



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DIVERGÊNCIAS MORFOMÉTRICAS ENTRE POPULAÇÕES
DISJUNTAS DE *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811
(HYMENOPTERA: APIDAE)**

CRISTOVAM ALVES DE LIMA JUNIOR

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
SETEMBRO - 2011**

**DIVERGÊNCIAS MORFOMÉTRICAS ENTRE POPULAÇÕES
DISJUNTAS DE *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811
(HYMENOPTERA: APIDAE)**

CRISTOVAM ALVES DE LIMA JUNIOR

Engenheiro Agrônomo

Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2006.

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof^o Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Co-Orientador: Prof^o Dr. Wyratan da Silva Santos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

L732 Lima Junior, Cristovam Alves de
Divergências morfométricas entre populações disjuntas de *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) / Cristovam Alves de Lima Junior. - Cruz das Almas, Ba, 2011.
54f.; il.

Orientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho.
Co-orientador: Wyratan da Silva Santos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1. Abelha - Criação 2. Morfologia 3. Abelhas sem ferrão.
I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD: 638.12

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
CRISTOVAM ALVES DE LIMA JUNIOR**

Prof^o Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - UFRB
(Orientador)

Prof^o Dr. Edilson Divino Araújo
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - UFS

Prof^o Dr. Gilberto Marcos de Mendonça Santos
Departamento de Ciências Biológicas - UEFS

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em
conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em

*A minha amada esposa Marília e meu filho Kaique
Aos meus pais Cristovam e Edna
A minha irmã Ravena
Por todo amor, incentivo, paciência e companheirismo,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade da vida, força, tranquilidade e sabedoria nos momentos difíceis.

Ao Professor Carlos Alfredo Lopes de Carvalho pela orientação, incentivo, amizade e dedicação.

Ao Professor Wyratan da Silva Santos pela amizade, orientação e ensinamentos.

A Professora Geni da Silva Sodré pela amizade e incentivo.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos e pelo apoio AUX-PE-PNPD-1598/2008.

Aos meus colegas de curso pela amizade e convívio.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias pelos ensinamentos.

A todos os integrantes do grupo Insecta, pelo convívio, por todo auxílio no desenvolvimento deste trabalho e momentos de descontração.

Ao Professor Tiago Maurício Franco pela oportunidade de estágio na USP, ensinamentos e atenção dedicada.

Ao Professor Carlos Lêdo pelo apoio e ensinamentos.

A grande amiga Cerilene por todo apoio e incentivo.

A Lorena Nunes por todos os ensinamentos, apoio e amizade.

A minha sogra Marlene, meu sogro Paulo e cunhadas pelo acolhimento e amizade.

A todos os meus colegas de trabalho, em especial a Karina, Lucas, Marylucia, Carol, Cristiano, Aline e Wagner pelo convívio, amizade e incentivo.

Aos Professores Everson Meireles e Jesus Mendez pelo apoio e compreensão.

Ao Professor Oton Meira Marques pela amizade e ensinamentos.

A Antonio Helder e Fábio Matos pela grande amizade.

Aos Professores Edilson Divino de Araújo e Gilberto Marcos de Mendonça Santos pelas valiosas contribuições.

A todos os meus amigos pelo apoio, incentivo e confiança.

E a todos que contribuíram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO	01
Capítulo 1	
VARIAÇÃO MORFOMÉTRICA ENTRE POPULAÇÕES DISJUNTAS DE <i>Melipona scutellaris</i> LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE).....	09
Capítulo 2	
DIVERGÊNCIA POPULACIONAL DE <i>Melipona scutellaris</i> LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE) EM DUAS ÁREA RESTRITAS NA BAHIA.....	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS	53

DIVERGÊNCIAS MORFOMÉTRICAS ENTRE POPULAÇÕES DISJUNTAS DE *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE)

Autor: Cristovam Alves de Lima Junior

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

RESUMO: A criação de abelhas sem ferrão, especialmente de *Melipona scutellaris* Latreille, é uma atividade de grande importância tanto ecológica como econômica principalmente pelo fato desta espécie ser um excelente polinizador de espécies nativas além de gerar um incremento na renda dos agricultores familiares a partir da exploração de seus produtos. O conhecimento sobre a diversidade desses meliponíneos numa determinada região é um dos pontos principais para o desenvolvimento de planos de manejo para a exploração racional e sua conservação. Uma técnica muito eficiente para determinar a diversidade existente entre populações de insetos é a morfometria. O objetivo deste estudo foi avaliar a variação biogeográfica de *M. scutellaris* oriundas de duas áreas de mata no Estado da Bahia – um Fragmento de Mata Atlântica e um Fragmento de Mata Semidecidual, gerando informações que contribuam para o desenvolvimento racional e sustentável da criação dessa espécie de abelha. Para as análises morfométricas foram utilizados caracteres das asas anteriores direitas de operárias. Para a morfometria convencional foram realizadas 13 medidas nas asas e para a geométrica foram estabelecidos 15 marcos anatômicos. Houve diferença significativa entre as populações de *M. scutellaris* das duas localidades que provavelmente é resultante das variações ambientais, além da distância geográfica entre as áreas o que impede a troca de material genético entre as colônias das localidades estudadas.

Palavras-chaves: Meliponicultura, morfometria, diversidade, urucu

MORPHOMETRIC DIVERGENCES BETWEEN DISJUNCT POPULATIONS OF *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE)

Author: Cristovam Alves de Lima Junior

Adviser: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

ABSTRACT: Stingless bee beekeeping, especially of *Melipona scutellaris* Latreille, is a very important ecological and economic activity especially due to the fact that this species is an excellent pollinator of native species and capable of generating an increment in the income of agricultural families by the exploitation of its products. Knowledge of the diversity of these stingless bees in a certain region is one of the key points for the development of management strategies in regard to its rational exploration as well as its conservation. A very efficient technique to determine the diversity between a population of insects is morphometrics. The objective of the present work was to evaluate the biogeographic variation of *M. scutellaris* from two forest areas in the State of Bahia - a fragment of the Atlantic Forest and of a fragment of the Semidecidual Forest, generating information to contribute to the rational and sustainable development of stingless beekeeping. For the morphometric analysis, characteristics of the right forewing of the worker bees were used. For the conventional morphometrics, 13 measurements were carried out in the wings and for the geometric measurements, 15 landmarks were established. There was significant difference between the populations of *M. scutellaris* of both locations, which probably resulted by environmental variations and geographical distance between the areas; which prevents exchange of genetic material between the colonies of the locations studied.

Key- words: Stingless bee beekeeping, morphometrics, diversity, “*uruçu*” bee.

INTRODUÇÃO

As Abelhas

As abelhas compõem um dos grupos de insetos mais importantes para o homem por permitir a exploração econômica de seus produtos e, principalmente, por contribuir para o aumento da produção de frutos e sementes de diversos vegetais de interesse agroflorestal através da polinização (BARRETO, 2008).

As abelhas da subfamília Meliponinae (Hymenoptera; Apidae) são conhecidas como “abelhas indígenas sem ferrão”, pelo fato de elas possuírem o ferrão atrofiado, sendo, portanto, incapazes de ferocar. São encontradas nas Américas do Sul e Central, na Ásia, nas Ilhas do Pacífico, na Austrália, em Nova Guiné e na África. Taxonomicamente estão subdivididas em duas tribos: Meliponini, formada apenas pelo gênero *Melipona*, encontrada, exclusivamente, na região Neotropical (América do Sul, Central e Ilhas do Caribe), e *Trigonini*, que agrupa grande número de gêneros e está distribuída em toda a área de distribuição da subfamília (CAMPOS e PERUQUETTI, 1999).

No Estado da Bahia destacam-se três espécies de melíponas: a urucu (*Melipona scutellaris*) e duas mandaçaias (*Melipona quadrifasciata* e *Melipona mandacaia*), consideradas como produtoras de mel, pólen, além da produção de enxames para meliponários (CARVALHO et al. 2003).

A *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 faz seu ninho principalmente em ocos de árvores de até 40 metros de altura. Os ninhos são construídos basicamente de cera pura ou cerume (cera, própolis e barro), a entrada é formada com barro e própolis moldando em forma de estrias ou sulcos (KERR et al. 1996).

A *M. scutellaris* encontra-se distribuída na região Nordeste do Brasil desde o Rio Grande do Norte à Bahia. No Estado da Bahia sua distribuição abrange uma área vasta ocorrendo desde o litoral às serras do centro do Estado, habitando áreas de floresta úmida, onde encontra ambiente adequado para expressar seu potencial produtivo (ALVES, 2010).

Moreti et al. 2006 ressaltam que as mudanças causadas pelas atividades antrópicas têm promovido alterações nas condições dos habitats das abelhas, comprometendo a diversidade desses insetos.

Segundo Araújo et al. (2004), para conservação da biodiversidade em fragmentos de floresta tropical, a extinção diferencial de espécies de meliponíneos pode conduzir a uma mudança em abundância e diversidade de plantas porque os meliponíneos são um dos principais agentes polinizadores de espécies florestais tropicais. Neste contexto, esforços voltados para o estudo dos meliponíneos, em especial *M. scutellaris*, são importantes na geração de informações sobre o estado de conservação dessas espécies além de subsidiar planos de manejo para a preservação dessas abelhas e proporcionar melhorias para os criadores (CARVALHO et al. 2003; NUNES et al. 2007).

A Morfometria

A quantificação de fenômenos por meio de modelos matemáticos e métodos estatísticos é uma prática estabelecida em diversos ramos da biologia. A morfologia acompanhou esta tendência quando percebeu-se que as modificações da forma biológica ao longo da evolução dos grupos seriam passíveis de descrição em termos de formalismos matemáticos (MONTEIRO e REIS, 1999).

Segundo Peres-Neto 1995, diversas disciplinas têm interesse na aplicação de estudos morfométricos como: Taxonomistas – utilizam morfometria para mensurar diferenças entre espécies; Ecológicos – discutem que forma e tamanho de um organismo devem caracterizar mais precisamente aspectos como alimentação, uso de microhabitat, pressão seletiva, competição, predação etc.; Geneticistas – preocupam-se em medir a herdabilidade de caracteres morfométricos, visto que podem quantificar e separa as influências genotípicas das ambientais sob o fenótipo de uma população.

Estudos morfométricos podem ser mensurados por técnicas biométricas que avaliam as características físicas ou comportamentais dos seres vivos, buscando estudar a variação da forma biológica por correlações entre as distâncias medidas em estruturas biológicas. Nos insetos, a morfometria é largamente aplicada principalmente em estudos de fisiologia, ecologia e sistemática (NUNES, 2008).

Diversos estudos de morfometria em abelhas foram realizados como, para discriminar raças de *Apis mellifera*, explicar a africanização da população neotropical de *A. mellifera*, verificar o processo de adaptação das abelhas africanizadas e distinguir abelhas africanizadas, coletadas no Brasil, de subespécies Africanas e Européias (CREWE et al. 1994; DINIZ-FILHO e MALASPINA 1996; OLIVEIRA-JR et al. 2000; FRANCOY et al. 2008).

Em meliponíneos técnicas morfométricas foram utilizadas para relacionar o tamanho generalizado das asas à distância de vôo, comparação de populações de *M. scutellaris*, variação populacional em *M. quadrifasciata anthidioides*, além de estudos para diferenciação de espécies de abelhas sem ferrão (ARAÚJO et al. 2004; NUNES et al. 2007; NUNES et al. 2008; FRANCOY et al. 2009).

A Análise Estatística Multivariada

Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais (ACP) tem como principal objetivo o de explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p -variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Estas combinações lineares são chamadas de componentes principais e não são correlacionadas entre si e não atribui grupos *a priori* (MINGOTI, 2007).

A ACP é usada para resumir a maior parte da informação original (variância) a um número mínimo de fatores, ou seja, esta análise visa a redução de dados em poucos fatores que expliquem a porção máxima da variância total representada no conjunto original de variáveis (HAIR et al. 2009). Assim na ACP o primeiro componente explica a maior variação total existente, o segundo a segunda maior variação, e assim sucessivamente (CRUZ e CARNEIRO, 2001).

Normalmente, os estudos que empregam a análise dos componentes principais e variáveis canônicas, começam com as medições do comprimento e da largura das partes do organismo que se presume ser comparáveis, ou seja, homólogas. Estas medidas de tamanho são, então, algebricamente manipuladas para produzir compostos das variáveis medidas, ou seja, combinações lineares que discriminem melhor as amostras ou descrevem o que mais varia dentro deles (ZELDITCH et al. 1995).

Análise Discriminante

Segundo Mingoti (2007), a análise discriminante é uma técnica utilizada para classificação de elementos de uma amostra ou população. Para sua aplicação é necessário que os grupos para os quais cada elemento amostral possa ser classificado sejam definidos, isto é, os grupos são definidos *a priori* considerando-se suas características gerais.

Nas análises discriminantes, são geradas equações de reposicionamento dos pontos nos gráficos e os indivíduos são classificados como pertencentes aos grupos de acordo com a menor distância entre os indivíduos e os centróides dos grupos (FRANCOY e IMPERATRIZ-FONSECA, 2010). O centróide de um grupo é a média dos escores discriminantes para todos os indivíduos em um grupo particular (HAIR et al. 2009).

Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento ou *cluster*, objetiva dividir os elementos da amostra ou população em grupos, de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si com relação às variáveis analisadas e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas variáveis. Desta forma, os agrupamentos resultantes devem exibir elevada homogeneidade interna (dentro do agrupamento) e elevada heterogeneidade externa (entre agrupamentos) (MINGOTI, 2007; HAIR et al. 2009).

Para realizar o agrupamento de objetos (elementos) é necessário descobrir o quanto eles são semelhantes ou não com relação ao conjunto de variáveis estudadas, através de medidas de similaridade ou dissimilaridade como a medida de distância D^2 de Mahalanobis.

De acordo com Hair et al. (2009), a distância de Mahalanobis é uma medida generalizada de distância que explica as correlações entre variáveis de uma maneira que pondera igualmente cada uma delas além de incorporar diretamente um processo de padronização não somente em termos de desvios-padrão, mas também soma a variância-covariância interna de grupos, que ajusta correlações entre as variáveis.

Conforme Cruz e Carneiro (2001) a distância D^2 de Mahalanobis é dada por:

$$D_{ii'}^2 = \delta' \psi^{-1} \delta$$

- $D_{ii'}^2$ Distância de Mahalanobis entre os genótipos i e i'
 ψ Matriz de variâncias e covariâncias residuais
 δ' [d_1 d_2 ..., d_v], sendo $d_j = Y_{ij} - Y_{i'j}$
 Y_{ij} Média do i -ésimo genótipo em relação à j -ésima variável

Após a obtenção das distâncias de similaridade ou dissimilaridade é necessário escolher a técnica de agrupamento que pode ser hierárquica ou não hierárquica, sendo as hierárquicas divisivas ou aglomerativas como o método UPGMA (MINGOTI, 2007).

Segundo Landim (2001), o método de agrupamento mais comumente utilizado é UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages*), que realiza o cálculo dos valores médios das variáveis e atribui sempre o mesmo peso aos dois elementos que estão sendo integrados.

