

DENYSE CARDOSO DA SILVA

**A FORMAÇÃO DE AGREGAÇÕES REPRODUTIVAS COMO
MECANISMO PARA A SELEÇÃO INDIRETA DE PARCEIROS
SEXUAIS NA ABELHA SEM FERRÃO *Melipona flavolineata*
(Hymenoptera, Apidae)**

BELÉM-PA

2017

DENYSE CARDOSO DA SILVA

**A FORMAÇÃO DE AGREGAÇÕES REPRODUTIVAS COMO
MECANISMO PARA A SELEÇÃO INDIRETA DE PARCEIROS
SEXUAIS NA ESPÉCIE *Melipona flavolineata* (Hymenoptera, Apidae)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Modalidade Biologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof.: Dr. Felipe Leon Contrera

Co-orientadora: Msc. Jamille Costa Veiga

Instituto de Ciências Biológicas – ICB - UFPA

BELÉM-PA

2017

DENYSE CARDOSO DA SILVA

**A FORMAÇÃO DE AGREGAÇÕES REPRODUTIVAS COMO
MECANISMO PARA A SELEÇÃO INDIRETA DE PARCEIROS
SEXUAIS NA ESPÉCIE *Melipona flavolineata* (Hymenoptera, Apidae)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Modalidade Biologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof.: Dr. Felipe Leon Contrera

Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

Co-orientadora: Msc. Jamille Costa Veiga

Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

Avaliadora: Profa.: Dra. Maria Auxiliadora Ferreira

Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

Avaliador: Dr. Alistair John Campbell

Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

BELÉM-PA

2017

“Tenho-vos dito isto, para que em mim tenhais paz; no mundo tereis aflições, mas tende bom ânimo, eu venci o mundo.”

João 16: 33

Dedico este trabalho a minha família, em especial à minha mãe Maria e ao meu padrasto Nazareno por me ajudarem a alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Ao longo desses anos na graduação tive o privilégio de conhecer pessoas ímpares. Não posso representar por palavras o quanto sou grata a Deus por tê-los conhecido. Vou citá-los aqui embaixo. Sinceramente, agradeço...

...a Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de estudar o curso que tanto esperei e adoro;

...a minha co-orientadora Msc. Jamille Costa Veiga, pela confiança, paciência e extrema compreensão; obrigada pelos ensinamentos e por estar sempre à disposição, mesmo nos dias e horários mais impróprios;

...ao meu orientador Dr. Felipe Contrera, por todos os ensinamentos, por me apresentar o mundo da entomologia;

...aos amigos da Embrapa e do Laboratório de Ecologia e Zoologia dos Invertebrados pela ótima convivência que tive com todos;

...a minha família, meus avós, meu padrasto Nazareno Sá, que em vários momentos foi como meu pai, e principalmente minha mãe Maria por todo o amor, e que durante toda a minha vida nunca deixou que nada me faltasse e pudesse impedir a minha trajetória e por cuidar dos meus amores de quatro patas, enquanto eu passava o dia inteiro na universidade ou no trabalho;

...a Titchia, Tita e Mila que já viraram estrelinha, a Esmeralda, Pipoca e os gaticos que enchem a minha vida de alegria, mesmo esvaziando meu bolso;

...aos meus amigos da Turma de Bacharelado 2013, por me proporcionarem ótimos quatro anos. Agradeço ao vadião pelos ótimos momentos;

...aos meus amigos da “panelinha”, por me acolherem com bastante carinho e zueira (joga na roda) claro, Carolina Maia, Ericks Sousa, Caio Gustavo, Damrley Galvão, Joás Brito e Klyssia Fonseca;

... às amigas de longa data, que mesmo longe sempre se fizeram presente;

... à minha prima e amiga Ana Paula Cardoso pela amizade sem tamanho;

... ao meu namorado Djailson Magalhães, por sempre me deixar pra cima e me dar palavras de conforto quando eu não estava bem, e pela preocupação com o meu bem estar.

...a todos que de alguma forma me ajudaram até aqui.

SUMÁRIO

1. RESUMO	v
2. ABSTRACT	vi
3. INTRODUÇÃO	
4. MATERIAL E MÉTODOS	
4.1 ÁREA DE ESTUDO E ESPÉCIE ESTUDADA	
4.2 COLETA DE DADOS	
4.3 ANÁLISES	
5. RESULTADOS	
6. DISCUSSÃO	
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	

RESUMO

As abelhas sem ferrão, também chamadas de meliponíneos, são insetos eussociais, com ferrão atrofiado. Elas formam colônias compostas por dois tipos básicos de indivíduos: machos e fêmeas. O ciclo de vida dos machos de Meliponini começa com uma estadia de duas a três semanas dentro do ninho. Ao começarem a voar, a maturidade sexual é atingida e se tornam aptos a viver fora do ninho, podendo fazer parte dos agregados reprodutivos, durante tais eventos, centenas de machos se reúnem em agregações à espera de uma oportunidade de acasalar com uma rainha virgem. O agregado é o mecanismo mais efetivo para o acasalamento, pois a rainha utiliza sinais químicos e os machos utilizam sinais visuais, por ser menos dispendioso do que a procura pelo parceiro sexual. O tamanho corporal dos machos pode ser um fator importante ou até determinante na sobrevivência deles no ambiente e no alcance aos agregados reprodutivos. Seguindo essa temática, neste estudo testou-se se a formação dos agregados da abelha sem ferrão *Melipona flavolineata* funcionaria como um mecanismo de seleção indireta pré-cópula. O estudo foi realizado em um meliponário, localizado na Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-Pará, Brasil. Foram usadas 11 colônias e coletados entre 8 e 10 machos recém emergidos de cada, totalizando 90 machos provenientes de colônias e 90 machos provenientes de agregados reprodutivos. Foram tomadas medidas morfométricas da cabeça, tórax e tíbia direita. A partir da comparação de machos provenientes de favos e de machos de agregados, grupos pré e pós-seleção, respectivamente, observamos diferenças morfológicas, indicando que a formação de agregação reprodutiva funciona como um mecanismo de seleção de parceiros sexuais. Demonstramos diferenças no tamanho corporal, especificamente no tamanho do tórax e dos olhos, machos com olhos maiores e corpo mais longilíneo estão mais aptos a viver fora da colônia pelo fato de terem uma visão mais adaptada ao ambiente e são mais aptos a alcançar agregados reprodutivos e a rainha virgem, logo terão uma oportunidade maior de acasalarem com uma rainha. Por fim, a formação de agregados reprodutivos funciona como um filtro, produzindo efeitos de seleção sobre os parceiros sexuais disponíveis para rainhas virgens, por ocasião do acasalamento.

