological Conservation**, v.143, p.1342-1354, 2010.

KRAUS, J. et al. Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. **Ecology Letters**, v.13, p. 597-605, 2010.

KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A.; BATÁRY, P.; BÁLDI, A. Local and landscapes effectson bee communities of Hungarian winter cereal fields. **Agricultural and Forest Entomology**, n.13, p. 59-66, 2011.

LAFFONT , R.; FIRMAT, C.; ALIBERT, P.; DAVID, B.; MONTUIRE, S.; SAUCÈDE, D. Biodiversity and evolution in the light of mophometrics: from patterns to process. **Comptes Rendus Palevol**, v. 10, p. 133-142, 2011

LARSON, P. M. Ontogeny, Phylogeny, and Morphology in Anuran Larvae: Morphometric Analysis of Cranial Development and Evolution in *Rana tadpoles* (Anura: Ranidae). **Journal of Morphology**, n. 264, p. 34-52, 2005.

LEMIC, D.; BENÍTEZ, H. A.; PUSCHEL, T. A.; GASPARIC, H. V.; SATVAR, M.; BAZOK, R. Ecological morphology of the sugar beet weevil Croatian populations: Evaluating the role of environmental conditions on body shape. *Zoologischer Anzeiger*, v. 260, p. 25-32, 2016.

MÁRQUEZ, F.; GONZÁLEZ-JOSÉ, R.; BIGATTI, G. Combined methods to detect pollution effects on shell shape and structure in Neogastropods. **Ecological Indicators**, v.11, p. 248-254, 2011.

MÁRQUEZ, S.; PAGANO, A. S.; SCHWAARTZ, J. H.; CURTIS, A.; DELMAN, B. N.; LAWSON, W.; LAITMAN, J. T. Toward understanding the Mammalian Zygoma: insights from comparative anatomy, growth and development, and morphometric analysis. **The Anatomical Record**, v.300, p. 76-151, 2017.

MAGRINNI, S; SCOPPOLA, A. Geometrics morphometrics as a tool to resolve taxonomic problem: the case of *Ophioglossum* species (ferns). In: NIMIS, P. L.; VIGNES LEBBE, R. (Eds). **Tools for identifying biodiversity: Progress and Problems**, p. 251-256.

MATTOZO, V. C.; FARIA, L. R. R.; MELO, G. A. R. Orchid bees in the coastal forests of southern Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**. Museu de Zoologia de São Paulo. v. 51. p.505-515, 2011.

MCGARIGAL, K.; ENE, E. Fragstats 4.2: A spatial pattern analysis program for categorical maps. Copyright, 2013.

MEDEIROS, R. L. S. Riqueza e abundância de espécies em comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) no corredor central da Mata Atlântica. Dissertação. (Programa de Pós-graduação em Zoologia)-Universidade Estadual de Feira de Santana, 2014.

MERCKX, T.; VAN DYCK, H. 2006. Landscape structure and phenotypic plasticity in flight morphology in the butterfly *Pararge aegeria*. **OIKOS**, n. 113, p. 226-232, 2006

- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens. **Biota Neotropica**, v. 1 n. 12, p. 1-9, nov. 2001.
- MICHEL-SALZAT, A.; CAMERON, S. A.; OLIVEIRA, M. L. Phylogeny of the orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini): DNA and morphology yield equivalent patterns. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 32, p. 309-323, 2004.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- MITCHELL, M. G.E.; SUAREZ-CASTRO, A. F.; MARTINEZ-HARMS, M.; MARON, M.; MCALPINE, C.; GASTON, K. J.; JOHANSEN, K.; RHODES, J. R. Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n.4, p. 190-198, april, 2015.
- MOCZEK, A. P. Phenotypic plasticity and diversity in insects. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 365, p. 593-603, 2010.
- MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto: Holos, 1999, 198p.
- MOURA, F. B. P.; GONZALES, M.; LIMA, M. M.; VITAL, M. V.C. The influence of land use on edge effect in an Atlantic Forest fragment in north-east Brazil. **BOSQUE**, v. 33, n. 3, p. 281-285, 2012.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **TREE**, v.10, n.2, feb, 1995.
- NEMÉSIO, A. Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. **Zootaxa**, v. 2041, p. 1-242, 2009.
- NEMÉSIO, A.; SILVA, D. P.; NABOUT, J. C.; VARELA, S. Effects of climate change and habitat loss on a forest-dependent bee species in a tropical fragmented landscape. **Insect Conservation and Diversity**, n. 9, p. 149-160, 2016.
- NEVES, C. M. L.; CARVALHO, C. A. L.; SOUZA, A. V.; LIMA-JUNIOR, C. A. Morphometric Characterization of a Population of *Tetrapedia diversipes* in Restricted Areas in Bahia, Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 59, n. 3, 2012.
- NIJHOUT, H. F.; CALLIER, V. Developmental mechanisms of body size and wing-body scaling in insects. **Annual Review of Entomology**, v. 60, p. 141-156, 2015.
- NORBERG, U.; LEIMAR, O. Spatial and temporal variation in flight morphology in the butterfly *Melitaea cinxia* (Lepidoptera: Nymphalidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 77, p. 445-453, 2002.
- NUNES, L. A.; ARAÚJO, E. D.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C. Variation morphogeometrics of Africanized honey bees (*Apis mellifera*) in Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 102, n. 3, p. 321-326, 2012.