Objetivo

Considerando a importância da espécie *M. scutellaris* e a necessidade de estudos relacionados às suas populações este trabalho objetivou avaliar possíveis variações biogeográficas em *M. scutellaris* em duas áreas de mata no Estado da Bahia, um Fragmento de Mata Semidecidual e um Fragmento de Mata Atlântica.

O estudo foi dividido nos seguintes capítulos:

Capítulo 1: Variação morfométrica entre populações disjuntas de *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae); e

Capítulo 2: Divergência populacional de *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) em duas áreas restritas na Bahia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M. O. **Avaliação de parâmetros biométricos e produtivos para seleção de colônias da Abelha Uruçu (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811).** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas–BA. 2010. 107 p.

ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Interference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, v.64, n.3B, p. 563-368, 2004.

BARRETO, A. Q. **Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) no entorno de fragmento de mata semidecidual no Estado da Bahia.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas–BA. 2008. 63 p.

CAMPOS, L. A. de O.; PERUQUETTI, R. C. **Biologia e criação de abelhas sem ferrão.** Viçosa: UFV, Ano 20, n82, 1999, 36p. (Informe Técnico).

CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O.; SOUZA B. A. **Criação de abelhas sem ferrão: aspectos práticos.** Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI, 2003. 42 p. (Série Meliponicultura – 01).

CREWE, R. M.; HEPBURN, H. R.; MORITZ, R. F. A. Morphometric analysis os 2 southern African races of honey bee. **Apidologie**. v. 25, n. 1, p. 61-70. 1994.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV. v.2. 2001. 390p.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; MALASPINA, O. Geographic variation of Africanized honey bees (*Apis mellifera*) in Brazil - multivariate morphometrics and racial admixture. **Brazilian Journal of Genetics**, v.19, n.2, p. 217-224, 1996.

FRANCOY, T. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A morfometria geométrica de asas e a identificação automática de espécies de abelhas. **Oecologia Australis**, v.14, n.1, p. 317-321, 2010.

FRANCOY, T. M.; SILVA R. A. O.; NUNES-SILVA P.; MENEZES C.; IMPERATRIZ-FONSECA V. L. Gender Identification of five genera of stingless bees (Apidae, Meliponini) based on wing morphology. **Genetics and Molecular Research**, v.8, n.1, p. 207-214, 2009.

FRANCOY, T. M.; WITTMAN, D.; DRAUSCHKE, M.; MULLER, S.; STEINHAGE, V.; BEZERRA-LAURE, M. A. F.; DE JONG, D.; GONÇALVES, L. S. Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures. **Apidologie**, v. 39, n. 5, p. 488-494, 2008.

HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Tradução de Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto, 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. **Abelha Uruçu. Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte- MG, Ancagaú, 1996. 143p.

LANDIM, P. M. B. **Geologia Quantitativa: Introdução à análise estatística de dados geológicos multivariados**. Rio Claro – SP, 2001. (Livro em CD-ROM).

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Editora UFMG, 2007. 297p.

MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto: Holos, 1999. 188p.

MORETI, A. C. C. C.; ANACLETO, D. A.; D'ÁVILA, M.; VIEIRA, G. H. C.; MARCHINI, L. C. Abelhas visitantes em vegetação de diferentes áreas remanescente de cerrado. **Magistra**, v. 18, n. 4, p. 229 – 248. 2006.

NUNES, L. A. **Estudo morfológico das populações de *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) na região semi-árida do estado da Bahia.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas–BA. 2008. 67 p.

NUNES, L. A.; ARAUJO, E. D.; CARVALHO, C. A. L.; WALDSCHMIDT, A. M. Population divergence of *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera: Apidae) endemic to the semiarid region of State of Bahia, Brazil. **Sociobiology**, v. 52, n. 1, p. 81-93, 2008.

NUNES, L. A.; PINTO, M. F. F. C.; CARNEIRO, P.; PEREIRE, D. G.; WALDSCHMIDT, A. M. Divergência Genética em *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) com base em Caracteres Morfológicos. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2007.

OLIVEIRA-JR, W. P.; BRANDEBURGO, M. A. M.; MARCOLINO, M. T. Morphometrics and adaptatives aspects in africanized honeybees (*Apis mellifera*) **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 2, p. 307-314, 2000.

PERES-NETO, P. R. Introdução a análises morfométricas. **Oecologia Brasiliensis**, v.2, n. 1, p.57-89, 1995.

ZELDITCH, M. L.; FINK, W. L.; SWIDERSKI, D. L. Morphometrics, homology, and phylogenetics: quantified characters as synapomorphies. **Systematic Biology**, v. 44, n. 2, p. 179-189, 1995.

CAPÍTULO 1

VARIAÇÃO MORFOMÉTRICA ENTRE POPULAÇÕES DISJUNTAS DE *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE)¹

¹Manuscrito a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Iheringia Serie Zoologia.

VARIAÇÃO MORFOMÉTRICA ENTRE POPULAÇÕES DISJUNTAS DE *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE)

RESUMO: O manejo inadequado de colônias de *Melipona scutellaris*, além da fragmentação de seus habitats pode diminuir suas populações e conseqüentemente levar a perda de diversidade que é um fator primordial para a manutenção dessa espécie no ecossistema. O objetivo deste estudo foi avaliar a variação morfométrica em populações *M. scutellaris* de oriundas de duas áreas de mata no Estado da Bahia – um Fragmento de Mata Atlântica e um Fragmento de Mata Semidecidual. Foram coletadas operárias de 20 colônias, sendo 10 por localidade e 10 abelhas por colônia, totalizando 200 indivíduos. Para análise morfométrica foram utilizados 13 caracteres das asas anteriores direitas. Foram empregadas análises de variância univariada e multivariada, análise de componentes principais, análise discriminante e de agrupamento. Com as funções discriminantes foi possível classificar corretamente 93,5% dos indivíduos nas respectivas localidades e pela validação cruzada a taxa de identificação correta alcançou média de 92,5%. Houve diferença morfométrica significativa entre as colônias (λ de Wilk = 0,00149; $p < 0,00001$), além da formação de nove grupos na análise de agrupamento, evidenciando a diversidade morfométrica existente tanto entre as colônias dentro da mesma localidade quanto entre colônias de localidades diferentes.

Palavras-chave: Morfometria convencional, diversidade, Abelha sem ferrão.

MORPHOMETRIC VARIATION BETWEEN DISJUNCT POPULATIONS OF *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE)

ABSTRACT: The inadequate management of colonies of *Melipona scutellaris*, in addition to fragmentation of their habitats can reduce their populations and thus lead to loss of diversity which is key factor in maintaining this species in the ecosystem. The objective of the present study was to evaluate the morphometric variation in populations of *Melipona scutellaris* from two locations in the State of Bahia – a fragment of the Atlantic Forest and a fragment of the Semidecidual Forest. Working bees were collected from 20 colonies, whereas 10 by location and 10 bees per colony, in a total of 200 individuals. For the morphometric analysis, 13 characteristics of the right forewing were used. Uni and multivariate variance analysis as well as principal components, discriminating and cluster analysis, were carried out. With the discriminating functions it was possible to correctly classify 93.5% of the individuals in their respective localities and by cross validation the rate of correct identification reached an average of 92.5%. There was significant difference between the colonies (Wilk's $\lambda = 0.00149$; $p < 0.00001$), and the formation of nine groups by cluster analysis showing the morphometric diversity present between the colonies within the same location as well as between colonies of different locations.

Key-words: Conventional morphometrics, diversity, stingless bees.

INTRODUÇÃO

As espécies de abelhas encontradas no Brasil merecem destaque pelo fato de terem recebido pouca atenção, considerando a sua importância para o equilíbrio ambiental e a produção de frutos e sementes principalmente das árvores nativas (KERR *et al.* 1996).

Os alarmes sobre a recente perda da biodiversidade exigem esforços voltados para o desenvolvimento de estratégias de conservação e de sustentabilidade, tornando-se importante desenvolver e testar novas ferramentas para avaliar a diversidade em diferentes escalas (MENDES *et al.* 2007). NUNES *et al.* 2007 ressaltam que a fragmentação de habitats, além do manejo inadequado de espécies de abelhas nativas podem contribuir para a diminuição da diversidade dessas espécies e comprometer a manutenção desses indivíduos na natureza.

A morfometria multivariada é uma ferramenta útil em biologia evolutiva para detectar variação em caracteres quantitativos, para avaliar padrões de relação fenética e, em alguns casos, para testar hipóteses filogenéticas históricas, sendo muito empregadas nesses estudos as análises das funções discriminantes e dos componentes principais, que avaliam a variação morfométrica dentro e entre populações, procuram relacionar variação ambiental e diferenciação fenotípicas (REIS, 1988).

Em abelhas, destaca-se o estudo com a morfometria multivariada de RUTTNER *et al.* (1978), que descreve uma série de 40 medidas necessárias para a discriminação das subespécies de *Apis mellifera*. PIGNATA & DINIZ-FILHO (1996) em estudos com 16 espécies de Meliponinae verificaram que o tamanho do corpo de operárias geralmente é considerado uma adaptação para atividade de exploração de recurso floral (forrageamento), sendo que a maior parte da variação morfológica dessas espécies ocorre independentemente da própria filogenia.

De acordo com ROUBIK (1989), o tamanho do corpo, a extensão, largura e forma das asas das abelhas são considerados passíveis de variação e por isso podem ser utilizados para diferenciar populações e compreender a dispersão e fluxo gênico.

Neste contexto, duas populações isoladas de *M. scutellaris* oriundas de duas áreas de mata no Estado da Bahia, um Fragmento de Mata Atlântica e um Fragmento de Mata Semidecidual, foram avaliadas quanto à variação morfométrica de suas populações, de forma a identificar possíveis variações biogeográficas dessa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

As populações de *M. scutellaris* (Fig. 1) foram amostradas entre janeiro e fevereiro de 2009, em duas áreas de mata do Estado da Bahia (Fig. 2), sendo uma no Fragmento de Mata Atlântica, zona litorânea, no município de Vera Cruz-BA, Ilha de Itaparica (12° 57' 37"S; 38° 36' 31"W; Altitude: 13 m) com clima úmido a subúmido com pluviosidade média anual de 1800mm e temperatura média de 24,5 °C (SEI, 2002) e a outra em um fragmento de Mata Semidecidual (contornada por Caatinga), na região da Chapada Diamantina, no município de Mundo Novo (12°02'59"S e 40°29'43"W; altitude 604 m) com clima subúmido a seco, pluviosidade de 700 mm a 900 mm e temperatura média anual de 27°C (SEI, 2002). Estas áreas encontram-se a uma distância de 230 quilômetros entre si.



Figura 1. Operária de *Melipona scutellaris* e colônia em caixa racional modelo INPA.

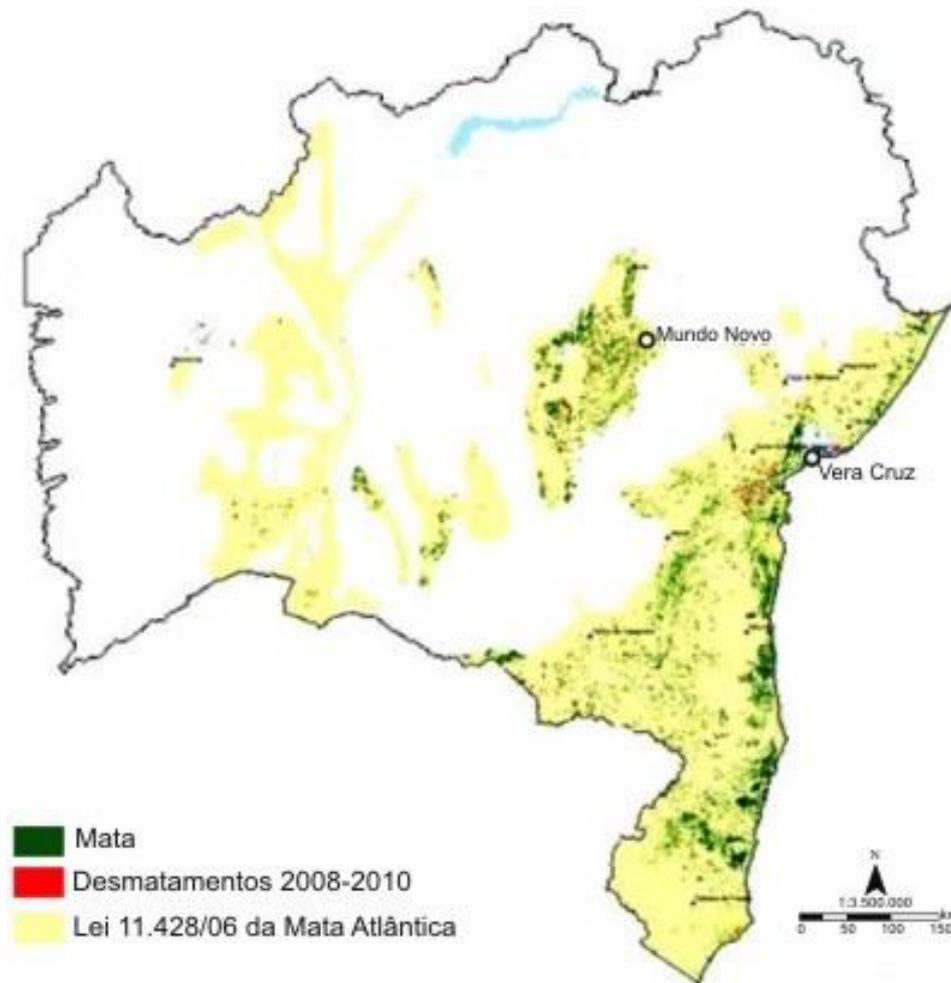


Figura 2. Origem das colônias de *Melipona scutellaris* (Mapa adaptado do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica 2008-2010 da Fundação SOS Mata Atlântica, 2011).

Para a análise morfométrica foram utilizados caracteres das asas anteriores direitas de 10 indivíduos (operárias) de cada colônia. As colônias foram nomeadas conforme o local de origem, sendo para o Fragmento de Mata Atlântica – colônias FMA 01 a 10; e para o Fragmento de Mata Semidecidual – colônias FMS 01 a 10. As asas foram retiradas e dispostas entre duas lâminas para a captura das imagens com o programa Motic 2.0 ML utilizando câmara digital acoplada em um estereomicroscópio, com aumento de 7,5 X. As asas de cada indivíduo foram identificadas e armazenadas em tubos tipo Eppendorf de 1,5 ml, e depositados no Núcleo de Estudos dos Insetos INSECTA do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em Cruz das Almas - BA.

Para a análise com morfometria convencional foram realizadas medidas dos caracteres das asas anteriores conforme a Fig. 3 utilizando o programa Motic 2.0 ML.