Palavras-chave: machos; seleção; colônias; agregados; acasalamento

ABSTRACT

The stingless bees, also called meliponines, are eossocial insects with atrophied sting. They form colonies composed of two basic types of individuals: males and females. The life cycle of Meliponini males begins with a stay of two to three weeks inside the nest. As they begin to fly, sexual maturity is reached and they become able to live outside the nest, being able to be part of the reproductive aggregates, during such events, hundreds of males gather in aggregations waiting for an opportunity to mate with a virgin queen. The aggregate is the most effective mechanism for mating, since the queen uses chemical cues and males use visual cues, as it is less expensive than the sexual partner's search. Male body size may be an important or even determining factor in their survival in the environment and in reaching the reproductive aggregates. Following this theme, in this study it was tested whether the formation of aggregates of the stingless bee *Melipona flavolineata* would function as an indirect pre-copula selection mechanism. The study was carried out in a meliponary, located at Embrapa Amazônia Oriental, in Belém-Pará, Brazil. Eleven colonies were collected and collected from 8 to 10 newly emerged males, totaling 90 males from colonies and 90 males from reproductive aggregates. Morphometric measurements of the head and thorax were taken. From the comparison of males coming from combs and from males from aggregates, pre and post-selection groups, respectively, we observed morphological differences, indicating that the formation of reproductive aggregation functions as a mechanism for selection of sexual partners. We show differences in body size, specifically in the size of the thorax and eyes, males with larger eyes and longer body are more apt to live outside the colony because they have a more adapted vision to the environment and are more apt to reach reproductive aggregates, you will soon have a better chance of mating with a queen. Finally, the formation of reproductive aggregates acts as a filter, producing selection effects on the sexual partners available to virgin queens at the time of mating.

Keywords: males; selection; colonies; aggregates; mating.

**A FORMAÇÃO DE AGREGAÇÕES REPRODUTIVAS COMO MECANISMO PARA
A SELEÇÃO INDIRETA DE PARCEIROS SEXUAIS NA ESPÉCIE *Melipona
flavolineata* (Hymenoptera, Apidae)**

Denyse Cardoso da Silva; Felipe Andrés León Contrera; Jamille Costa Veiga.

Este TCC foi estruturado nos moldes da revista científica *Apidologie*, cujas regras de
submissão estão no ANEXO I deste trabalho.

ISSN: 0044-8435

**A FORMAÇÃO DE AGREGAÇÕES REPRODUTIVAS COMO
MECANISMO PARA A SELEÇÃO INDIRETA DE PARCEIROS
SEXUAIS NA ESPÉCIE *Melipona flavolineata* (Hymenoptera, Apidae)**

Denyse Cardoso da Silva^{1*}, Felipe Andrés León Contrera¹, Jamille Costa Veiga¹

¹Laboratório de Ecologia e Biologia de Abelhas - Instituto de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

***Autor para correspondência:** Laboratório de Ecologia e Zoologia de Invertebrados/
Entomologia- Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, A. Augusto
Correa n 1, Guamá, CEP: 66075-110. Fone: +55 91 985398191/E-mail:
ddcard22@gmail.com

1. Introdução

As abelhas sem ferrão, também chamadas de meliponíneos, são insetos eussociais (Wilson, 1971; Lin e Michener, 1972), com ferrão atrofiado (Michener, 2007). Elas formam colônias compostas por dois tipos básicos de indivíduos: machos e fêmeas, sendo que esse segundo grupo se divide em operárias e rainhas. As fêmeas são originadas de ovos fecundados (diploides), e os machos são provenientes de ovos não fecundados (haploides), a partir de um processo chamado partenogênese arrenótoca; desta forma, eles possuem apenas metade dos cromossomos em relação às fêmeas (Wilson, 1971; Heimpel e De Boer, 2008). As abelhas possuem o desenvolvimento chamado holometábolo, ou seja, passam por todas as etapas da metamorfose ainda dentro da célula de cria, que dura cerca de 37 dias (Kerr et al., 1996). A célula de cria é onde a rainha deposita um ovo, e este ovo dará origem a uma abelha. Dentro dessa célula, juntamente com o ovo, é depositado também o alimento larval, mistura de secreção glandular, mel e pólen, que será suficiente para todo o período de desenvolvimento e metamorfose do novo indivíduo. Sendo assim, depois de emergirem, o tamanho corporal das abelhas não se altera (Michener, 2007).

O ciclo de vida dos machos de Meliponini começa com uma estadia de duas a três semanas dentro do ninho, durante o qual eles mostram pouca atividade, como a desidratação do néctar (Cortopassi-Laurino, 1979). Não há evidência de que as atividades dos machos contribuam de alguma forma para o benefício da colônia. Pouco se sabe sobre as atividades dos machos fora do ninho. Aparentemente, são capazes de armazenar grande quantidade de néctar antes de deixarem o ninho (Cortopassi-Laurino, 1979, Van Veen et al., 1997).

Após emergirem e atingirem a maturidade, os machos abandonam a colônia e não mais retornam (Engels e Imperatriz-Fonseca, 1990; Van Veen et al., 1997). Ao começarem a voar, a maturidade sexual é atingida e se tornam aptos a viver fora do ninho, podendo fazer parte dos agregados reprodutivos (Engels e Imperatriz-Fonseca, 1990; Sommeijer e Bruijn, 1995; Cortopassi-Laurino, 2007). Durante tais eventos, centenas de machos se reúnem em agregações à espera de uma oportunidade de acasalar com uma rainha virgem (Sommeijer e Bruijn, 1995). Este sistema de acasalamento resulta em intensa competição, uma vez que os machos devem encontrar uma agregação, persistirem nela até que uma rainha chegue, persegui-la no voo e, finalmente, conseguir copular e inseminá-la (Koeniger et. al., 1989). A

oportunidade de cópula está sujeita à seleção pré-cópula, através da competição macho-macho e da escolha feminina (Darwin, 1872; Araújo, 2004).

A seleção de um parceiro sexual ideal, em especial em animais que copulam apenas uma vez, é de suma importância, pois isso será determinante para a fertilização ser bem sucedida, e também deixar descendentes aptos a sobreviverem no meio ambiente. O indivíduo que investe mais energia na produção de seus gametas é quem vai escolher o seu parceiro sexual, ou seja, quem investe mais, escolhe. Por outro lado, compete pelo parceiro sexual quem investe menos energia na produção de gametas (Darwin, 1872). O que isso significa? Existem três problemáticas, a primeira é que são produzidos muito mais machos que rainhas, assim a razão sexual é desproporcional, a segunda, todas as espécies de abelhas sem ferrão acasalam apenas uma vez (Peters et al., 1999; Strassmann, 2001; Jaffé et al., 2014). Sendo assim, um macho que tenha sua única chance desperdiçada não deixará descendentes. Outra prerrogativa da seleção sexual é que a reprodução feminina é limitada pelo acesso aos recursos para nutrir e produzir seus gametas, ao passo que a reprodução masculina é limitada principalmente pelo acesso às fêmeas (Bateman, 1948). Analisando essas questões, o esperado é que os machos persigam a fêmea e não o contrário.