NUNES, L. A.; PASSOS, G. B.; CARVALHO, C.A. L.; ARAÚJO, E. D. Size and shape in *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 (Hymenoptera: Meliponini). *Brazilian Journal of Biology*, v. 73, n.4, p. 887-893, 2013.

OHASHI, K; THOMSON, J. D; D'SOUZA, D. Trapline foraging by bumble bees: IV. Optimization of route geometry in the absence of competition. **Behavioral Ecology**, set. 2006.

OLEKSA, A.; TOFILSKY, A. Wing geometric morphometrics and microsatellite analysis provide similar discrimination of honey bee subspecies. **Apidologie**, v. 46, p.49-60, 2015.

OUTOMURO, D.; DIJKSTRA, D. B.; JOHANSSON, F. Habitat variation and wing coloration affect wing shape evolution in dragonflies. **Journal of Evolutionary Biology**, v.26, p. 1866-1874, 2013.

PEMBERTON, R.W.; WHEELER, G.S. Orchid bees don't need orchids: evidence from the naturalization of an orchid bee in Florida. **Ecology**, n. 8, v. 87, p.1995-2001, 2006.

PENEIREIRO, F.M. Fundamentos da agrofloresta sucessional. In: Simpósio de Agrofloresta Sucessional, 2, 2003, Sergipe, **Anais...Aracaju**, 2003.

PERUQUETTI, R. C.; CAMPOS, L. A.O.; COELHO, C. D. P.; ABRANTES, C. V. M.; LISBOA, L. C. O. Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundância, riqueza e aspectos biológicos. **Revista Brasileira de Zoologia**. p. 101-118, 1999.

PERSSON, A. S.; RUNDLOF, M.; CLOUGH, Y.; SMITH, H. G. Bumble bees show trait-dependent vulnerability to landscape simplification. **Biodiversity Conservation**, v. 24, p. 3469–3489, 2015

PINTO, N. S.; SILVA, D. P.; RODRIGUES, J. G.; MARCO-Jr, P. D. The Size But not the Symmetry of the Wings of *Eulaema nigrita* Lepeletier (Apidae: Euglossini) is Affected by Human-Disturbed Landscapes in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotropical Entomological*, v. 44, p. 439–447, 2015.

PODGAISKI, L.R.; Jr MENDONÇA, M. S.; PILLAR, V.D. 2011. O uso de atributos funcionais de invertebrados terrestres na ecologia: o que, como e por quê? **Oecologia Australis**, n. 4, v. 15, p. 835-853, dez. 2011.

PORENSKY, L. M.; YOUNG, T. P. Edge effects interactions in fragmented and patchy landscapes. **Conservation Biology**, v.27, n. 3, p.509-519, 2013.

QUEZADA-EUÁN, J. J. G.; SHEETS, H. D.; DE LUNA, E.; ELTZ, T. Identification of cryptic species and morphotypes in male *Euglossa*: morphometric analysis of forewings (Hymenoptera: Euglossini). **Apidologie**, may, 2015.

RAMALHO, A.V.; GAGLIANONE, M.C.; OLIVEIRA, M.L. Comunidades de Abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no Sudoeste do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, p.95-101, 2009.