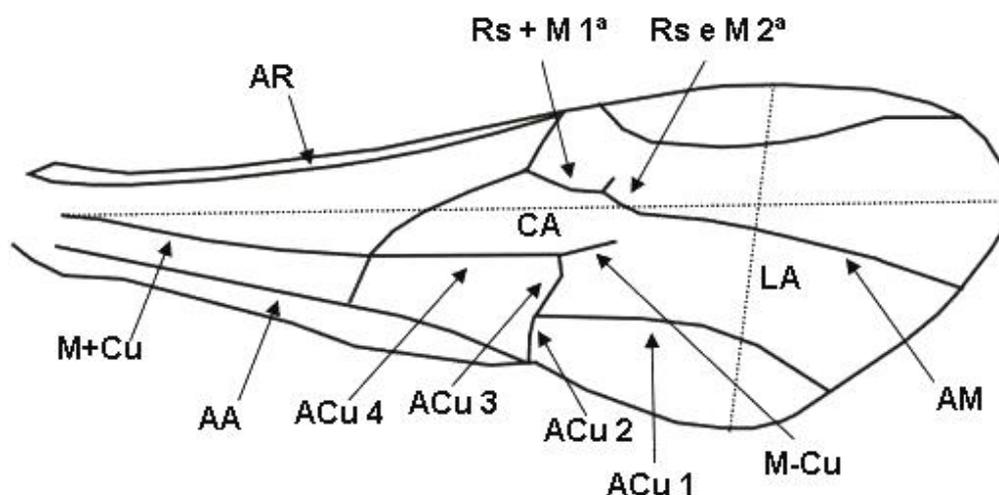


Figura 3. Caracteres utilizados para a morfometria da asa anterior da *Melipona scutellaris*. Largura (LA) e comprimento máximo da asa (CA), comprimentos das nervuras radial (AR), radio sector + medial 1ª (RS+M1ª), radio sector + medial 2ª (RS+M2ª), medial (AM), medial-cubital (M-Cu), cubital 1 (ACu1), cubital 2 (ACu2), cubital 3 (ACu3), cubital 4 (ACu4), anal (AA), medial + cubital (M+Cu).

Análise estatística

Foi realizada uma análise com estatísticas descritivas como também análise de variância para cada variável com todas as colônias utilizadas no estudo. As análises de variância foram realizadas com o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

Para verificar a existência de diferenças entre as colônias de *M. scutellaris*, os dados foram analisados empregando a análise de variância multivariada (MANOVA), análise de componentes principais (ACP), análise discriminante (realizada com o software XLSTAT Versão 2011.1.02) e análise de agrupamento por UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average*) através da matriz de dissimilaridade (D^2 de Mahalanobis) com o programa STATISTICA 9.0 (STAT SOFT, 2010).

Para o cálculo da contribuição relativa de cada variável para divergência foi utilizado o critério de SINGH (1981) e esta análise foi realizada pelo programa Genes (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Análise de Variância Multivariada (MANOVA), verificou-se a existência de diferença altamente significativa entre as colônias de áreas diferentes (λ de Wilk = 0,00149; $p < 0,00001$) e que todas as variáveis analisadas contribuíram significativamente para a separação a nível de colônia, evidenciando a existência de variabilidade morfométrica entre as localidades.

Com a Análise de Componentes Principais (ACP) pode-se verificar a separação entre os indivíduos pertencentes às respectivas áreas, ou seja, existe naturalmente a separação de grupos por localidade, uma vez que na ACP os grupos não são identificados *a priori*. Esta separação é representada graficamente num espaço bidimensional formado pelos escores dos dois primeiros componentes principais (Fig. 4).

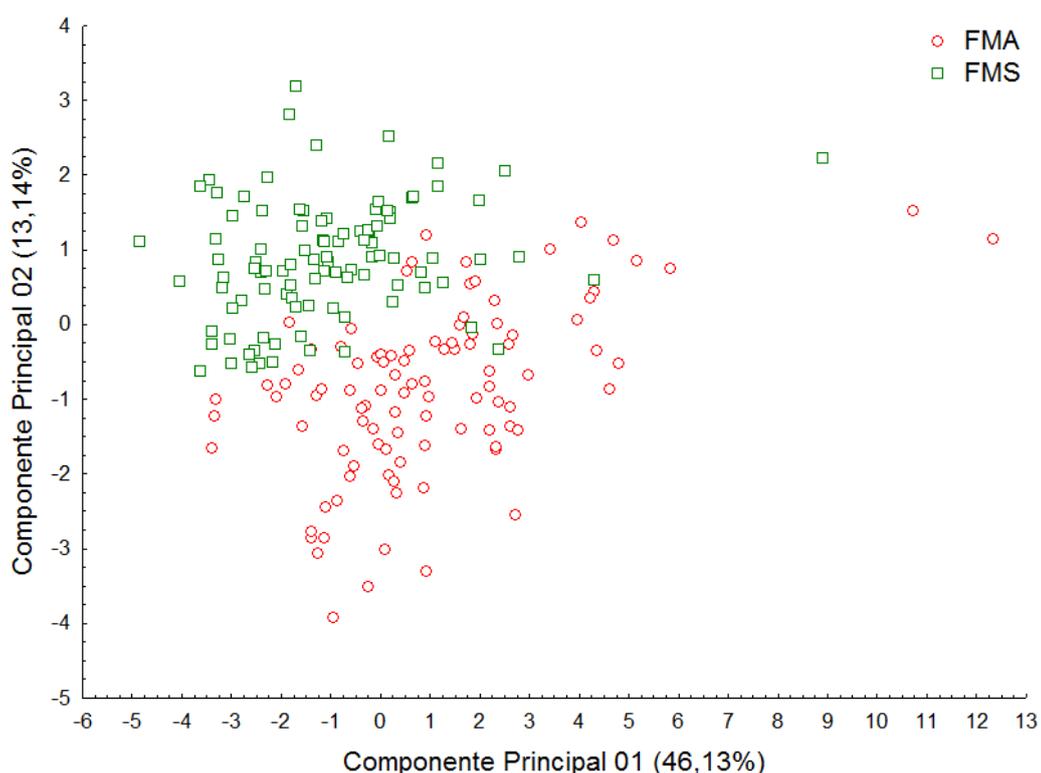


Figura 4. Dispersão das populações de *Melipona scutellaris* de duas áreas restritas no Estado da Bahia com análise de componentes principais. Pontos com mesmo formato no gráfico representam as operárias pertencentes às respectivas áreas como apresentado na legenda. FMA= Fragmento de Mata Atlântica; FMS = Fragmento de Mata Semidecidual.

Os três primeiros componentes principais explicaram 67,58% da variação, sendo que o primeiro explicou 46,13%, seguido pelo segundo e terceiro com 13,14% e 8,31% respectivamente (Tab. I).

Tabela I. Autovalor, variação total e acumulada dos componentes principais obtidos de 13 caracteres de asas de *Melipona scutellaris*.

Componente Principal	Autovalor	Variação Total (%)	Autovalor Acumulado	Variação Acumulada (%)
1	5,9969	46,1303	5,9969	46,13
2	1,7083	13,1405	7,7052	59,27
3	1,0808	8,3137	8,7860	67,58
4	0,9841	7,5699	9,7701	75,15
5	0,7982	6,1397	10,5682	81,29
6	0,7090	5,4542	11,2773	86,75
7	0,5024	3,8647	11,7797	90,61
8	0,3386	2,6047	12,1183	93,22
9	0,2947	2,2667	12,4130	95,48
10	0,2049	1,5758	12,6178	97,06
11	0,1519	1,1686	12,7698	98,23
12	0,1291	0,9930	12,8988	99,22
13	0,1012	0,7781	13,0000	100,00

As variáveis que mais contribuíram para o primeiro componente principal (Tab. II) foram o Comprimento da Asa (CA), Cubital 1 (ACu1) e comprimento da Nervura Radial (AR). Para o segundo Componente principal as variáveis que mais contribuíram foram Radio Sectar + Medial 1^a (Rs+M1^a) e Cubital 3 (ACu3).

Tabela II. Contribuição das variáveis para os componentes principais obtidos de 13 caracteres de asas de *Melipona scutellaris*.

Variável	Componente Principal	
	CP01	CP02
Nervura Radial (AR)	-0,852889	-0,071070
Radio Sectar + Medial 1 ^a (Rs+M1 ^a)	-0,115903	-0,687888
Radio sectar + Medial 2 ^a (Rs+M2 ^a)	-0,372087	-0,505937
Largura (LA)	-0,813721	0,347925
Comprimento da Asa (CA)	-0,918926	0,016285
Medial (AM)	-0,689225	0,385227
Medial-Cubital (M-Cu)	-0,459367	0,311400
Cubital 1 (ACu1)	-0,860488	0,170762
Cubital 2 (ACu2)	-0,322494	0,128279
Cubital 3 (ACu3)	-0,433584	-0,629831
Cubital 4 (ACu4)	-0,718136	-0,402085
Anal (AA)	-0,819184	-0,044310
Medial + Cubital M+Cu	-0,840123	0,037838

PERES-NETO (1995) ressalta que em morfometria convencional o primeiro componente principal é interpretado como uma variável que representa o tamanho e que o segundo componente e os demais são considerados normalmente como dimensões que representam a forma dos indivíduos em analisados. Como neste estudo o primeiro componente principal explicou uma elevada porção da variação total encontrada e a variável que mais influenciou para a formação deste componente foi o comprimento da asa, pode-se destacar que a maior variação entre as colônias esta mais relacionada ao tamanho dos indivíduos do que à forma das asas.

Na análise univariada (Tab. III) realizada considerando-se cada variável separadamente (medida dos caracteres das asas) por colônia pode-se observar a existência de diferença significativa entre as colônias, ou seja, para cada variável, pelo menos uma colônia é diferente estatisticamente de outra pelo teste de Skot-Knott a 5% de probabilidade.

Considerando apenas as médias das medidas dos caracteres por cada localidade houve diferença significativa em 12 variáveis, sendo que somente na nervura cubital⁴ (AC4) não existiu diferença significativa das colônias por localidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nota-se também que, na maioria das variáveis que apresentaram diferença significativa os maiores valores pertencem às colônias localizadas na área de Fragmento de Mata Semidecidual, revelando que as asas dos indivíduos deste ambiente são maiores que as asas das abelhas coletadas no Fragmento de Mata Atlântica. NUNES *et al.* 2007 avaliando caracteres de asas de *M. scutellaris* encontraram diferenças entre colônias por gradientes de altitude e destacaram que esta espécie tem dificuldades em migrações verticais o que dificulta a troca de material genético entre populações de altitudes diferentes.

Tabela III. Médias das variáveis morfométricas de asas de *Melipona scutellaris* comparadas entre colônias e localidades.

Área	Colônia	AR	Rs+M1 ^a	Rs+M2 ^a	LA	CA	AM	M-Cu	ACu1	ACu2	ACu3	ACu4	AA	M+Cu
FMA	FMA 01	4,3143a	0,6940a	0,3593a	2,9059d	8,2089b	2,7948c	0,4869c	2,6280c	0,2734b	0,5057a	1,6681a	4,2915b	2,5569c
FMA	FMA 02	4,1995b	0,6424b	0,3004c	2,8989d	8,0740b	2,8881b	0,4490d	2,5373d	0,2808b	0,4811a	1,6707a	4,3272b	2,5323c
FMA	FMA 03	4,2809b	0,6449b	0,3385a	2,9703c	8,0976b	2,8262c	0,4758c	2,5890c	0,2890b	0,4943a	1,6438b	4,3456b	2,5494c
FMA	FMA 04	4,2398b	0,6102c	0,2972c	2,8949d	8,0929b	2,8427b	0,4739c	2,5241d	0,2905b	0,4699b	1,5845c	4,3187b	2,5735b
FMA	FMA 05	4,3852a	0,6762a	0,3013c	3,0493b	8,3441a	2,9087b	0,5008b	2,6517b	0,2869b	0,4873a	1,6412b	4,3936a	2,6438a
FMA	FMA 06	4,2138b	0,6265b	0,2955c	2,9271d	7,9070d	2,7241d	0,4788c	2,4778d	0,2840b	0,4833a	1,5640c	4,1960c	2,5091c
FMA	FMA 07	4,2592b	0,6432b	0,3053c	3,0037c	8,1350b	2,7782c	0,4833c	2,5219d	0,2857b	0,4800a	1,5755c	4,2863b	2,5539c
FMA	FMA 08	4,0158c	0,5834d	0,2707c	2,8376e	7,6598e	2,6828d	0,4422d	2,3999e	0,2639b	0,4285c	1,5153d	4,1010d	2,4149d
FMA	FMA 09	4,2089b	0,6260b	0,3469a	2,9716c	8,1146b	2,8536b	0,4584d	2,5996c	0,2709b	0,4705b	1,6029c	4,3046b	2,5412c
FMA	FMA 10	4,1607b	0,6538b	0,3137b	2,9994c	8,0208c	2,8231c	0,5025b	2,6062c	0,2805b	0,4620b	1,5900c	4,2560c	2,4975c
FMS	FMS 01	4,3771a	0,5966c	0,3089c	3,1365a	8,3625a	2,9415a	0,5017b	2,7386a	0,2979b	0,4751a	1,6395b	4,4153a	2,6431a
FMS	FMS 02	4,3839a	0,5782d	0,2928c	3,0725b	8,2756a	2,8953b	0,4772c	2,6709b	0,2813b	0,4592b	1,6430b	4,3147b	2,5954b
FMS	FMS 03	4,2503b	0,6277b	0,2906c	3,0704b	8,2535a	2,9038b	0,5301a	2,6416b	0,2803b	0,4501c	1,5953c	4,2945b	2,5777b
FMS	FMS 04	4,2289b	0,6120c	0,2950c	3,0804b	8,1715b	2,8898b	0,5035b	2,6525b	0,2792b	0,4643b	1,5923c	4,3598a	2,5886b
FMS	FMS 05	4,2558b	0,6164c	0,2694c	3,0917b	8,1652b	2,8805b	0,5041b	2,6048c	0,2866b	0,4616b	1,5822c	4,2808b	2,5628c
FMS	FMS 06	4,3910a	0,5980c	0,3146b	3,1458a	8,3381a	2,8547b	0,5147b	2,6614b	0,3259a	0,4986a	1,6269b	4,4135a	2,6911a
FMS	FMS 07	4,2577b	0,5825d	0,2828c	2,9527c	7,8726d	2,7904c	0,5178a	2,5184d	0,2930b	0,4499c	1,5344d	4,2534c	2,5216c
FMS	FMS 08	4,2721b	0,6232b	0,2844c	3,0619b	8,3149a	2,9662a	0,5018b	2,6817a	0,2809b	0,4645b	1,6029c	4,3101b	2,6128b
FMS	FMS 09	4,3173a	0,6342b	0,3176b	3,1173a	8,2408a	2,8799b	0,5333a	2,7186a	0,2851b	0,4853a	1,6216b	4,3459b	2,6109b
FMS	FMS 10	4,3388a	0,5829d	0,3246b	3,1109a	8,3281a	3,0009a	0,5309a	2,7457a	0,2924b	0,4630b	1,6249b	4,4207a	2,6372a
FMA (Média)		4,2278b	0,6401a	0,3129a	2,9459b	8,0655b	2,8122b	0,4752b	2,5535b	0,2806b	0,4763a	1,6056a	4,2820b	2,5373b
FMS (Média)		4,3073a	0,6051b	0,2980b	3,0840a	8,2323a	2,9003a	0,5115a	2,6634a	0,2903a	0,4671b	1,6063a	4,3409a	2,6041a
Média Geral		4,2676	0,6226	0,3055	3,0149	8,1489	2,8563	0,4933	2,6085	0,2854	0,4717	1,6059	4,3115	2,5707
Desvio padrão		0,0898	0,0314	0,0236	0,0914	0,1810	0,0775	0,0262	0,0901	0,0124	0,0185	0,0410	0,0765	0,0620
Coeficiente de Variação (%)		2,10	5,04	7,72	3,03	2,22	2,71	5,30	3,45	4,34	3,91	2,55	1,78	2,41

Comprimentos (em milímetros) das nervuras radial (AR), radio sector + medial 1^a (RS+M1^a), radio sector + medial 2^a (RS+M2^a), largura (LA) e comprimento máximo da asa (CA), medial (AM), medial-cubital (M-Cu), cubital 1 (ACu1), cubital 2 (ACu2), cubital 3 (ACu3), cubital 4 (ACu4), anal (AA), medial + cubital (M+Cu). Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skot-Knott a 5% de probabilidade para avaliação entre colônias e teste de Tukey a 5% de probabilidade para avaliação entre localidades). FMA= Fragmento de Mata Atlântica; FMS = Fragmento de Mata Semidecidual.