O agregado é o mecanismo mais efetivo para o acasalamento, pois a rainha utiliza sinais químicos e os machos utilizam sinais visuais, por ser menos dispendioso do que a procura pelo parceiro sexual. A formação dos agregados vai proporcionar uma maior dificuldade em acasalar com machos aparentados, e com isso evita também mutações deletérias. Após a cópula bem sucedida, a genitália do macho fica presa à da fêmea, obstruindo sua abertura genital (Kerr et al., 1962; Silva et al., 1972; Imperatriz-Fonseca e Zucchi, 1995). Os machos morrem alguns dias após a cópula, ou seja, isso vai impedir a ocorrência de mecanismos pós-cópula.

O tamanho corporal dos machos pode ser um fator importante ou até determinante na sobrevivência deles no ambiente, após deixarem o ninho, e no alcance aos agregados reprodutivos. Seguindo essa temática, neste estudo testou-se se a formação dos agregados da abelha sem ferrão *Melipona flavolineata* funcionaria como um mecanismo de seleção indireta pré-cópula. Foram testadas as seguintes previsões: i) existe diferença corporal em machos pré e pós-seleção; ii) no conjunto de machos pós-seleção os indivíduos apresentam maior tamanho corporal.

2. Material e métodos

2.1. ÁREA DE ESTUDO E ESPÉCIE ESTUDADA

O estudo foi realizado em um meliponário, localizado na Embrapa Amazônia Oriental, (1°26'11.52"S, 48°26'35.50"W), em Belém-Pará, Brasil. O clima da região é do tipo *Af* (de acordo com classificação de Köppen-Geiger), sendo caracterizado por estações secas e com precipitação não menos que 60mm nos meses de chuva, além de altas temperaturas (em torno de 30° C) (Peel et al., 2007).

A espécie de abelha utilizada neste estudo foi *M. flavolineata*, uma espécie distribuída nos Estados do Maranhão, Pará, Tocantins e Ceará (Pedro, 2014). Sendo que esta espécie é muito utilizada no Nordeste Paraense para a produção de mel. Destacando-se as cidades de Vigia, Tracuateua, Bragança e Igarapé-Açu (Magalhães e Venturieri, 2010).

As coletas dos machos foram feitas entre os meses de Agosto e Setembro de 2016, que é o período de produção dos mesmos. Os demais procedimentos foram executados entre Outubro de 2016 e Fevereiro de 2017, e consistiram nas etapas descritas a seguir.

2.2. COLETA DE DADOS

Foram usadas 11 colônias e coletados entre 8 e 10 machos recém emergidos de cada, totalizando 90 machos provenientes de colônias e 90 machos provenientes de agregados reprodutivos. Após isso, foram colocados em tubos Eppendorf (1,5 ml) e armazenados em congelador, para serem fotografados e medidos posteriormente. A cabeça, tórax e perna direita foram desmembrados e fotografados usando um estereomicroscópio acoplado a uma câmera, utilizando ampliação de 0.8x, e as medidas foram feitas usando o software Motic Images Plus 2.0. A cabeça, o tórax e a perna direita foram colocados sobre superfície esponjosa e cobertos com uma lâmina de vidro, a fim de padronizar as superfícies para as medições.

Foram tomadas as seguintes medidas: Altura da cabeça (AC), Altura do tórax (AT), Largura do olho esquerdo (COE), Largura do olho direito (COD), Distância interocular (DI), Distância intertegular (DIT), Comprimento da tíbia (CT), Largura da tíbia (LT) e Largura máxima da cabeça (LMC).

2.3. ANÁLISES

Para testar a predição de que existe diferença corporal em machos pré e pós-seleção, utilizamos o teste t paramétrico. Para os conjuntos de dados que não atenderam aos

pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias, utilizamos o teste não-paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney. ZAR, J.H. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey, 1999.

3. Resultados

A partir da comparação de machos provenientes de favos e de machos de agregados, grupos pré e pós-seleção, respectivamente, observamos diferenças morfológicas, indicando que a formação de agregação reprodutiva funciona como um mecanismo de seleção de parceiros sexuais.

Em relação aos atributos morfométricos da cabeça (Figura 1), observamos valores médios menores e valores de desvio padrão maiores no grupo de machos provenientes de favos (Tabela 1), e observamos o padrão contrário no grupo de machos proveniente de agregado (Tabela 2). Encontramos diferenças na largura dos olhos (LOE e LOD) e na distância interocular (DIO): a largura dos olhos foi maior nos machos provenientes de agregados, em relação aos machos provenientes de favos, com diferença de 0,0353mm no olho esquerdo e de 0,0156mm no olho direito; já na distância interocular, os machos provenientes de agregados apresentaram a média menor, essa diferença foi de 0,056mm (Tabela 3).

Quanto aos atributos do tórax (Figura 2), houve diferença na altura do tórax (AT) e na distância intertegular (DIT): verificamos a diferença de 0,0341mm na altura do tórax e diferença de 0,0519mm na distância intertegular, com valores médios maiores nos machos provenientes de favos e valores de desvio padrão menores nos machos provenientes de agregados (Tabela 3). No que se referem aos demais atributos morfométricos (Figura 3), não foi observada diferença significativa entre os grupos pré- e pós-seleção.