RAMALHO, M.; BATISTA, M. A.; Polinização na Mata Atlântica: Perspectiva Ecológica da Fragmentação. .In: FRANKE, C. A.; ROCHA, L. B.; WILFRIED, K.;

GOMES, S. L (orgs). **Mata Atlântica e Biodiversidade**. Salvador, Edufba, p.93-141, 2005

REED, T. E.; SCHINDLER, D. E.; WAPLES, R.S. Interacting effects of phenotypic plasticity and evolution on population persistence in a changing climate. **Conservation Biology**, v. 25, n. 1, p. 56-63, 2011.

REMPEL, C. **A ecologia de paisagens e suas ferramentas podem aprimorar o zoneamento ambiental? O caso da região política do Vale do Taquari**. 2009. Tese (Doutorado em Ecologia área de concentração em Ecologia de Paisagens). Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RENAULD, M.; HUTCHINSON, A.; LOEB, G.; POVEDA, K.; CONNELLY, H. Landscape simplification constrains adult size in a native ground-nesting bee. **PLoS ONE**, n. 3, v. 11, 2016.

REIS, S.F. Morfometria e estatística multivarida em biologia evolutiva. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.5, n.4, p-571-580, 1998.

RICHARDS, M. H.; PACKER, L. The Socioecology of Body Size Variation in the Primitively Eusocial Sweat Bee, *Halictus ligatus* (Hymenoptera: Halictidae). **Oikos**, v.77, n.1, p. 68-76, 1996.

RICHTSMEIER, J. T.; DELEON, V. B.; LELE, S. R. The promise of geometric morphometrics. **Yearbook of Physical Anthropology**, v. 45, p. 63-91, 2002.

ROCHA, C. F. D.; BERGALHO, H. G.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V. **A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica**. São Carlos. RIMA, 2003, 160p.

ROCHA-FILHO, L. C.; KRUG, C.; SILVA, C. I.; GARÓFALO, C. A. Floral Resources Used by Euglossini Bees (Hymenoptera: Apidae) in coastal Ecosystems of the Atlantic Forest. **Psyche**, p. 1-13, 2012.

ROCHA-FILHO, L. C.; GARÓFALO, C.A. Community Ecology of Euglossine Bees in the Coastal Atlantic Forest of São Paulo State, Brazil. **Journal of insect science**, v. 13, n. 23, p. 1-19, 2013.

ROHLF, F. J. tps Utility program, version 1.60. Ecology e Evolution. Suny at Stony Brook, 2013.

ROHLF, F. J. tpsDig2, version 2.18. Ecology e Evolution. Suny at Stony Brook, 2015.

ROHLF, F. J. Relative warps-tpsRelw, version 1.49. Ecology e Evolution. Suny at Stony Brook, 2010.

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H. The effect of pollen protein concentration on body size in the sweat bee *Lasioglossum zephyrum* (Hymenoptera: Apiformes). **Evolutionary Ecology**, n. 16, p. 49-65, 2002.

RUTLEDGE, D. Landscapes indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? New Zealand Department of Conservation, march, 2003.

SALA, E. O et al. Global Biodiversity scenarios for the year 2010. **SCIENCE**, v. 287, p. 1770-1774, march, 2000.

SANDERS, N. J.; GOTELLI, N.J.; WITTMAN, S. E.; ROTCHFORD, J. S.; ELLISON, A. M.; JULES, E. S. Assembly rules of ground-foraging ant assemblages are contingent on disturbance, hábitat and spatial scale. **Journal of Biogeography** (J. Biogeogr), v.34, p. 1632-1641, 2007.

SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. Assimetria flutuante em organismos aquáticos e sua aplicação para avaliação de impactos ambientais. **Oecologia Brasiliensis**, n. 3, v. 12, p. 382-405, 2008.

SCHAEFER, K; BOOKSTEIN, F. Does geometric morphometrics serve the needs of plasticity? J. Biosci. **Indian Academy of Sciences**. v. 34, n. 1, March, 2009.

SCHOROTH, G.; HARVEY, C.A.; VICENT, G. Complex agroforests: their structure, diversity, and potencial role in landscape conservation. In: **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**, Publisher: Island Press, Editors: G. Schroth; G.A.B. da Fonseca; C.A. Harvey; C. Gascon; H.L. Vasconcelos; A.M.N. Izac, p.227-260, 2004.