Com relação ao comprimento, pode-se notar uma variabilidade nesta característica, sendo que as asas das colônias do Fragmento de Mata Atlântica, na sua maioria apresentam asas mais curtas que as colônias do Fragmento de Mata Semidecidual (Fig. 5). Apesar disso, a colônia FMA 05 apresentou comprimento semelhante ao encontrado nas asas das colônias residentes em Fragmento de Mata Semidecidual. Na colônia FMS 07, ocorre o inverso, o comprimento é o menor do seu grupo sendo esta colônia juntamente com as colônias FMA 06 e 08 as que possuem o menor comprimento de asas neste estudo.

Para a variável Largura, as asas das colônias do Fragmento de Mata Semidecidual são mais largas que as do Fragmento de Mata Atlântica, que possuem asas mais estreitas, principalmente a colônia FMA 08 que tem o menor valor para essa variável. Como na variável comprimento, a colônia FMS 07 também apresenta a menor largura, sendo esta colônia mais semelhante às colônias oriundas do Fragmento de Mata Atlântica para essa variável.

As médias e desvios-padrão de comprimento e largura por localidade são representadas na Fig. 6, onde pode-se observar que as asas das colônias residentes no Fragmento de Mata Semidecidual são mais compridas e mais largas, sendo conseqüentemente maiores que as asas das operárias das colônias do Fragmento de Mata Atlântica. Medidas de asas como comprimento, largura também foram utilizadas por SOUZA (2007) para caracterizar as populações de *Apis mellifera* da mesorregião do Sertão Paraibano por morfometria tradicional, que encontrou amostras estatisticamente diferentes com relação a essas medidas sugerindo que estas variáveis sofram influências ambientais como o tipo de vegetação existente na localidade.

ARAÚJO *et al.* (2004), em estudos com morfometria em seis espécies de meliponíneos evidenciaram que o tamanho generalizado das asas está fortemente correlacionado à distância de vôo sugerindo que espécies de meliponíneos ocupam área efetivamente maior quanto maior for o tamanho do corpo.

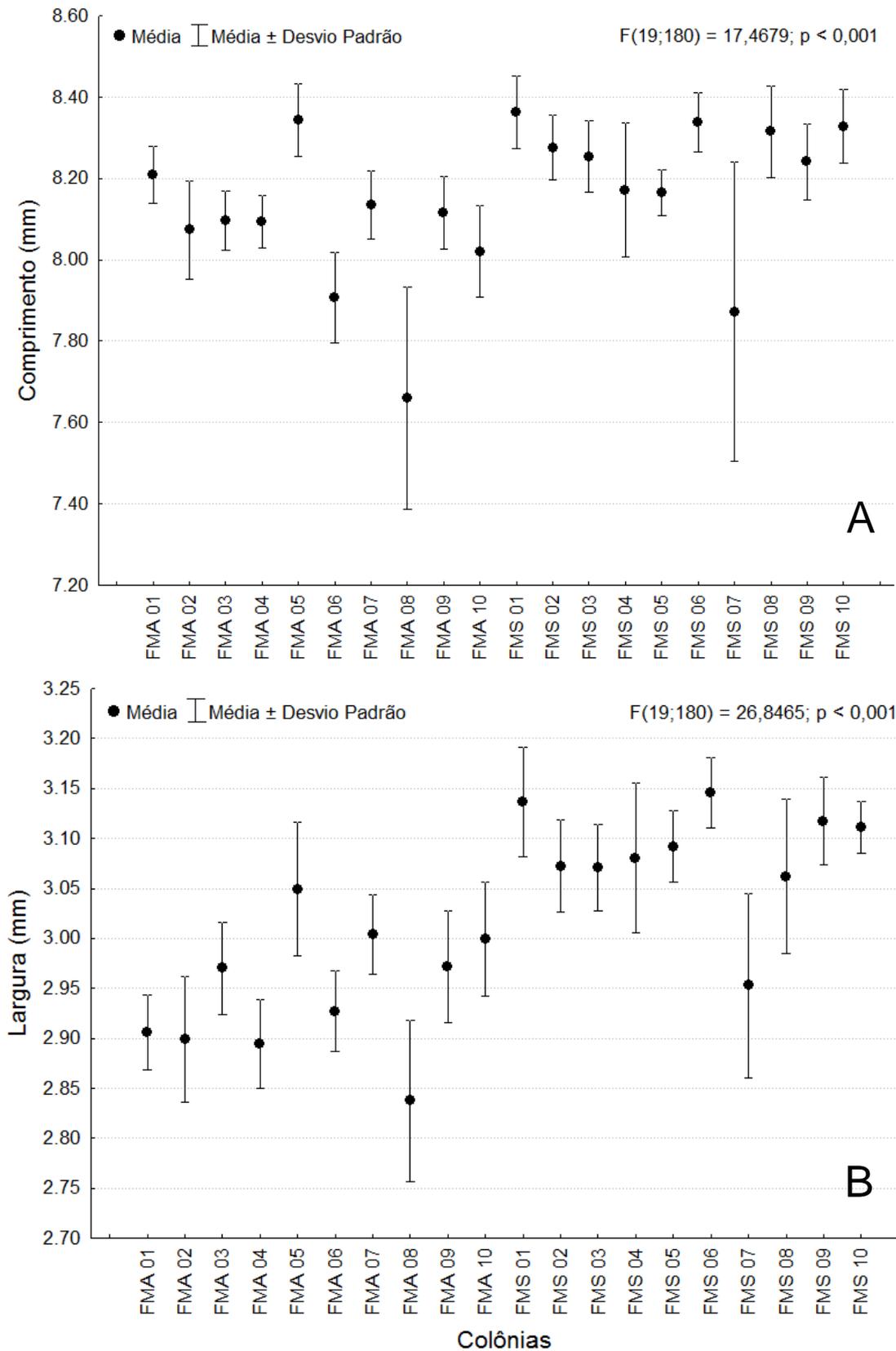


Figura 5. Comprimento (A) e Largura (B) das asas de 20 colônias de *Melipona scutellaris* provenientes de duas áreas restritas no Estado da Bahia. FMA= Fragmento de Mata Atlântica; FMS = Fragmento de Mata Semidecidual.

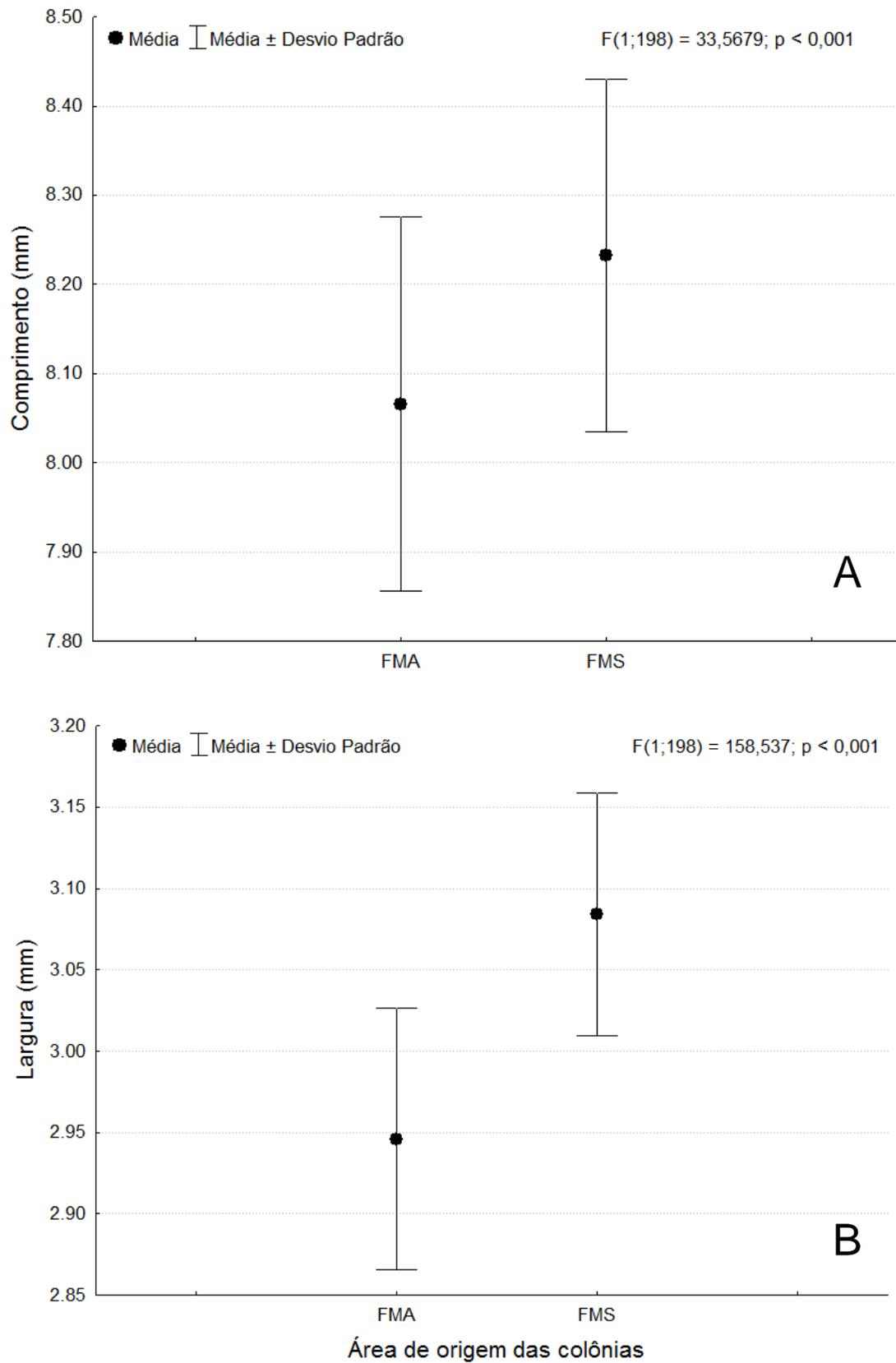


Figura 6. Comprimento (A) e Largura (B) médios das asas de *Melipona scutellaris* provenientes de duas áreas restritas no Estado da Bahia. FMA= Fragmento de Mata Atlântica; FMS = Fragmento de Mata Semidecidual.

Na análise discriminante realizada, tendo como grupo para a classificação dos indivíduos as suas colônias, 78,50% das abelhas foram classificadas corretamente dentro das suas respectivas colônias

Com o teste de validação cruzada, a média de identificação correta dos indivíduos foi de 58,0%, destacando-se as colônias FMA 01 e 04 que obtiveram 100,0% dos indivíduos identificados corretamente (Tab. V). Os testes de validação cruzada são importantes para a verificação da eficiência das equações geradas para classificação correta dos indivíduos nos seus respectivos grupos (FRANCOY & IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

Na análise discriminante realizada para classificação de indivíduos entre as localidades, o Fragmento de Mata Atlântica obteve uma taxa de classificação correta de 92,0%, já para o Fragmento de Mata Semidecidual a taxa foi de 95,0%, sendo que a média geral foi de 93,5%. Pela validação cruzada, o Fragmento de Mata Atlântica e o Fragmento de Mata Semidecidual tiveram, respectivamente, identificação correta de seus indivíduos com taxas de 91,0% e 94,0%. A média geral da validação cruzada foi de 92,5%. Essas maiores taxas de classificações e identificações considerando como unidade grupal as áreas em relação às taxas obtidas quando são consideradas as colônias como um grupo é evidenciada pelas diferenças morfológicas que são mais visíveis entre as localidades do que entre colônias individualmente, uma vez que as variações das condições ambientais que influenciam as variações de tamanho são maiores entre as localidades e menores dentro delas. NUNES *et al.* (2007) em estudos com *M. scutellaris* destaca que a variação de caracteres morfológicos de populações dessa espécie em diferentes regiões pode ser atribuída à plasticidade fenotípica, isto é, em função das diferentes condições ambientais que prevalecem em cada região.

Tabela IV. Matriz de classificação dos indivíduos de *Melipona scutellaris* dentro das respectivas colônias através de análises discriminantes. Na diagonal os números em negrito correspondem à classificação correta observada.

Colônia	FMA 01	FMA 02	FMA 03	FMA 04	FMA 05	FMA 06	FMA 07	FMA 08	FMA 09	FMA 10	FMS 01	FMS 02	FMS 03	FMS 04	FMS 05	FMS 06	FMS 07	FMS 08	FMS 09	FMS 10	Classificação Correta (%)
FMA01	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,00
FMA02	0	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80,00
FMA03	0	0	9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90,00
FMA04	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,00
FMA05	0	1	0	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80,00
FMA06	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	90,00
FMA07	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	70,00
FMA08	0	0	0	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90,00
FMA09	0	0	1	0	0	0	1	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70,00
FMA10	0	0	1	0	0	0	0	1	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	70,00
FMS01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	1	1	0	0	0	1	70,00
FMS02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	1	0	90,00
FMS03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	0	2	0	0	0	0	0	70,00
FMS04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6	1	0	0	0	0	1	60,00
FMS05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	8	0	0	0	0	0	80,00
FMS06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	1	0	90,00
FMS07	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	70,00
FMS08	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	4	1	0	40,00
FMS09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	8	0	80,00
FMS10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	80,00
Total	10	9	13	13	8	10	8	11	8	10	12	9	11	11	12	10	9	5	11	10	78,50

FMA = Fragmento de Mata Atlântica; FMS= Fragmento de Mata Semidecidual.

Tabela V. Matriz de identificação dos indivíduos de *Melipona scutellaris* por Validação Cruzada dentro das respectivas colônias. Na diagonal os números em negrito correspondem à identificação correta observada.

Colônia	FMA 01	FMA 02	FMA 03	FMA 04	FMA 05	FMA 06	FMA 07	FMA 08	FMA 09	FMA 10	FMS 01	FMS 02	FMS 03	FMS 04	FMS 05	FMS 06	FMS 07	FMS 08	FMS 09	FMS 10	Classificação Correta (%)
FMA01	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,00
FMA02	0	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80,00
FMA03	1	1	5	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,00
FMA04	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,00
FMA05	0	1	0	0	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	70,00
FMA06	0	0	0	0	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	70,00
FMA07	0	0	1	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	30,00
FMA08	0	0	0	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90,00
FMA09	0	0	1	0	1	0	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60,00
FMA10	0	0	1	0	0	0	1	1	1	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	50,00
FMS01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	1	1	0	0	0	3	40,00
FMS02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	1	0	80,00
FMS03	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	4	1	2	0	0	0	0	0	40,00
FMS04	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	2	0	0	1	1	1	10,00
FMS05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	6	0	0	0	0	0	60,00
FMS06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	0	1	1	0	70,00
FMS07	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	0	40,00
FMS08	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	2	1	1	20,00
FMS09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	5	0	50,00
FMS10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	5	50,00
Total	11	10	9	14	8	10	8	12	11	10	14	9	9	10	12	10	6	8	9	10	58,00

FMA = Fragmento de Mata Atlântica; FMS= Fragmento de Mata Semidecidual.