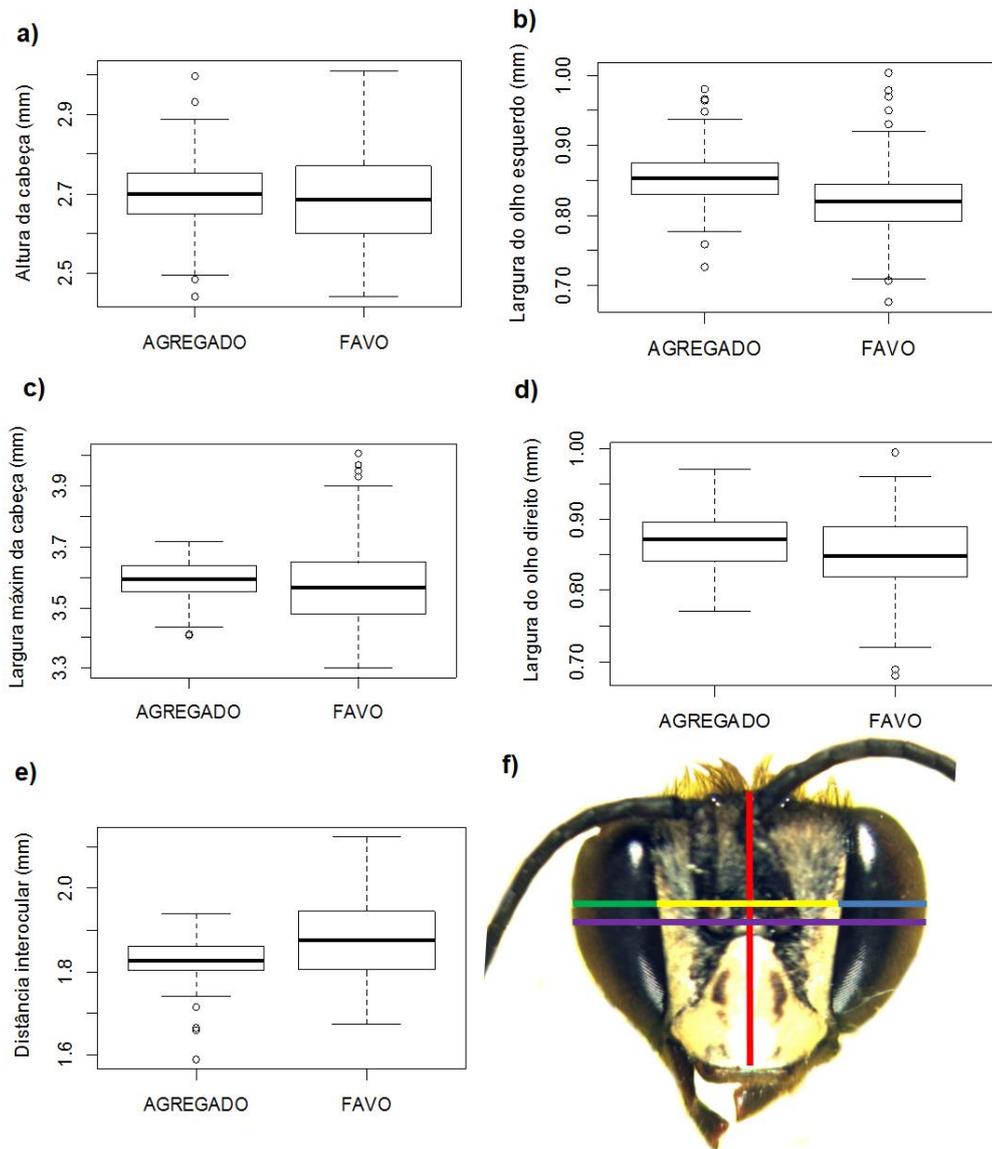


Figura 1 - Variação nos atributos morfométricos da cabeça de 180 machos de *Melipona flavolineata*, sendo 90 machos provenientes de agregados reprodutivos e 90 machos provenientes de favos. Onde as respectivas letras representam as comparações entre as variações dos mesmos: **a)** altura da cabeça (AC); **b)** largura do olho esquerdo (LOE); **c)** largura máxima da cabeça (LMC); **d)** largura do olho direito (LOD) ; **e)** distância interocular (DI); **f)** Representação da cabeça do macho e as medidas que foram tomadas; Linha vermelha: (AC), Linha roxa: (LMC), Linha verde: (LOD), Linha Azul: (LOE) e Linha Amarela: distância interocular (DI).

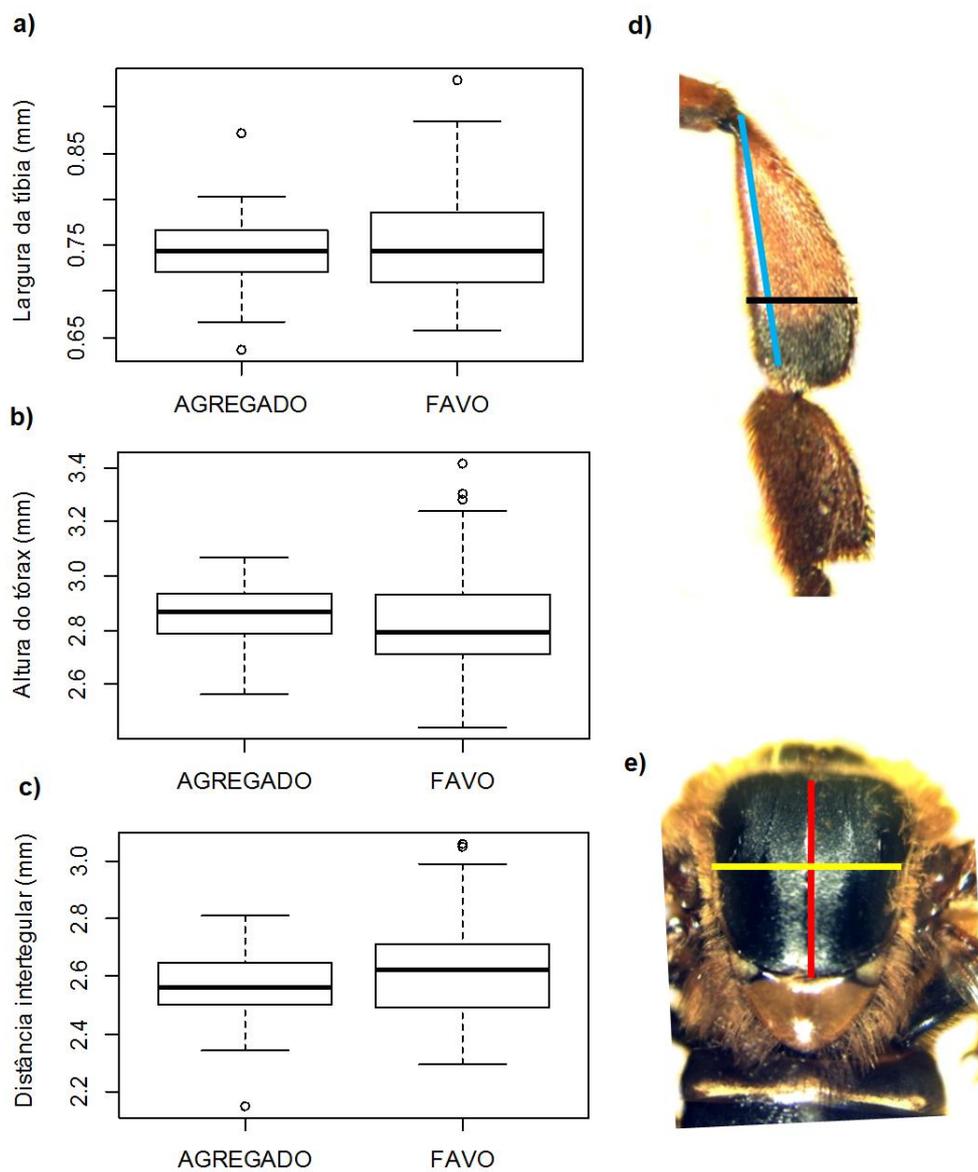


Figura 2 - Variação nos atributos morfométricos do tórax de 180 machos de *Melipona flavolineata*, sendo 90 machos provenientes de agregados reprodutivos e 90 machos provenientes de favos. Onde as respectivas letras representam as comparações entre as variações dos mesmos: **a)** comprimento da tíbia (CT); **b)** altura do tórax (AT); **c)** distância intertegular (DIT); **d)** representação das medidas que foram tomadas da tíbia, onde: Linha azul: comprimento da tíbia (CT) e Linha preta: largura da tíbia; **e)** Linha vermelha: altura do tórax e Linha amarela: distância intertegular.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos atributos morfométricos de machos de *Melipona flavolineata* coletados diretamente dos favos. As siglas indicam os seguintes atributos morfométricos: AC= altura da cabeça; AT= altura do tórax; LOE= largura do olho esquerdo; LOD= largura do olho direito; DIO= distância interocular; DIT= distância intertegular; CT= comprimento do tórax; LT= largura do tórax; LMC= largura máxima da cabeça. **N=90 indivíduos.**