SEIDELMANN, K.; ULBRICH, K.; MIELENZ, N. Conditional sex allocation in the Red Mason bee, *Osmia Rufa*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, n.64, p. 337-347, 2010.

SILVA, M. C. **Variação morfológica e assimetria flutuante de abelhas Euglossina (Hymenoptera-Apidae) em diferentes áreas e estações distintas em uma reserva de floresta estacional semidecidual**. 2007. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica). Instituto de Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.

SILVA, F. S. Orchid bee (Hymenoptera: Apidae) community from a gallery forest in the Brazilian Cerrado. **Revista de Biologia Tropical**, v.60, n. 2, p. 625-633, 2012.

SILVA, M. C.; LOMÔNOCO, C.; AUGUSTO, S. C.; KERR, W.E. Climatic and anthropic influence on size and fluctuating asymmetry of Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in a semideciduous seasonal forest reserve. *Genetics and Molecular Research*. v. 8. n.2, p.730-737, 2009.

SILVA, A. C. R. A.; NASCIMENTO, F. S. Multifemale nests and social behavior in *Euglossa melanotricha* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). **Journal of Hymenoptera Research**, n. 16, p. 1-16, 2012.

STEFFAN-DEWENTER, I.; MUNZENBERG, U.; BURGER, C.; THIES, C.; TSCHARNTKE, T. Scale-Dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. **Ecology**, n. 83. v. 5, p. 1421–1432, 2002

SZABÓ, P.; MESZÉNA, G. Spatial ecological hierarchies: coexistence on heterogeneous landscapes via scale niche diversification. **Ecosystems**. v. 9, p. 1009-1016, 2006..

TABARELLI, M.; AGUIAR, A.V.; RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; P. A conversão da Floresta Atlântica em paisagens antrópicas: lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. **Interciência**, v. 37, n. 2, p.88-92, fev, 2012.

TANCIONI, L; RUSSO, T; CATAUDELLA, S; MILANA, V; HETT, A. K; CORSI, E; ROSSI, A. R. Testing species delimitations in four italian sympatric Leuciscine fishes in

the Tiber River: A combined Morphological and Molecular Approach. **PLOS ONE**, v. 8, n. 4, april. 2013.

TURNER, M. G; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. **Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process**. New York: Springer, 2001, 401 p.

TURNER, M.G. Landscapy Ecology: What is the state of the science? **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.36, p.319-344, 2005.

VAN DICK, H. Habitat fragmentation and insect flight: a changing 'design' in a changing landscape? **TREE**, v. 14, n. 5, p.172-174, 1999.

VANDEWOESTIJNE, S.; VAN DICK, H. Flight morphological along a latitudinal gradient in a butterfly: do geographic clines differ between agricultural and woodland landscapes? **Ecography**, n. 34, p.876-886, 2011.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, n. 32, v. 12, p. 25-42, 1999.

WARZECHA, D.; DIEKOTTER, T.; WOLTERS, V.; JAUKER, F. Intraspecific body size increases with fragmentation in wild bee pollinators. *Landscape Ecology*, 2016

WHITE, G. M.; BOSHIER, D.H.; POWELL, W. Increased pollen flow counteracts fragmentation in a tropical dry forest: An example from *Swietenia humilis* Zuccarini. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n. 4, feb. 2002.

WHITMAN, D. W.; AGRAWAL, A. A. What is phenotypic plasticity and why is it important? In: WHITMAN, D.W.; ANANTHAKRISHNA, T. N. **Phenotypic plasticity of insects: mechanisms and consequences**. Enfield, NH: Science Publishers, Inc. p. 1-63.

ZELDITCH, M. L.; SWIDERSKI, D. L.; SHEETS, H. D.; FINK, W.L. **Geometric Morphometric for Biologists: A Primer**. Califórnia, USA: Elsevier, 2004.

ZIMMERMANN, Y.; ROUBIK, D. W.; QUEZADA-EUAN, J. J.G.; PAXTON, R. J.; ELTZ, T. Single mating in orchid bees (Euglossa-Apinae): implications for mate choice and social evolution. **Insectes Sociaux.**, n.56, p. 241-249, 2009