As distâncias D^2 de Mahalanobis calculadas a partir das 13 variáveis analisadas foram utilizadas como matriz na análise de agrupamento pelo método de UPGMA. A menor distância encontrada foi entre as colônias FMS 03 e 04 (3,45) sendo que com essa distância não houve diferença significativa entre essas colônias (Tab. VI). Para a distância D^2 de Mahalanobis também não houve diferença significativa entre as colônias FMS 03 e 05, 03 e 08, além de FMS 04 e 09.

No dendrograma obtido (Fig. 7) pode-se observar a formação de nove grupos compostos respectivamente por: I – colônia FMA 01; II – colônia FMA 02; III – colônias FMA 03, 04, 05, 09, 10; IV – colônias FMA 06 e 07; V – colônia FMA 08; VI – colônia FMS 07; VII – colônias FMS 01, 03, 04, 05, 08, 09 e 10; VIII – colônia FMS 06; e IX – colônia FMS 02. Nota-se que as colônias que não apresentaram diferença significativa para a distância D^2 de Mahalanobis, encontram-se agrupadas em um mesmo grupo (colônias FMS 03, 04, 05, 08 e 09).

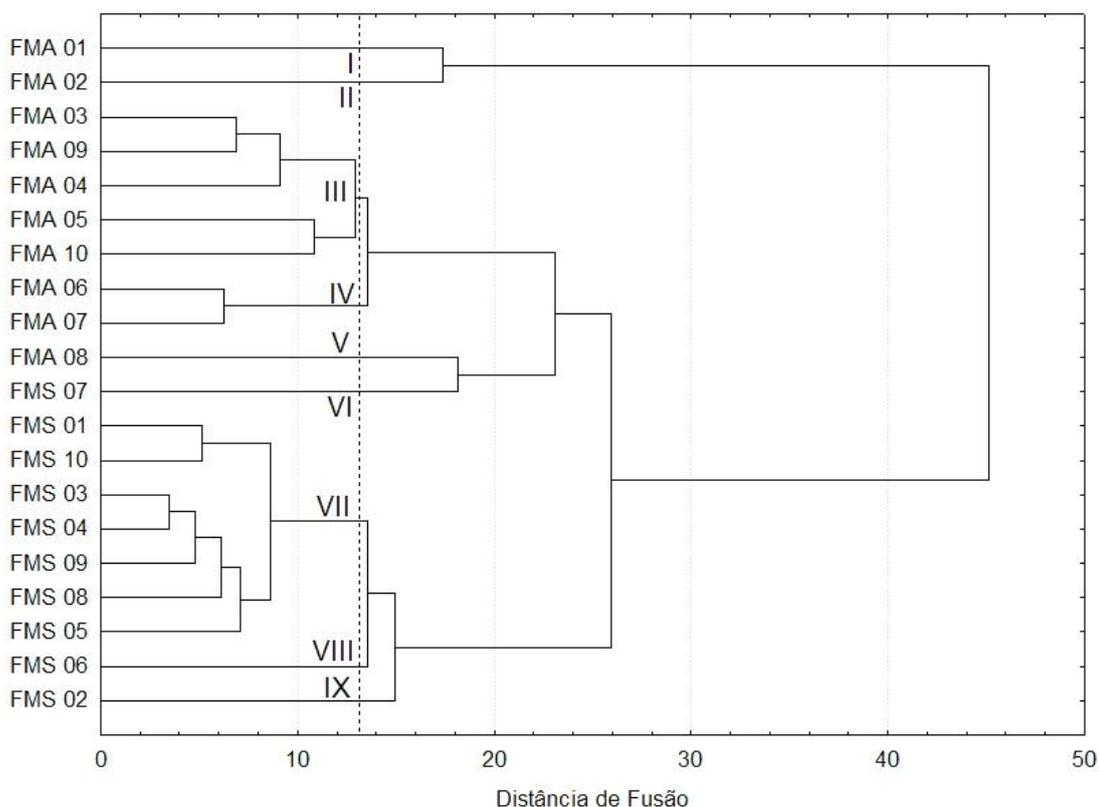


Figura 7. Dendrograma gerado por UPGMA através das distâncias de Mahalanobis entre colônias de *Melipona scutellaris* de um Fragmento de Mata Atlântica (FMA) e de um Fragmento de Mata Semidecidual (FMS). Os números romanos representam os grupos formados.

Tabela VI. Dissimilaridade entre colônias de *Melipona scutellaris* oriundas de duas áreas restritas do Estado da Bahia. Na parte superior da tabela encontram-se as distâncias D^2 de Mahalanobis e na parte inferior a significância estatística (p).

Colônia	FMA01	FMA02	FMA03	FMA04	FMA05	FMA06	FMA07	FMA08	FMA09	FMA10	FMS01	FMS02	FMS03	FMS04	FMS05	FMS06	FMS07	FMS08	FMS09	FMS10
FMA01		17,37	14,10	27,23	27,23	35,87	43,01	57,18	24,82	34,62	67,60	61,58	62,70	67,38	78,73	80,58	68,44	55,17	55,73	69,54
FMA02	0,00		8,53	15,08	22,55	27,79	32,98	37,49	16,33	27,40	52,13	45,87	46,97	48,04	56,60	62,73	53,10	40,03	48,88	50,96
FMA03	0,00	0,00		8,97	10,45	11,08	14,21	25,86	6,88	11,73	31,72	29,56	29,65	29,03	35,18	38,58	29,18	27,21	25,78	33,49
FMA04	0,00	0,00	0,00		14,47	11,59	15,06	20,05	9,30	19,05	30,45	26,77	26,83	28,27	33,28	35,49	19,85	21,30	30,89	27,36
FMA05	0,00	0,00	0,00	0,00		18,83	11,13	39,62	12,74	10,87	16,96	22,44	13,37	16,37	19,79	23,87	31,36	10,52	12,42	20,19
FMA06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		6,24	10,84	15,61	14,78	32,88	25,45	26,09	27,04	23,12	30,62	12,41	28,62	25,91	38,31
FMA07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		18,91	12,87	10,13	21,63	21,93	13,25	15,22	11,45	20,28	18,76	16,98	16,76	28,24
FMA08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		20,48	21,01	44,43	33,47	33,67	31,58	31,44	49,05	18,16	37,81	39,98	46,84
FMA09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		9,02	26,07	26,63	21,42	19,94	28,60	38,54	30,26	16,94	22,79	24,50
FMA10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		21,33	27,93	10,90	10,45	16,54	31,30	24,35	14,66	10,42	22,14
FMS01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		7,30	8,13	6,63	9,46	7,64	28,81	7,03	5,89	5,15
FMS02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		16,43	18,18	15,06	15,17	25,45	14,73	16,73	15,99
FMS03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		3,46	4,36	15,15	25,52	3,91	5,38	9,24
FMS04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,25		5,41	14,39	24,99	6,31	4,19	8,03
FMS05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,03		11,12	21,72	9,86	8,70	15,61
FMS06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		29,07	17,38	12,67	16,71
FMS07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		30,62	26,52	26,90
FMS08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,01	0,00	0,00	0,00		8,17	6,89
FMS09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00		9,54
FMS10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

FMA = Fragmento de Mata Atlântica; FMS= Fragmento de Mata Semidecidual. Em destaque encontram-se as distâncias entre os pares de colônias que foram não significativas.

O coeficiente de correlação cofenética (CCC) para este dendrograma foi de 0,76** ($p < 0,01$). Em análise de agrupamento, valores de CCC em torno de 0,80 já podem ser considerados como bons ajustes entre a matriz de distância original e a representação gráfica do agrupamento possibilitando a realização de inferências por meio da avaliação visual do dendrograma que é da figura do agrupamento (BUSSAB *et al.*, 1990).

Dentre as variáveis que mais contribuíram para a divergência entre as colônias destacam-se a Largura (L), Rs+M1, Cu1, Cu4 e Comprimento (C), que foram responsáveis por mais de 75% dessa divergência (Tab. VII).

Tabela VII. Contribuição relativa das variáveis para a divergência entre as colônias de *Melipona scutellaris*.

Variável	Contribuição relativa (%)
Largura (LA)	29,98
Radio Sectar + Medial 1 ^a (Rs+M1 ^a)	13,20
Cubital 1 (Acu1)	12,53
Cubital 4 (Acu4)	10,12
Comprimento Máximo da Asa (CA)	10,03
Medial + Cubital (M+Cu)	5,70
Medial-Cubital (M-Cu)	5,37
Radio sectar + Medial 2 ^a (Rs+M2 ^a)	4,80
Cubital 3 (ACU3)	3,34
Cubital 2 (ACU2)	2,03
Medial (AM)	1,47
Anal (AA)	1,23
Nervura Radial (AR)	0,20

A formação de grupos ilustra a diversidade morfológica ainda existente entre as colônias, apesar da fragmentação dos seus ambientes que é um fator que com o passar do tempo, pode causar a redução da variabilidade genética das abelhas nas regiões estudadas. Deve-se ressaltar que também não houve a formação de grupo composto por colônias de origem diferente, o que comprova também a diversidade morfológica entre as localidades.

Esta divergência morfológica é decorrente das variações de tamanho que são bastante influenciadas por condições ambientais como altitude, clima, vegetação (NUNES *et al.* 2007, NUNES *et al.* 2008; FRANCOY & IMPERATRIZ-FONSECA, 2010). E entre os locais de origem das colônias utilizadas nesse estudo existem

diferenças de condições ambientais marcantes, que provavelmente são os principais fatores responsáveis pela existência dessa divergência.

CONCLUSÃO

Existe divergência morfológica nas populações disjuntas de *Melipona scutellaris*, confirmando a existência de variações biogeográficas dessa espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDINSOFT SARL, 2011. XLSTAT versão 2011.1.02. para Windows.

ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J. & FOWLER, H. G. 2004. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Interference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology** 64(3B):563-368.

BUSSAB, W. O.; MIAZAKI, E. S. & ANDRADE, D. F. 1990. **Introdução à análise de agrupamentos**. São Paulo: IME/USP. 105p.

CRUZ, C. D. 2006. **Programa Genes - Biometria**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, v. 1. 382 p.

FERREIRA, D. F. 2008. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium** 6:36-41.

FRANCOY, T. M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2010. A morfometria geométrica de asas e a identificação automática de espécies de abelhas. **Oecologia Australis** 14(1):317-321.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLANTICA. 2011. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica 2008-2010**. Disponível em: < <http://mapas.sosma.org.br/dados/>>. Acesso em: 30.09.2011.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A. & NASCIMENTO, V. A. 1996. **Abelha Uruçu. Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte, Ancagaú. 143p.

MENDES, M. F. M.; FRANCOY, T.M.; NUNES-SILVA, P.; MENEZES, C. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2007. Intra-populational variability of *Nannotrigona testaceicornis* Lepelletier 1836 (Hymenoptera, Meliponini) using relative warp analysis. **Bioscience Journal** **23**:147-152.

NUNES, L.A.; ARAUJO, E. D.; CARVALHO, C. A. L. & WALDSCHMIDT A. M. 2008. Population divergence of *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera: Apidae) endemic to the semiarid region of State of Bahia, Brazil. **Sociobiology** **52**(1):81-93.

NUNES, L. A.; PINTO, M. F. F. C.; CARNEIRO, P.; PEREIRE, D. G. & WALDSCHMIDT, A. M. 2007. Divergência Genética em *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) com base em Caracteres Morfológicos. **Bioscience Journal** **23**:1-9.

PERES-NETO, P. R. 1995. Introdução a análises morfométricas. **Oecologia Brasiliensis** **2**(1): 57-89.

PIGNATA, M. I. B. & DINIZ-FILHO, J. A. F. 1996. Phylogenetic autocorrelation and evolutionary constraints in worker body size of some neotropical stingless bee (Hymenoptera, Apidae). **Heredity** **76**(3):222-228.

REIS, S. F. 1988. Morfometria e estatística multivariada em biologia evolutiva. **Revista Brasileira de Zoologia** **5**(4):571-580.

ROUBIK, D. W. 1989. **Ecology and Natural History of Tropical Bees**. Cambridge Tropical Biology Series. 514p.

RUTTNER, F.; TASSENCOURT, L. & LOUVEAUX, J. 1978. Biometrical statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L. Material and Methods. **Apidologie** **9**(4):363-381.

SEI. 2002. **Anuário Estatístico da Bahia**. SEI: Salvador, v.16.

SINGH, D. 1981. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding** **41**(2):237- 245.

SOUSA, D. L. 2007. **Uso de análise morfométrica na caracterização morfológica de *Apis mellifera* o Estado da Paraíba**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB. 77p.

STAT SOFT. 2010. Statistica for windows: versão 9.0. Tulsa.

CAPÍTULO 2

DIVERGÊNCIA POPULACIONAL DE *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE) EM DUAS ÁREA RESTRITAS NA BAHIA ¹

¹Manuscrito ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Sociobiology.

DIVERGÊNCIA POPULACIONAL DE *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE) EM DUAS ÁREA RESTRITAS NA BAHIA

RESUMO: A abelha *Melipona scutellaris* Latreille, apresenta importância econômica e, principalmente, ecológica por ser polinizadora de espécies nativas. Apesar da sua importância, são poucas as informações sobre o estado de conservação de suas populações. Este trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade em populações de *M. scutellaris* oriundas de um Fragmento de Mata Semidecidual e de um Fragmento de Mata Atlântica no Estado da Bahia, através de técnicas de morfometria geométrica das asas de operárias. Em cada área realizou-se a coleta de operárias em 10 colônias, sendo 10 operárias por colônia. Para avaliação da diversidade nas asas direitas das operárias foram estabelecidos 15 marcos anatômicos que geraram as variáveis utilizadas nas análises de variância univariada e multivariada, análise de componentes principais, análise discriminante e de agrupamento. Houve diferença significativa no formato dos padrões de venação de asa entre as colônias das duas localidades (λ de Wilk = 0,000006; $p < 0,000001$), que provavelmente é decorrente da distância geográfica entre os locais de origem o que impede o fluxo gênico entre elas. A análise por morfometria geométrica de asas indica que existe variabilidade morfométrica inter e intrapopulacional ($p < 0,000001$) em *M. scutellaris* oriundas de um Fragmento de Mata Semidecidual e de um Fragmento de Mata Atlântica do Estado da Bahia, revelando a existência de diversidade nestas populações, necessária para a conservação dessa espécie de abelha.

Palavras-chave: Morfometria geométrica, diversidade, urucu.