Favos	AC	AT	LOE	LOD	DIO	DIT	CT	LT	LMC
Máximo	3,0109	3,4165	1,0051	0,9952	2,1252	3,0600	2,5600	0,9300	3,0109
Mínimo	2,4407	2,4400	0,6755	0,6800	1,6749	2,2936	2,0663	0,6571	2,4407
Média	2,6985	2,8263	0,8218	0,8532	1,8836	2,6159	2,2965	0,7499	2,6985
Desvio padrão	0,1258	1,1825	0,0611	0,0559	0,0993	0,1708	0,1053	0,0516	0,1258

Tabela 2 - Estatística descritiva dos atributos morfométricos de machos de *Melipona flavolineata* coletados diretamente dos agregados. As siglas indicam os seguintes atributos morfométricos: AC= altura da cabeça; AT= altura do tórax; LOE= largura do olho esquerdo; LOD= largura do olho direito; DIO= distância interocular; DIT= distância intertegular; CT= comprimento do tórax; LT= largura do tórax; LMC= largura máxima da cabeça. **N=90 indivíduos.**

Agregados	AC	AT	LOE	LOD	DIO	DIT	CT	LT	LMC
Máximo	2,9973	3,0706	0,9813	0,9709	1,9401	2,8112	2,5051	0,8716	3,7196
Mínimo	2,4402	2,5609	0,7256	0,7717	1,5884	2,1494	2,0279	0,6361	3,4077
Média	2,6960	2,8604	0,8571	0,8688	1,8276	2,5640	2,2873	0,7432	3,5850
Desvio Padrão	0,0963	0,1086	0,0445	0,0432	0,0587	0,1050	0,0913	0,0363	0,0726

Tabela 3 – Favos vs Agregados. Estatística com os resultados do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Atributos morfométricos	Favos vs. Agregados	
	W/t	P
Altura da cabeça	3856	0,5798
Altura do tórax	3136	0,0089*
Comprimento da tíbia	t= 0,626 (gl= 178)	0,532 [‡]
Distância Interocular	5332	0,0002*
Distância intertegular	4806.5	0.0305*
Largura do olho direito	3306	0,0334*
Largura do olho esquerdo	2194.5	<<0,01*
Largura máxima da cabeça	3519	0,1291
Largura da tíbia	4228	0,6116

* valores de *p* considerados significativos a um nível de significância menor ou igual a 0,05.

‡ único conjunto de dados que atendeu aos pressupostos do teste t paramétrico.

4. Discussão

Demonstramos diferenças no tamanho corporal entre machos pertencentes a diferentes grupos, pré- e pós-seleção, especificamente no tamanho do tórax e dos olhos. Contudo, ao contrário do que se esperava, no conjunto de machos pós-seleção nem todos os atributos corporais são de maiores dimensões: observamos que, machos com maior comprimento do tórax e maior largura dos olhos, porém com menor distância entre as tégulas, foram encontrados com maior frequência nos agregados reprodutivos. A formação de agregados reprodutivos funciona como um filtro, produzindo efeitos de seleção sobre os parceiros sexuais disponíveis para rainhas virgens, por ocasião do acasalamento (Mueller et al., 2011), e assim reduzindo a chance de endocruzamento (Paxton, 2005).

Observamos que quanto menor a distância entre os olhos, maior é o espaço preenchido por eles. Olhos maiores tendem a proporcionar uma melhor visão, pois as estruturas visuais estão relacionadas ao tamanho corporal, assim como ocelos maiores, omatídeos ventrais e centrais maiores (Araújo, 2010). As abelhas sem ferrão dependem fortemente da visão, tanto para a orientação espacial (Hrncir et al., 2003; Eckles et al., 2012) quanto para detecção de fontes alimentares (Spaethe et al., 2014), e também para o alcance dos agregados reprodutivos, e posteriormente a rainha, que está pronta para acasalar. Sendo assim, possivelmente o alcance dos machos aos agregados é mediado pelos seus atributos corporais.

Utilizamos a distância intertegular como uma estimativa do tamanho corporal do indivíduo (Cane, 1987). A menor distância entre as tégulas e o comprimento maior do tórax proporcionam um corpo mais longilíneo, ou seja, mais estreito lateralmente e, conseqüentemente, tornando este corpo mais aerodinâmico (Boomsma et al., 2005; Greenleaf et al., 2007). A premissa é de que os machos menores possuem maior chance de sucesso de acasalamento (Neems et al., 1992), o que é atribuído a agilidade em voo (McLachlan, 1986). O tamanho corporal tem influência sobre a capacidade de regulação da temperatura pelas diferentes espécies de Meliponini e conseqüentemente influenciam sua capacidade de voo (Pereboom e Biesmeijer, 2003; Roubik, 1989). Neste estudo foi verificado que os machos provenientes dos favos de cria apresentaram a cabeça menor do que os machos provenientes de agregados reprodutivos e desvio padrão maior, ou seja, houve uma grande variação no tamanho da cabeça dos indivíduos de favos. Já nos machos que alcançaram os agregados reprodutivos, houve um desvio padrão menor, sendo assim estes machos eram relativamente de tamanho semelhante. Isso indica que, de um universo de machos que nascem, apenas alguns alcançam os agregados reprodutivos.

As espécies de abelhas eussociais com operárias de maior tamanho corporal apresentam maior raio de voo e, portanto, podem cobrir uma área maior enquanto buscam fontes de alimento (Roubik e Aluja 1983; Wille 1983; Araújo et al., 2004). No entanto, grandes corpos podem restringir o forrageamento durante o dia em que a temperatura ambiente é muito alta (Pereboom e Biesmeijer 2003), e também como foi dito anteriormente, um corpo menor propicia uma maior agilidade no voo, e a rainha virgem é perseguida por grandes enxames de machos que concorrem ao acasalamento. (Gries e Koeniger, 1996). No processo de agregações reprodutivas, estímulos químicos e visuais desempenham um papel de suma importância (López e Kraus, 2009). Esperava-se um tamanho corporal maior nos machos que alcançaram os agregados, pois tamanhos maiores estão relacionados ao sucesso de acasalamento em outros insetos sociais (Couvillon et al., 2010; Abell et al., 1999; Wiernasz et al., 2001). Grande parte do comportamento das abelhas fora do ninho é parcial ou inteiramente guiado pela visão, controle de voo, detecção e reconhecimento de flores e a entrada do ninho (Srinivasan, 2010).

Em um estudo recente de Koffler et al. (2016) sobre a competição entre machos participantes de agregados reprodutivos na espécie *Scaptotrigona aff. depilis*, foi utilizado o método de marcação dos indivíduos que ainda estavam dentro da colônia, verificado quantos e quais deles alcançaram os agregados reprodutivos, e em outro momento, verificado por quantos dias permaneceram nos mesmos. Também foi verificada a qualidade morfológica, o número, comprimento e variação dos espermatozoides dos machos que atingiram a agregação. O número de machos marcados em cada colônia foi positivamente correlacionado com o número de machos marcados recolhidos nas agregações. O tamanho dos machos não influenciou no alcance dos mesmos aos agregados, porém os machos que persistiram mais tempo nos agregados reprodutivos foram geralmente menores, além de espermatozoides mais curtos também possuíam o comprimento dos espermatozoides mais variável (Koffler et al. 2016), isto indica que não há pressão seletiva para reduzir a variação do comprimento do espermatozoide, tal como descrito em espécies sociais poliândricas (Fitzpatrick e Baer, 2011).

As espécies de abelhas maiores geralmente se beneficiam de olhos maiores, mais agudos e mais sensíveis, que são assumidos como pré-requisitos importantes para a evolução das habilidades visuais de pouca luz (Land 1997; Kelber et al., 2006). Em um estudo sobre a morfologia dos olhos de operárias de abelhas sem ferrão, correlacionou-se positivamente com o tamanho corporal, sugerindo que as espécies maiores possuem olhos mais sensíveis (Streinzer et al., 2016). Nesse mesmo estudo, os dados da espécie *Trigonisca pipioli*, sugerem

que as espécies menores podem ter desenvolvido adaptações específicas que aumentam a sensibilidade à luz para enfrentar os desafios do voo na floresta escura.

Como dito anteriormente, foi observado que quanto menor a distância interocular, provavelmente esses indivíduos terão olhos maiores e quanto mais longilíneo o corpo, mais aerodinâmico ele será e conseqüentemente terá mais agilidade no voo. Pode-se inferir a partir dos resultados deste trabalho, que os machos com olhos maiores e corpo mais longilíneo estão mais aptos a viver fora da colônia pelo fato de terem uma visão mais adaptada ao ambiente, proporcionando a procura por alimento facilitada, além da visualização de intempéries que o rodeiam, e por fim são mais aptos a alcançar agregados reprodutivos, mais aptos a enxergar e alcançar mais rápido a rainha virgem no voo nupcial, e assim terão uma oportunidade maior de acasalarem.

Referências bibliográficas

ABELL A.J., COLE B.J., REYES R., WIERNASZ D.C. (1999) Sexual selection on body size and shape in the western harvester ant. *Evolution* (N. Y): *Pogonomyrmex occidentalis* Cresson; p. 535 - 45.

ARAÚJO C.S. (2010) Influência de variáveis temporais e climatológicas na atividade de voo da abelha sem ferrão *melipona flavolineata* (apidae, meliponini) e seu papel como polinizadora potencial do açajeiro (*euterpe oleracea*, arecaceae). Trabalho de Conclusão de Curso. UFPA.

ARAÚJO E.D., COSTA M., CHAUD-NETTO J., FOWLER H.G. (2004) Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. *Braz. J. Biol.* 64, 563-568.

BATEMAN A.J. (1948) Intra-sexual selection, 349-368.

BOOMSMA J.J, BAER B, HEINZE J. (2005) The evolution of male traits in social insects. *Annu Rev Entomol.*;50:395–420.

CANE J.H. (1987) Estimation of bee size using intertegular span (Apoidea). *J Kansas Entomol Soc*;60:145–7.

CORTOPASSI-LAURINO M. (2007) Drone congregations in Meliponini: What do they tell us? *Bioscience Journal*, 23, 153–160

- CORTOPASSI-LAURINO M. (1979) Observações sobre atividades de machos de *Plebeia droryana* (Apidae, meliponinae) Rev. Bras. Ent. v. 23, p. 177-191.
- COUVILLON M.J., HUGHES W.O.H., PEREZ-SATO J.A., MARTIN S.J., ROY G.G.F., RATNIEKS F.L.W. (2010) Sexual selection in honey bees: colony variation and the importance of size in male mating success. Behav Ecol.;21:520–5.
- DARWIN C. (1871) The descent of man, and selection in relation to sex. New York: D. Appleton and company.
- ENGELS W.; IMPERATRIZ-FONSECA V.L. (1990) Caste development, reproductive strategies, and control of fertility in honey bees and stingless bees. In Social Insects pp. 167–230. Springer Berlin Heidelberg.
- FITZPATRICK J.L., BAER B. (2011) Polyandry reduces sperm length variation in social insects. Evolution (N Y);65:3006–12.
- GREENLEAF S.S., WILLIAMS N.M., WINFREE R., KREMEN C. (2007) Bee foraging ranges and their relationship to body size. Oecologia 153, 589-596.
- HEIMPEL G.E., BOER J.G. (2008) Sex Determination in the Hymenoptera. Minnesota: Annual Reviews.
- IMPERATRIZ-FONSECA V.L.; ZUCCHI R. (1995) Virgin queens in stingless bee (Apidae, Meliponinae) colonies: a review. Apidologie, 26, 231–244.
- JAFFÉ R., PIOKER-HARA F.C., SANTOS C.F. DOS, SANTIAGO L.R., ALVES D. A., DE M P KLEINERT A., ET AL. (2014) Monogamy in large bee societies: a stingless paradox. Die Naturwissenschaften, 101, 261–264.
- KERR W.E., ZUCCHI R., NAKADAIRA J.T.; BUTOLO J.E. (1962) Reproduction in the social bees (Hymenoptera: Apidae). Journal of the New York Entomological Society, 70, 265–27.
- KERR W.E., CARVALHO G.A., NASCIMENTO V. A.(1996) Abelha Uruçu - Biologia, manejo e conservação. Belo Horizonte: Acungáú. 144p
- KOFFLER S. ET AL. (2016) Competitive males have higher quality sperm in a monogamous social bee. BMC Evolutionary Biology.