POPULATION DIVERGENCE OF *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (HYMENOPTERA: APIDAE) IN TWO RESTRICTED AREAS IN BAHIA, BRAZIL

ABSTRACT: *Melipona scutellaris* Latreille has economic importance, especially because it is the pollinator of native species. Despite its importance, there is little information about the conservation status of their populations. The objective of this study was to assess the diversity in populations of *M. scutellaris* coming from a Semideciduous Forest Fragment and an Atlantic Forest Fragment in the State of Bahia, through techniques of geometric morphometrics of wings in worker bees. In each area, worker bees were collected from 10 colonies, 10 workers per colony. To assess the diversity on the right wings of worker bees 15 landmarks were established that led to the variables used in the analysis of variance and multivariate analysis, principal component analysis, discriminant analysis and clustering analysis. There were significant differences in the shape of the wing venation patterns between colonies of two sites (Wilk's $\lambda = 0.000006$; $p < 0.000001$), which is probably due to the geographical distance between places of origin which impedes the gene flow between them. A geometric morphometric analysis of wings indicates that inter and intrapopulation morphometric variability exists ($p < 0.000001$) in *M. scutellaris* coming from a Semideciduous Forest Fragment and an Atlantic Forest Fragment in the State of Bahia, revealing the existence of diversity in these populations, which is necessary for the conservation of this bee species.

Key-words: morphometric divergence, diversity, “*uruçu*” bee.

INTRODUÇÃO

As abelhas gênero *Melipona* Illiger 1806 ocorrem em toda a região neotropical, sendo este gênero o que apresenta-se com maior número de espécies na subtribo Meliponina (Silveira *et al.* 2002).

Dentre as espécies de *Melipona* que ocorrem no Estado da Bahia, a abelha urucu, *M. scutellaris* Latreille 1811, e duas mandaiaias, *M. quadrifasciata* Lepeletier 1836 e *M. mandacaia* Smith 1863, têm destaque como produtoras de mel (Carvalho *et al.* 2003).

Apesar de sua importância econômica e ecológica, existem poucos trabalhos sobre o atual estado de conservação das populações dessas espécies, que, de acordo com Nunes *et al.* (2007), podem gerar informações importantes na elaboração de planos de manejo para a preservação de *M. scutellaris*, uma vez que ações antrópicas, como o desmatamento, utilização de inseticidas e manejo inadequado de colônias, acarretam na diminuição das populações desse meliponíneo e consequente perda de biodiversidade.

Neste contexto, o uso de técnicas de morfometria tem sido utilizada como ferramenta para estudos morfológicos, taxonômicos, fenotípicos e geográficos entre e dentro de populações de abelhas, como nos trabalhos realizados por Crewe *et al.* (1994), Diniz-Filho & Malaspina (1996), Araújo *et al.* (2004), Mendes *et al.* (2007) e Franco *et al.* (2011).

Dentre os métodos de morfometria, a morfometria geométrica apresenta poderosas ferramentas para o estudo da variação morfológica entre populações e, portanto, oferecem perspectivas promissoras para diversas problemáticas como o estudo de padrões de biodiversidade (Alibert *et al.* 2001). Nesta técnica, o primeiro passo é a definição de uma estrutura e os marcos anatômicos que sejam homólogos entre os organismos em estudo (Monteiro e Reis 1999).

Nas abelhas, as asas são utilizadas nas análises morfométricas por serem estruturas bastante planas e pela facilidade de mensuração do tamanho e da forma (Diniz-Filho & Bini 1994, Nunes *et al.* 2007).

O objetivo desse trabalho foi estudar a divergência populacional através da forma de asas de operárias de *M. scutellaris*, provenientes de colônias residentes em duas áreas restritas oriundas de um Fragmento de Mata Semidecidual na

Chapada Diamantina e de uma área de Fragmento de Mata Atlântica na zona litorânea no Estado da Bahia

MATERIAL E MÉTODOS

As populações de *M. scutellaris* foram amostradas entre janeiro e fevereiro de 2009, em duas áreas restritas, sendo uma no Fragmento de Mata Atlântica, zona litorânea, no município de Vera Cruz-BA, Ilha de Itaparica (12° 57' 37"S; 38° 36' 31"W; Altitude: 13 m) e a outra em um Fragmento de Mata Semidecidual, na região da Chapada Diamantina, no município de Mundo Novo – BA (12°02'59"S e 40°29'43"W; altitude 604 m). Estas áreas encontram-se a uma distância de 230 quilômetros entre si.

Foram utilizados caracteres das asas anteriores direitas de operárias, sendo 10 operárias de cada colônia e 10 colônias por área, totalizando 200 indivíduos de 20 colônias. As colônias foram nomeadas conforme o local de origem, sendo para o Fragmento de Mata Semidecidual – colônias FMS 01 a 10; e para o Fragmento de Mata Atlântica – colônias FMA 01 a 10. As asas foram retiradas e dispostas entre duas lâminas para a captura das imagens com o programa Motic 2.0 ML utilizando câmara digital acoplada em um estereomicroscópio, com aumento de 7,5 X. As asas de cada indivíduo foram identificadas e armazenadas em tubos tipo Eppendorf de 1,5 ml, e depositados no Núcleo de Estudos dos Insetos INSECTA do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em Cruz das Almas - BA.

Análise por Morfometria Geométrica

Foram definidos e registrados 15 marcos anatômicos na asa anterior utilizando o programa tpsDig versão 2.12 (Rohlf 2008a) conforme a Fig. 1.

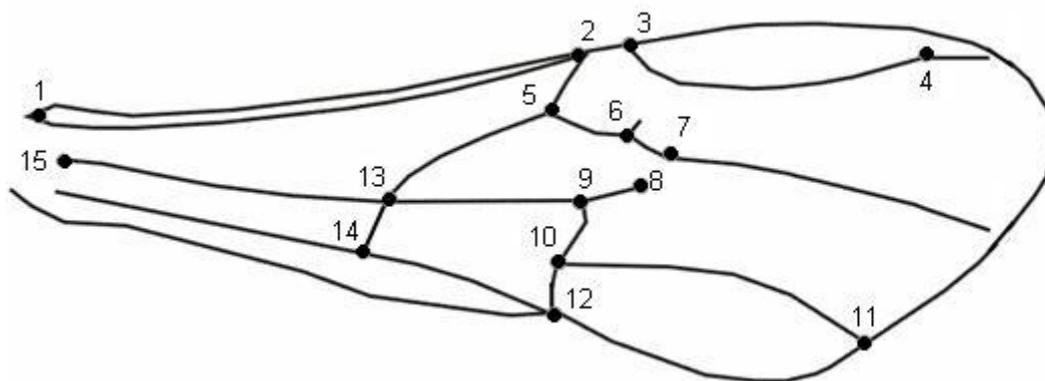


Fig. 1. Marcos anatômicos utilizados na análise morfométrica da asa anterior de *Melipona scutellaris*.

No programa tpsRelw versão 1.46 (Rohlf 2008b), utilizando o arquivo das imagens com os marcos anatômicos registrados, foram calculadas as coordenadas x e y de cada marco das asas alinhadas, o tamanho do centróide das asas e a Matriz W que é composta pelos escores de deformações parciais acrescidos da estimativa de componentes uniformes, conforme Rohlf (1996). Esta matriz W pode ser usada como uma matriz de dados, a fim de realizar várias análises multivariadas (Rohlf 2008b).

Tamanho do centróide é a raiz quadrada da soma das distâncias ao quadrado dos marcos para o centróide (centro de massa da configuração), sendo esta medida, na ausência de alometria (correlação de forma e tamanho), única variável de tamanho que não é correlacionada com as variáveis de forma (Rohlf 2008b).

As deformações parciais são vetores gerados a partir da projeção das coordenadas de cada indivíduo nas deformações principais, desta forma, as deformações parciais constituem as características de cada indivíduo e são interpretadas como as coordenadas de cada espécime (Ferreira 2009).

Os componentes uniformes são calculados a partir de todos os marcos anatômicos com relação à forma média e expressam a informação em escala global (uniforme) da variação da forma (Monterio & Reis 1999).

Para comparar a forma é necessária a eliminação de parâmetros indesejáveis, ou seja, a retirada dos efeitos de posição, tamanho e orientação que foi pelo método da Superposição Ortogonal Generalizada por Quadrados Mínimos pelo programa tpsRelw. Neste processo é realizada a superposição de uma

configuração dos marcos a uma configuração de consenso de modo que a soma dos quadrados das distâncias entre os pontos correspondentes nas duas configurações seja a menor possível (Monteiro & Reis 1999).

A visualização do deslocamento dos marcos anatômicos e das grades de deformações foi realizada utilizando o programa MorphoJ versão 1.02g (Klingenberg 2011).

Os programas utilizados para as análises morfométricas estão disponíveis em <http://life.bio.sunysb.edu/morph>.

Análise estatística

As coordenadas dos marcos anatômicos das asas alinhadas e o tamanho dos centróides foram utilizados em análises de componentes principais (ACP). Os dados da matriz *W* foram utilizados nas análises de variância multivariada (MANOVA) e análise de agrupamento por UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average*) realizadas com o programa STATISTICA 9.0 (Stat Soft 2010) e análise discriminante realizada com o software XLSTAT Versão 2011.1.02. O coeficiente de correlação cofenética foi calculado pelo programa estatístico Genes (Cruz 2006).

O tamanho do centróide também foi avaliado empregando-se uma análise de variância no programa estatístico STATISTICA 9.0 (Stat Soft 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatística multivariada

Análise de Componentes Principais e de Variância Multivariada

Foram gerados 27 componentes principais utilizando-se as coordenadas cartesianas dos marcos anatômicos das asas alinhadas e do tamanho do centróide das asas. Foram necessários os nove primeiros componentes para explicar mais de 76,0% da variação dos dados (Tabela 1).

Tabela 1. Autovalor e variação total e acumulada dos componentes principais obtidos das coordenadas cartesianas dos marcos anatômicos das asas alinhadas e do tamanho do centróide das asas de *Melipona scutellaris* de duas áreas restritas no Estado da Bahia.

Componente Principal	Autovalor	Variação Total (%)	Autovalor Acumulado	Variação Acumulada (%)
1	5,2537	16,9475	5,2537	16,95
2	4,2060	13,5677	9,4597	30,52
3	3,6318	11,7155	13,0915	42,23
4	2,6447	8,5313	15,7362	50,76
5	2,1901	7,0647	17,9263	57,83
6	2,0854	6,7270	20,0116	64,55
7	1,3303	4,2914	21,3420	68,85
8	1,2040	3,8840	22,5460	72,73
9	1,0800	3,4839	23,6260	76,21
10	0,9275	2,9920	24,5535	79,20
11	0,7939	2,5610	25,3474	81,77
12	0,6834	2,2044	26,0308	83,97
13	0,5996	1,9340	26,6304	85,90
14	0,5601	1,8069	27,1905	87,71
15	0,5082	1,6395	27,6987	89,35
16	0,4417	1,4249	28,1405	90,78
17	0,3966	1,2795	28,5371	92,06
18	0,3549	1,1448	28,8920	93,20
19	0,3355	1,0824	29,2275	94,28
20	0,2971	0,9584	29,5246	95,24
21	0,2918	0,9411	29,8164	96,18
22	0,2362	0,7620	30,0526	96,94
23	0,2296	0,7405	30,2822	97,68
24	0,2270	0,7322	30,5091	98,42
25	0,2107	0,6797	30,7198	99,10
26	0,1537	0,4959	30,8736	99,59
27	0,1264	0,4079	31,0000	100,00

A separação dos indivíduos por área de origem foi representada graficamente em um espaço bidimensional formado pelos escores das duas primeiras componentes principais que explicaram 16,94% e 13,56% da variação, respectivamente (Fig. 2).

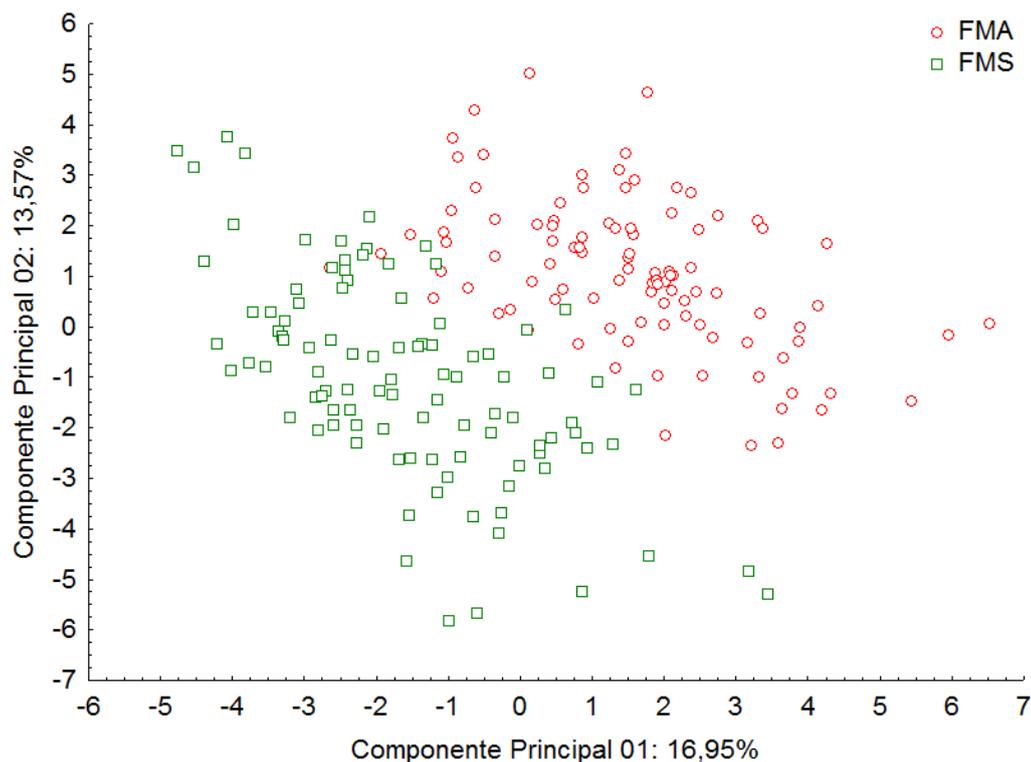


Fig. 2. Dispersão das populações de *Melipona scutellaris* de duas áreas restritas no Estado da Bahia com a análise de componentes principais. Pontos com mesmo formato no gráfico representam as operárias pertencentes às respectivas áreas como apresentado na legenda. FMS = Fragmento de Mata Semidecidual; FMA = Fragmento de Mata Atlântica.

As variáveis aly4, aly9, aly11 e aly15 foram as que mais contribuíram para a primeira componente principal, enquanto que para a segunda componente principal, as variáveis que mais influenciaram foram alx1, aly1, alx2 e aly13 (Tabela 2).

Tabela 2. Contribuição das variáveis para os componentes principais obtidos das coordenadas cartesianas dos marcos anatômicos das asas alinhadas e do tamanho do centróide das asas de *Melipona scutellaris*.