- KOENIGER G, KOENIGER N, PECHHACKER H, RUTTNER F, BERG S. (1989) Assortative Mating in a Mixed Population of European Honeybees, *Apis mellifera ligustica* and *Apis mellifera carnica*. *Insectes Soc.*;36:129–38.
- LIN N., MICHENER C. D. (1972) Evolution of Sociality in Insects. *The Quarterly Review of Biology*.
- LÓPEZ J., KRAUS F. (2009) Cherchez la femme choice of drone congregations in the stingless bee *Scaptotrigona mexicana*. *Animal Behavior*.
- MCLACHLAN A. (1986) Survival of the smallest: advantages and costs of small size in flying animals. *Ecol. Entomol.*
- MAGALHÃES T.L.; VENTURIERI G.C. (2010) Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no Nordeste Paraense. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (Embrapa Amazônia Oriental).
- MICHENER C., (2007) The bees of the world. In p. 953, 2nd edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- MUELLER M.Y. ET AL (2011) Outbreeding and lack of temporal genetic structure in a drone congregation of the neotropical stinglees bee *Scaptotrigona Mexicana*.
- NEEMS R.M., LAZARUS J., MCLACHLAN A.J. (1992) Swarming behavior in male chironomid midges: a cost-benefit analysis. *Behav Ecol.*;3:285–90.
- PEEL M.C., FINLAYSON B.L., MCMAHON T.A. (2007) Updated world map of the KöppenGeiger climate classification. *Hydr. Earth Syst. Sci.* 4, 439-473.
- PAXTON, R. J. 2005. Male mating behaviour and mating systems of bees: an overview. *Apidologie* 36:145–156.
- PEDRO S.R.M. (2014) The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera : Apidae). *Sociobiology*, 61, 348–354.
- PEREBOOM J.J.M.; BIESMEIJER J.C. (2003) Thermal constraints for stingless bee foragers: the importance of body size and coloration. *Oecologia* 137:42-50

- PETERS J.M., QUELLER D.C., IMPERATRIZ-FONSECA V.L., ROUBIK D.W.; STRASSMANN J.E. (1999) Mate number, kin selection and social conflicts in stingless bees and honeybees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 266, 379–384.
- ROUBIK D.W. (1989) *Ecology and natural history of tropical bees*. New York, Cambridge Univ. Press, 514p.
- ROUBIK D.W.; ALUJA M. (1983) Flight ranges of *Melipona* and *Trigona* in tropical forest. *J. Kans. Entomol. Soc.*, 56: 217-222.
- SILVA D.N. DA ZUCCHI R.; KERR, W. (1972) Biological and behavioural aspects of the reproduction in some species of *Melipona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Animal Behaviour*, 20, 123–132.
- SOMMEIJER M.J.; BRUIJN L.L.M. DE (1995) Drone congregations apart from the nest in *Melipona favosa*. *Insectes Sociaux*, 42, 123–127.
- SRINIVASAM M.V. (2010) Honey bees as a model for vision, perception and cognition. *Annual Review of Entomology*, 55:267-284.
- STRASSMANN J. (2001) The rarity of multiple mating by females in the social Hymenoptera. *Insectes Sociaux*, 48, 1–13.
- VAN NIEWSTADT M.G.L., IRAHETA C.E.R. (1996) Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae, Meliponinae). *Apidologie* 27, 219-228.
- VAN VEEN J.W., SOMMEIJER M.J., MEEUWSEN F. (1997) Behaviour of drones in *Melipona* (Apidae, Meliponinae), 435-447.
- WIERNASZ D.C., SATER A.K., ABELL A.J., COLE B.J. (2001) Male size, sperm transfer, and colony fitness in the western Harvester ant, *Pogonomyrmex occidentalis*. *Evolution* (N. Y). *The Society for the Study of Evolution.*;55:324–9.
- WILLE A. (1983) *Biology of the stingless bees*. *Annual Review of Entomology* 28: 41–64.
- WILSON E.O. (1971) *The Insect Societies*. Harvard, Mass p. 548. Harvard University Press, Cambridge.

ANEXO I

Apidologie

Instructions to authors

Submission of a paper implies that it reports original unpublished work, that it has not been accepted and is not under consideration for publication elsewhere. All authors must have read and approved the manuscript.

TYPES OF ARTICLES

The journal *Apidologie* publishes original articles, review articles, scientific notes, proceedings of scientific meetings, and extensive bibliographies in English. Original and review articles have an abstract in English and a general summary in German. Submission of a paper implies that it reports original unpublished work, that it has not been accepted and is not under consideration for publication elsewhere. All authors must have read and approved the manuscript. A - Original articles: they should be no longer than ten pages as a rule, i.e. about 30 000 characters (spaces excluded), including tables and figures (see template for more information). B - Review articles: Their length is limited to about 60 000 characters, spaces excluded. See template for more information but the usual division into 'materials and methods, results and discussion' may be replaced by a more adapted structure. C - Proceedings of scientific meetings: Summaries of communications are limited to 1 700 characters, spaces excluded. They have no chapters, bibliographic references, tables nor acknowledgments and are published by prior arrangement with the Editorial Board. D - Scientific notes: *Apidologie* publishes brief notes to report information and observation of preliminary nature 1) for which additional data cannot be easily obtained or 2) which have an exceptional scientific interest. The length of such notes will be strictly restricted to two pages (about 5 500 characters, spaces excluded) and publication will depend on the availability of space in the journal and general interest to readers of *Apidologie*. This form is intended to augment scientific communication and is by no means for articles that are not of sufficient rigor to be published as full papers. All submissions must include 'scientific note' in the title. Only the title is translated into French and German. E- Extensive bibliographies: A twopage synopsis or introduction is published in the printed version, the bibliography itself being available online only. Before preparation and submission of such bibliographies, authors are advised to contact the Editorial office. References are published in HTML format in addition to PDF format.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Manuscripts should be submitted via the Manuscript Management System (MMS) at: <https://mms-inra.edpsciences.org/is/apido/>. Please follow the instructions displayed on the screen after accessing the website. To register your submission, you need to enter your author identifier (ID). This is a unique and confidential number that is attributed to you upon your first submission to *Apidologie*. If you publish regularly with us, please note your author ID for future reference. Manuscripts should comply with the Instructions (http://www.apidologie.org/doc_journal/instructions/apido_instructions.pdf) and be submitted as a unique PDF file containing text, references, tables and figures (RTF or Word files can be also accepted if need

be). The file should be labelled with the corresponding author's name, for example: Martin-2007-apido.pdf. The manuscript should be typed in Times (12) double-spaced with margins of 3 cm at top, bottom and sides for editor's markings. Lines and pages should be numbered. Use italics only for latin names of organisms. The Editorial board requests that authors whose native language is not English have their manuscripts checked by an English-speaking colleague prior to submission. The Editorial Board maintains the option of returning, before evaluation, manuscripts which do not meet the instructions and/or acceptable standards of English. Upon acceptance, the format required for text and tables is RTF or Word and for figures TIFF or EPS. Upload it through MMS at [https:// mms-inra.edpsciences.org/is/apido](https://mms-inra.edpsciences.org/is/apido).

PEER REVIEW PROCESS

All manuscripts are examined initially by Apidologie scientific editors for their appropriateness to the journal. Those which do not match the scope of Apidologie or are of insufficient general interest are sent back promptly to their authors. Other manuscripts are sent to a minimum of two experts chosen by the handling editor. Reviewers are invited to present their comments and/or suggestions within 4 weeks after reception of the manuscript. Reviewers' comments are sent to the authors without their names to remain anonymous. Final acceptance is a decision of the handling editor and is based on the reviewers' reports and the editorial board advice. In case of revision, the authors must indicate in which ways the comments and suggestions were taken into account or why they were not taken into account. The corrected version should be returned to the handling editor within 3 months after the decision has been made. After this delay, it will be considered as a new manuscript. Depending on the handling editor's decision, revised manuscripts may be sent out to reviewers a second time.