Variável	Componente Principal	
	CP01	CP02
Tamanho do Centróide	-0,550453	-0,243003
alx1	-0,042075	0,776222
aly1	-0,306264	0,641001
alx2	-0,188666	-0,606984
aly2	0,202185	-0,121721
alx3	-0,177111	-0,518128
aly3	-0,250889	-0,136957
alx4	0,656952	0,434852
aly4	-0,787486	0,351908
alx5	-0,630051	-0,532158
aly5	-0,199672	-0,377015
alx6	0,343194	-0,241252
aly6	0,165304	0,175745
alx7	0,236879	0,066574
aly7	0,276928	-0,080970
alx8	0,207306	-0,229745
aly8	0,524310	-0,306929
alx9	0,194469	-0,113525
aly9	0,754889	-0,058321
alx10	0,148413	-0,162990
aly10	0,533427	-0,180559
alx11	-0,687989	0,309534
aly11	0,542941	0,173048
alx12	0,381650	0,135767
aly12	0,202381	-0,396282
alx13	-0,425072	-0,473367
aly13	-0,273201	-0,676573
alx14	0,002385	-0,037379
aly14	-0,014791	-0,282355
alx15	-0,073616	0,384956
aly15	-0,685634	0,435803

Com a Análise de Variância Multivariada (MANOVA) verificou-se a existência de diferença altamente significativa na forma de asas entre as colônias de áreas diferentes (λ de Wilk = 0,000006; $p < 0,000001$) além da diferença encontrada entre colônias de mesma localidade (FMS: λ de Wilk = 0,000045; $p < 0,000001$ e FMA: λ de Wilk = 0,000168; $p < 0,000001$), demonstrando a existência de variabilidade morfométrica entre e dentro das áreas de origem dessas colônias, sendo que todas as 26 variáveis da matriz W utilizadas na MANOVA contribuíram significativamente ($\alpha = 0,05\%$) para a separação das

colônia. Neste mesmo contexto, Franco *et al.* (2009) verificaram que as deformações parciais obtidas tanto das asas dos machos como das operárias contribuíram significativamente para a separação de cinco espécies de abelhas sem ferrão, indicando que as variáveis obtidas na morfometria geométrica podem ser utilizadas em análises para avaliar a variabilidade morfométrica entre e dentro espécies de abelhas.

A mudança da forma total é apresentada na Fig. 3. Pode-se observar que as maiores variações foram encontradas nos marcos anatômicos 04, 11 e 05 e como os marcos 04 e 11 são pontos localizados no extremo da asa, eles revelam uma variação com relação ao comprimento total dessa estrutura, existindo então, asas mais compridas do que outras dentre todas avaliadas neste estudo.

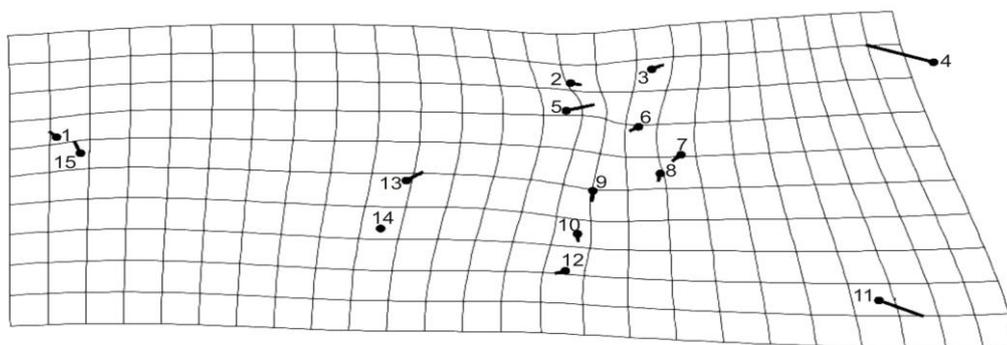


Fig. 3. Grade de deformação apresentada a mudança de forma total de asas de *Melipona scutellaris* de duas áreas restritas no Estado da Bahia.

A variação de tamanho foi mais claramente observada quando realizou-se uma análise de variância do tamanho do centróide que foi significativa ($F=70,3579$; $p<0,001$), ou seja, existe diferença significativa entre os tamanhos de asas das populações estudadas de *M. scutellaris*. Na Fig. 4, são apresentadas as médias e os desvios padrões do tamanho do centróide por colônias e por área de origem das colônias.

Verifica-se que as abelhas oriundas do Fragmento de Mata Semidecidual apresentam o tamanho do centróide maior que o das abelhas do Fragmento de Mata Atlântica, indicando que as asas das operárias de *M. scutellaris* do Fragmento de Mata Sedecidual são maiores. Araújo *et al.* (2004) em estudos com seis espécies de meliponíneos, dentre elas três espécies de *Melipona*, evidenciaram que o tamanho generalizado das asas está fortemente correlacionado à distância de voo o que sugere que espécies de meliponíneos ocupam área efetivamente maior quanto maior for o tamanho do corpo.

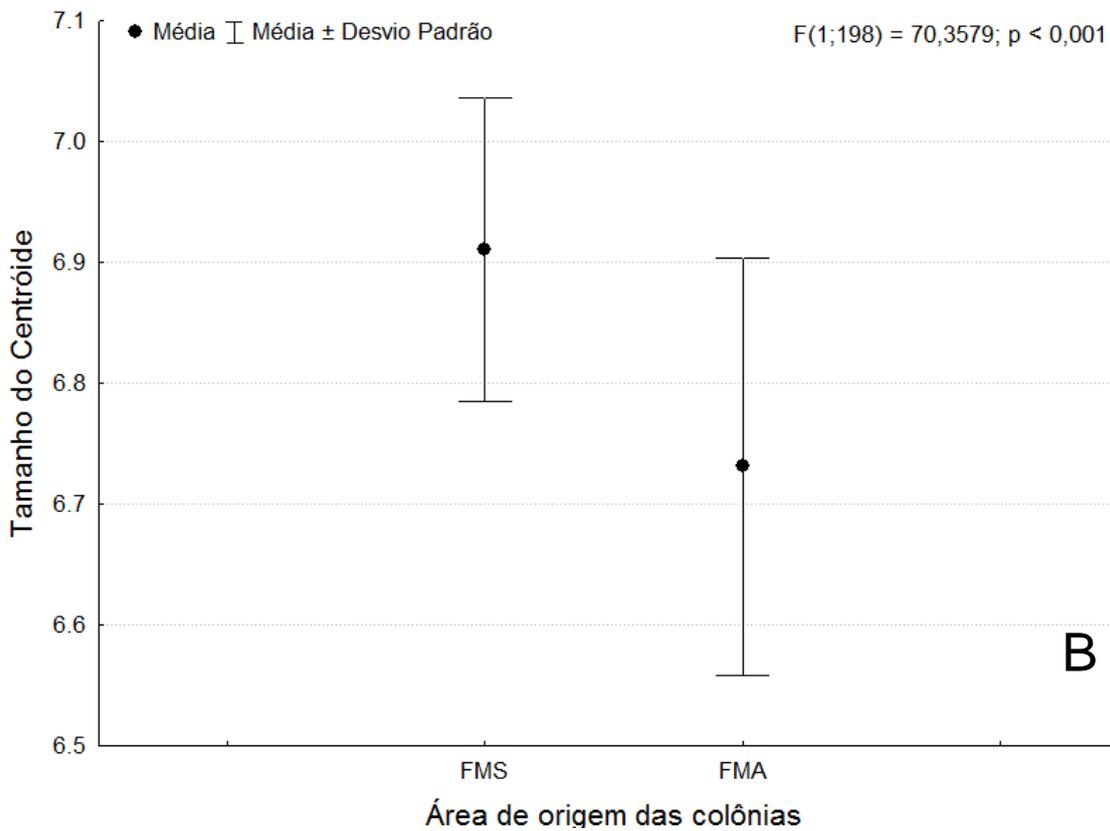
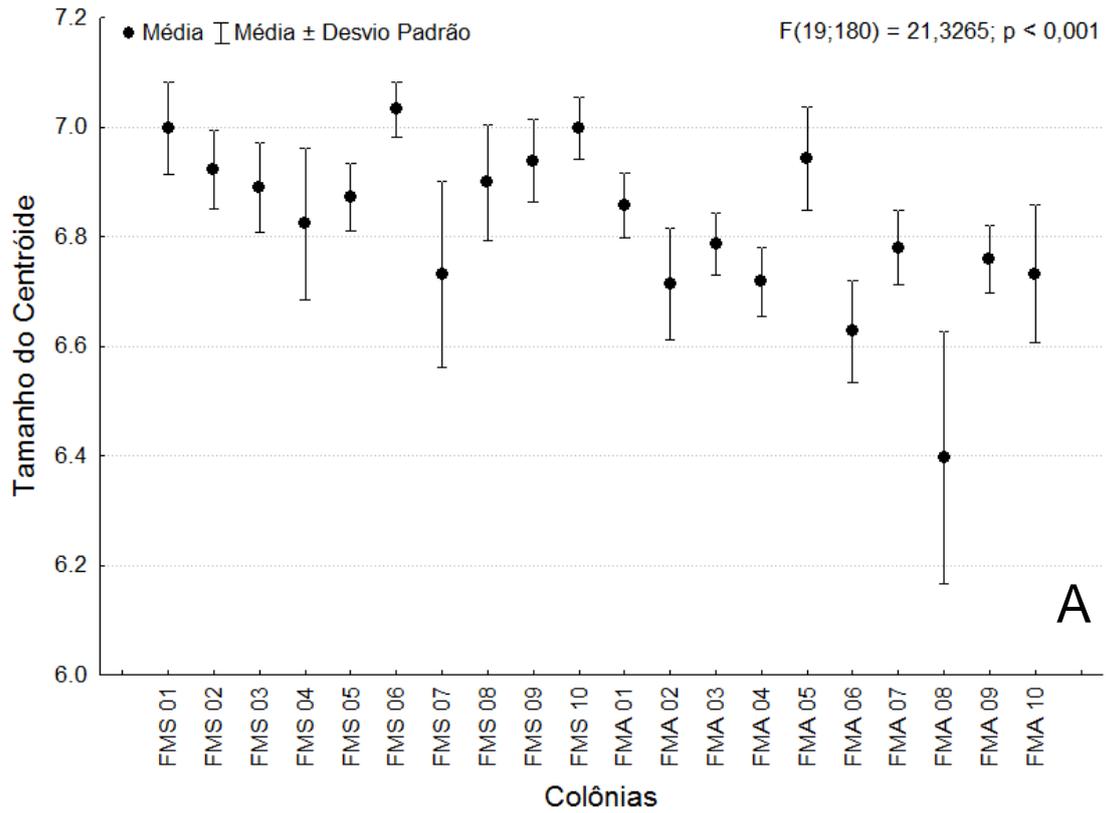


Fig. 4. Tamanho do centróide das asas de *Melipona scutellaris* por colônias (A) e por área de origem (B). FMS = Fragmento de Mata Semidecidual; FMA = Fragmento de Mata Atlântica.

Análise discriminante

Na análise discriminante realizada utilizando a matriz W pode-se verificar que 91,0% das abelhas foram classificadas corretamente dentro das suas respectivas colônias (Tabela 3). As colônias do Fragmento de Mata Semidecidual apresentaram destaque com cinco colônias com taxas de classificação corretas de 100,0% (colônia FMS 03, 04, 06, 07 e 10). Já para a área de Fragmento da Mata Atlântica, em quatro colônias houve 100,0% de classificação correta (colônias FMA 01, 03, 04 e 07). As colônias que apresentaram as menores taxas de classificação correta (70,0%) foram as colônias dos FMS 01 e FMA 10. Mendes *et al.* (2007), destacam que em abelhas sem ferrão, a morfometria geométrica pode ser utilizada como técnica para análise discriminante até mesmo em populações pequenas.

Pela validação cruzada (Tabela 3), a média de identificação correta dos indivíduos foi de 72,0%, destacando-se as colônias dos FMA 01 e 03 e FMS 06, que obtiveram 100,0% dos indivíduos identificados corretamente.

A análise discriminante realizada para classificação de indivíduos entre as áreas revela que no Fragmento de Mata Atlântica obteve-se uma taxa de classificação correta de 100,0%, enquanto que no Fragmento de Mata Semidecidual a taxa foi de 99,0%, sendo que a média geral foi de 99,5%. Nos testes de validação cruzada a média geral foi de 97,5%, sendo que para o Fragmento de Mata Semidecidual a identificação correta de seus indivíduos foi de 98,0%, enquanto que para o Fragmento de Mata Atlântica a taxa foi de 97,0%.

Apesar de não se ter registro de análise discriminante em populações de *M. scutellaris*, as taxas de classificação e identificação corretas obtidas neste estudo são consideradas elevadas quando comparadas aos trabalhos de Tofilski (2008) e Franco *et al.* (2008), que obtiveram taxas de 84,9 e 97,8% de identificação correta por validação cruzada para discriminação de subespécies de *Apis mellifera* com variáveis de morfometria geométrica, como também com os de Mendes *et al.* (2007) e Franco *et al.* (2009) em estudos com espécies de abelhas sem ferrão que alcançaram 77,6 a 100,0% de classificações e 69,79 a 100,0% de identificações corretas dos indivíduos nos respectivos grupos.

Comparando-se as taxas de classificação e identificação corretas considerando como unidade grupal as áreas e também as colônias verifica-se as maiores taxas corretas encontradas na discriminação por área, uma vez que

essas maiores taxas de classificações e identificações são decorrentes da maiores variações de forma estarem ocorrendo entre as áreas de origens das colônias do que entre as próprias colônias.

Tabela 3. Classificação e identificação correta dos indivíduos de *Melipona scutellaris* dentro das respectivas colônias e áreas de origem através de análises discriminantes e validação cruzada respectivamente.

Colônia	Classificação Correta (%)	Identificação Correta (%)
FMS 01	70,00	60,00
FMS 02	90,00	70,00
FMS 03	100,00	80,00
FMS 04	100,00	40,00
FMS 05	90,00	80,00
FMS 06	100,00	100,00
FMS 07	100,00	80,00
FMS 08	80,00	50,00
FMS 09	90,00	90,00
FMS 10	100,00	80,00
FMA 01	100,00	100,00
FMA 02	90,00	70,00
FMA 03	100,00	100,00
FMA 04	100,00	90,00
FMA 05	90,00	80,00
FMA 06	80,00	70,00
FMA 07	80,00	40,00
FMA 08	100,00	80,00
FMA 09	90,00	40,00
FMA 10	70,00	40,00
Média	91,00	72,00
Área	Classificação Correta (%)	Identificação Correta (%)
FMS	99,00	98,00
FMA	100,00	97,00
Média	99,50	97,50

FMS = Fragmento de Mata Semidecidual; FMA = Fragmento de Mata Atlântica.

Análise de agrupamento

Para a análise de agrupamento foram calculadas as distâncias D^2 de Mahalanobis entre as colônias (Tabela 4). Todas as distâncias foram estaticamente significativas ($\alpha = 0,05$) indicando a existência de diferença significativa entre as colônias.

A partir das distâncias de Mahalanobis foi realizado o agrupamento das colônias pelo método de UPGMA. No dendrograma obtido (Fig. 5) pode-se observar a formação de nove grupos compostos por: I – colônias FMS 01 e 02; II – colônias FMS 04, 08 e 09; III – colônia FMS 10; IV – colônias FMS 03 e 05; V – colônias FMS 06 e 07; VI – colônia FMA 01; VII – colônias FMA 02; VIII – colônia FMA 03; e IX – colônias FMA 04, 05, 06, 07, 08, 09 e 10.

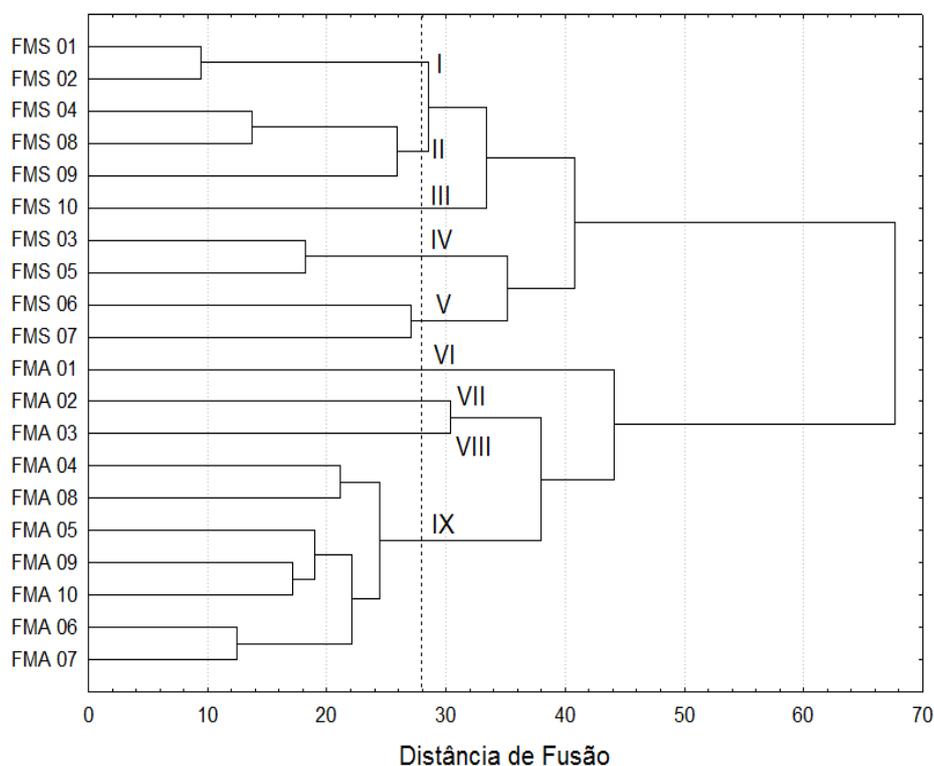


Fig. 5. Dendrograma gerado por UPGMA através das distâncias de Mahalanobis entre colônias de *Melipona scutellaris* de um Fragmento de Mata Semidecidual (FMS) e de um Fragmento de Mata Atlântica (FMA). Os números romanos representam os grupos formados.

Tabela 4. Dissimilaridade entre colônias de *Melipona scutellaris* oriundas de um Fragmento de Mata Semidecidual e de um Fragmento de Mata Atlântica do Estado da Bahia. Na parte superior da tabela encontram-se as distâncias D^2 de Mahalanobis e na parte inferior a significância estatística (p).

Colônia	FMS01	FMS02	FMS03	FMS04	FMS05	FMS06	FMS07	FMS08	FMS09	FMS10	FMA01	FMA02	FMA03	FMA04	FMA05	FMA06	FMA07	FMA08	FMA09	FMA10
FMS01		9,46	48,87	24,68	61,36	45,38	51,99	33,03	29,01	28,24	87,54	83,92	105,16	57,12	49,35	83,55	83,56	58,83	56,51	66,01
FMS02	0,05		38,97	23,61	48,60	41,12	45,82	26,74	34,04	30,07	97,93	89,96	108,78	60,35	57,36	85,44	94,23	68,27	64,63	76,40
FMS03	0,00	0,00		27,63	18,31	38,35	33,22	25,04	27,64	35,12	86,14	63,04	57,40	54,07	62,98	50,16	73,13	55,35	42,94	43,83
FMS04	0,00	0,00	0,00		39,13	39,70	45,36	13,65	28,03	32,99	77,95	56,74	78,62	38,80	33,98	58,06	68,60	45,25	38,54	41,88
FMS05	0,00	0,00	0,00	0,00		45,89	23,26	38,80	43,23	51,49	111,66	67,12	67,39	63,45	73,47	68,69	93,79	58,69	53,50	66,16
FMS06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		27,02	32,53	30,18	54,21	92,28	71,03	75,93	58,78	56,19	53,78	73,00	67,26	45,70	58,20
FMS07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		30,91	32,42	43,82	102,32	75,68	89,34	62,06	76,95	70,46	85,45	66,35	55,54	76,47
FMS08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		23,71	38,71	87,03	61,50	83,59	42,26	50,21	66,63	73,51	59,97	45,51	55,54
FMS09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		37,04	63,98	59,87	78,33	50,66	43,70	53,95	67,90	63,51	35,02	43,85
FMS10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		99,15	84,03	103,57	54,04	72,85	84,94	87,91	64,20	57,35	75,76
FMA01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		38,60	56,20	40,19	32,34	53,70	49,33	51,07	36,56	37,88
FMA02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		30,27	28,10	34,92	47,79	51,46	32,80	27,75	43,59
FMA03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		39,77	50,66	32,44	42,77	33,93	32,37	32,28
FMA04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		19,81	33,18	26,14	21,11	19,56	32,01
FMA05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		28,78	26,97	22,53	17,30	20,57
FMA06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		12,46	26,31	18,46	15,81
FMA07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		20,63	19,89	22,66
FMA08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		22,81	21,19
FMA09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		17,09
FMA10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

FMS= Fragmento de Mata Semidecidual; FMA = Fragmento de Mata Atlântica.

O coeficiente de correlação cofenética (CCC) para o dendrograma foi de 0,80 ($p < 0,01$). Este CCC revela um bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias e sua matriz original conforme Bussab *et al.* 1990, possibilitando assim a realização de inferências por meio da avaliação visual da figura.

Neste dendrograma destaca-se a formação dos grupos compostos por um número variável de colônias, existindo agrupamentos com até sete colônias (Grupo IX) e também colônias que se apresentam de forma isolada (Grupos III e VI). Essa formação de grupos revela a similaridade de forma de asas entre as colônias, sendo que colônias agrupadas em um único grupo possuem forma de asas mais similares entre si, enquanto que as colônias que ficaram isoladas apresentam as asas mais divergentes nas populações estudadas. Observa-se também que não existe em nenhum momento o agrupamento de colônias de origem distinta o que também comprova a divergência entre estas colônias com relação à localidade de onde foram coletadas.

Conforme Francoy & Imperatiz-Fonseca (2010), as variáveis geradas na morfometria geométrica são independentes do tamanho das estruturas, o que elimina parte da influência ambiental que afeta o desenvolvimento dos organismos, principalmente de insetos. Com isso as variações de forma encontradas entre as colônias, principalmente oriundas de áreas diferentes podem ser decorrentes da diferença genética existente entre estas colônias, uma vez que o fenótipo do indivíduo (ex.: morfologia, neste caso a forma da asa) é resultante da sua genética com a interação de fatores ambientais e quando se elimina o efeito desses fatores ambientais tem-se um maior efeito da genética no fenótipo do indivíduo. Como a distância de enxameação dos meliponíneos é curta (Kerr *et al.* 1996), a distância geográfica entre esses ambientes pode ser considerada como fator que impede a troca de material genético entre as colônias, pois não se tem referência de ter havido manuseio ou transporte das colônias de uma área para outra.

Gonçalves (2010) estudando a variabilidade *Frieseomelitta varia* por análise molecular e morfometria geométrica de asas sugeriu que a diversidade genética encontrada na pequena população em estudo é decorrente do fluxo gênico via machos, que têm maior capacidade de voo e assim podem ter origem de regiões mais distantes e terem fecundado as rainhas da população isolada introduzindo novos alelos naquela população. Este fato também pode ser adotado

como a fonte da diversidade encontrada entre colônias de mesma origem geográfica, pois próximas as localidades de onde foram coletadas as abelhas existe área de mata com colônias em estado natural.

CONCLUSÃO

Existe variabilidade morfométrica inter e intrapopulacional em *Melipona scutellaris* oriundas de um Fragmento de Mata Semidecidual e de um Fragmento de Mata Atlântica do Estado da Bahia, revelando a existência de diversidade e de divergência entre as populações de ambas as áreas, importantes para a conservação dessa espécie de abelha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addinsoft Sarl 2011. XLSTAT versão 2011.1.02. para Windows.

Alibert P., B. Moureau, J.L. Dommergues & B. David 2001. Differentiation at a microgeographical scale within two species of ground beetle, *Carabus auronitens* and *C. nemoralis* (Coleoptera: Carabidae): a geometrical morphometric approach. *Zoologica Scripta* 30: 299-311.

Araújo, E.D., M. Costa, J. Chaud-Netto & H.G. Fowler 2004. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Interference of flight range and possible ecological implications. *Brazilian Journal of Biology* 64: 563-368.

Bussab, W.O., E.S. Miazaki & D.F. Andrade 1990. Introdução à análise de agrupamentos. São Paulo: IME/USP. 105p.

Carvalho, C.A.L., R.M.O. Alves & B.A. Souza 2003. Criação de abelhas sem ferrão: aspectos práticos. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI. 42 p. (Série Meliponicultura – 01).

Crewe, R.M., H.R. Hepburn & R.F.A. Moritz 1994. Morphometric analysis of 2 southern African races of honey bee. *Apidologie* 25: 61-70.

Cruz, C.D. 2006. Programa Genes - Biometria. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV. 382 p.

Diniz-Filho, J.A.F. & L.M. Bini 1994. Space-free correlation between morphometric and climatic data: a multivariate analysis of Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) in Brazil. *Global Ecology and Biogeography. Letters* 4: 195-202.

Diniz-Filho, J.A.F. & O. Malaspina 1996. Geographic variation of Africanized honey bees (*Apis mellifera*) in Brazil - multivariate morphometrics and racial admixture. *Brazilian Journal of Genetics* 19: 217-224.

Ferreira, V.S. 2009. Análise morfométrica e genética da variabilidade em populações de *Centris (Centris) aenea* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera, Apidae, Centridini), uma abelha polinizadora de fruteiras. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus–BA. 78 p.

Francoy, T.M., D. Wittmann, M. Drauschke, S. Müller, V. Steinhage, M.A.F. Bezerra-Laure, D. De Jong & L.S. Gonçalves 2008. Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures. *Apidologie*, 39: 488- 494.

Francoy, T.M., M.L. Grassi, V.L. Imperatriz-Fonseca, W.J. May-Itzá & J.J.G. Quezada-Euán. 2011. Geometric morphometrics of the wing as a tool for assigning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini). *Apidologie*, 42: 499- 507.

Francoy, T.M., R.A.O. Silva, P. Nunes-Silva, C. Menezes & V.L. Imperatriz-Fonseca 2009. Gender Identification of five genera of stingless bees (Apidae, Meliponini) based on wing morphology. *Genetics and Molecular Research* 8: 207-214.

Francoy, T.M. & V.L. Imperatriz-Fonseca 2010. A morfometria geométrica de asas e a identificação automática de espécies de abelhas. *Oecologia Australis* 14: 317-321.

Gonçalves, P.H.P. 2010. Análise da variabilidade de uma pequena população de *Frieseomelitta varia* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), por meio de análise do DNA mitocondrial, microdatélites e morfometria geométrica das asas. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo–SP. 140 p.

Kerr, W.E., G.A. Carvalho & V.A. Nascimento. 1996. Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação. Belo Horizonte- MG, Ancagáú. 143p.

Klingenberg, C. P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353–357.

Mendes, M.F.M., T.M. Francoy, P. Nunes-Silva, C. Menezes & V.L. Imperatriz-Fonseca 2007. Intra-populational variability of *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier 1836 (Hymenoptera, Meliponini) using relative warp analysis. *Bioscience Journal* 23: 147-152.

Monteiro, L.R. & S.F. Reis 1999. Princípios de morfometria geométrica. Ribeirão Preto: Holos. 188p.

Nunes, L.A., M.F.F.C. Pinto, P. Carneiro, D.G. Pereira & A.M. Waldschmidt 2007. Divergência Genética em *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) com base em Caracteres Morfológicos. *Bioscience Journal* 23: 1-9.

Rohlf, F.J. 1996. Morphometric spaces, shape components and the effect of linear transformations, p. 117-130. In Marcus LF, Corti M, Loy A, Naylor G, Slice D (Ed.) *Advances in Morphometrics*. New York: Plenum Publishind Corp. 587p.

Rohlf, F.J. 2008a. Program tpsDIG2 for Windows version 2.12. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook. (<http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>, acessado em 21/outubro/2008).

Rohlf, F.J. 2008b. Program tps Relw version 1.46. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook. (<http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>, acessado em 21/outubro/2008).

Silveira, F.A., G.A.R. Melo & E.A.B. Almeida. 2002. Abelhas Brasileiras Sistemática e Identificação. Belo Horizonte, Fundação Araucária. 253p.

Stat Soft. 2010. Statistica for windows: versão 9.0. Tulsa.

Tofilski, A. 2008. Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honeybee subspecies. *Apidologie* 39:558-563.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram verificadas diferenças morfológicas entre colônias de *Melipona scutellaris* oriundas de um Fragmento de Mata Atlântica e de um Fragmento de Mata Semidecidual no Estado da Bahia. Estas diferenças podem estar relacionadas às condições ambientais como clima, altitude e vegetação que são distintas entre as localidades. Associada à influência ambiental, a distância geográfica entre as áreas impede a troca de material genético entre as populações.

Além das diferenças entre as populações, também foi constatado variação morfológica intrapopulacional revelando que, apesar da fragmentação dos ambientes, existe ainda diversidade dessa espécie de abelha nas localidades estudadas, que é necessária para a conservação dos meliponíneos na natureza.

Avaliando-se o tamanho generalizado das asas destaca-se que tanto pela morfometria convencional (realizado com as medidas de comprimento e largura das asas) como na morfometria geométrica (conseguido com o cálculo do tamanho do centróide) pode-se observar que os indivíduos do Fragmento de Mata Semidecidual possuem asas significativamente maiores do que as abelhas coletadas no Fragmento de Mata Atlântica.

Apesar dos resultados satisfatórios encontrados com a utilização das duas técnicas, a morfometria geométrica teve destaque frente à convencional por utilizar marcos anatômicos que são os dados com maior riqueza de informações das estruturas avaliadas, conforme Monteiro e Reis (1999). Além disso, gera variáveis independentes do tamanho das estruturas eliminando parte da influência ambiental que afeta o desenvolvimento dos organismos, principalmente dos insetos (Francoy e Imperatriz-Fonseca 2010). Pode-se verificar uma maior eficiência da morfometria geométrica observando-se nas análises discriminantes, as taxas médias de classificação e identificação corretas dos indivíduos por colônias (91,0% e 72,0%) e por localidade (99,5% e 97,5%), que foram superiores

às encontradas utilizando-se a morfometria convencional (por colônia: 78,5% e 58,0%; por localidade: 93,5% e 92,5%).

As variações de tamanho e forma das asas encontradas neste trabalho pelas morfometrias convencional e geométrica demonstram que as técnicas morfométricas são ferramentas simples, práticas e importantes na avaliação da diversidade em populações de abelhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRANCOY, T. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A morfometria geométrica de asas e a identificação automática de espécies de abelhas. **Oecologia Australis**, v.14, n.1, p. 317-321, 2010.

MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto: Holos, 1999. 188p.