ELECTRONIC-ONLY MATERIAL

Electronic-only material is designed to provide supplementary information that is either too voluminous for printing or that is designed specifically for the Web, such as illustration in colour. Electronic-only material may include but is not restricted to: (Large) tables; Appendices; Programmes; Images; Videos. This option should be used whenever possible to reduce the length of the printed papers. Electronic-only material must be submitted together with the body of the manuscript for evaluation. For more information on the submission of this material (file requirements, etc.), please contact the production office at: anglezio@edpsciences.org.

OPEN ACCESS OPTION

To favour a broad and easy access to all published scientific information, Apidologie and its publisher EDP Sciences uses a service called Open Access Option (OAO). It offers the possibility for authors to make their papers freely available to all interested readers (subscribers or non subscribers) as soon as the articles are published online. Otherwise, the policy of the journal is to have all articles made freely accessible 18 months after the print date. Authors who are interested in OAO should fill out the form that is sent with the proofs

and return it with the corrected proofs. Authors (or their institution) should make a contribution, Price (550 d in 2008) covers only a fraction of the editing costs.

PROOFS AND REPRINTS

Proofs will be sent by electronic mail to the author for correspondence indicated on the title page. They should be carefully corrected and returned to the publisher within 48 h of reception. If this period is exceeded, the galley proofs will be proofed only by the editorial staff of the publishing house and printed without the authors' corrections. Should substantial changes in the original manuscript be requested (other than typographical errors), they will be made at the author's expense. The PDF file is provided free of charge to the corresponding author. An order form for reprints – and, if required, for the publication of colour figures – will accompany the proofs.

COPYRIGHT

The author returns the signed transfer of copyright and publishing agreement form with the corrected proofs.. Authors are allowed to make their articles available on personal sites, or their institution's website and Open Archive Initiative sites, provided the source of the published article is cited and the ownership of the copyright clearly mentioned. These sites must be non-profit sites. Reprint and postprint may be used (with the publisher's PDF). Authors are requested to create a link to the published article in the publisher's internet service. The link must be accompanied by the following text "The original publication is available at <http://www.apidologie.org/>." Requests for reproduction should be sent to the publisher: EDP Sciences 17, avenue du Hoggar P.A. de Courtaboeuf, BP 112 91944 Les Ulis Cedex A (France) edps@edpsciences.org

TEMPLATE FOR APIDOLOGIE

The manuscript should be typed in Times 12 double-spaced with margins of at least 3 cm at the top, bottom and sides for editor's markings. Lines and pages should be numbered. Title Authors: Forenames (in full) and SURNAMES of each author* Address of all authors Email of all authors *Corresponding author: this author being identified by an asterisk: detailed postal address, phone and fax numbers Short Title: no more than 45 characters, including spaces. The manuscript should be arranged as follows: title page, abstract and keywords, introduction, materials and methods, results, discussion, acknowledgments, general summary (to be translated into German), references, figure captions, tables, figures. Tables and figures, with their captions, should not appear in the text, but be placed together on separate sheets at the end of the manuscript. Abbreviations should be punctuated. Uppercase letters should be accentuated, small capital should not be used. Abstract The abstract (no more than 850 characters, spaces excluded) should be in a form suitable for abstracting services. It should contain no paragraphs, footnotes, references, crossreferences to figures and tables and undefined abbreviations. Keywords Up to five keywords should be supplied, they may be taken from the title, abstract or text. The plural form and uppercase letters should be avoided. Keywords should be written in bold lowercase letters, separated by slashes. 1. Introduction Section headings should be numbered following the international numbering system (1., 1.1.,

1.1.1., etc.). 1. Materials and Methods 2. Results 3. Discussion Acknowledgements General summary (for translation into German) This summary (10% of the length of the article, excluding abstract and references, but not to exceed 2500 characters, spaces excluded) is intended for a general audience and should be written in non-technical language. It should mention the aim of the study, place it in the scientific context, provide brief information about methods and sufficient information on results (with reference to the tables and figures), and lastly the discussion and conclusion. It should be written in English and will be translated into German by the editorial office. References In the text, refer to author(s) name(s) and year of publication. When there are more than two authors, give the first author's name followed by et al. References cited together in the text should be arranged chronologically. Ex.: (Smith, 1979, 1980; Anderson and Smith, 1982a; Anderson et al., 1985). In the reference list, the references should appear in alphabetical order. If there is more than one author, the order is as follows: publications of a single author in chronological order; publications of the same author with one co-author in chronological order; publications of the author with more than one co-author in chronological order. Proceedings of articles submitted for publication, unpublished data, personal communications should not appear in the reference list but should be cited in the text as "unpubl. data". All entries in the reference list must correspond to references in the text and vice versa. The titles of journals should be abbreviated according to the rules of Biosciences Information Service (Biosis) or those of the Liste d'abréviations de mots des titres de publications en série (conforming to ISO 4, Centre international de ISSN, Paris). Words for which no abbreviation is given should be written in full. Examples are given below of the layout and punctuation to be used in the references: Article: Anderson D.L., Trueman J.W.H. (2000) *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species, *Exp. Appl. Acarol.* 24, 165–189. Book: Ruttner F. (1988) *Biogeography and taxonomy of honeybees*, Springer Verlag, Berlin. Chapter in a book: Southwick E.E. (1993) *Biology and social physiology of the honey bee*, in: Graham J.M. (Ed.), *The hive and the honey bee*, Dadant and Sons, Hamilton, Illinois, pp. 171–196. Electronic material: Bogdanov S. (1999) *Water content: comparison of refractometric methods with the Karl Fisher method*, *Annu. Meet. Int. Honey Comm.* Dijon, [online] <http://www.apis.admin.ch/host/honey/minutes.htm> (accessed on 16 August 2004). For all other kinds of documents, please contact the managing editor (apidologie@sophia.inra.fr). Figures and Tables Illustrations should be numbered in Arabic numerals for figures and Roman numerals for tables, and should be referred to in the text by their number: Fig. 1, Tab. I. Lettering (symbols, numbers, etc., preferably in Arial font,) should not differ from figure to figure and should be of sufficient size to remain legible after reduction (letters 1–2 mm high after reduction to either one (6.5 cm) or two column (13.5 cm) format). Figures should be presented in the form of drawings on drawing or tracing paper or as sharp glossy prints. Half-tones should contain good contrast and should be originals (i.e. not already reproduced); line drawings should have a white background. Photographs should be presented in the form of plates to be reproduced without reduction (maximum size 13.5 x 20 cm). The lettering should not be placed any closer to the edges than 1 cm. The figure captions should be explicit so that the illustrations are comprehensible without reference to the text. In the paper version of the journal, figures are in black and white (for colour, authors should make a contribution, prices on request), but they appear in colour in the electronic version. Tables should not exceed 84 characters per line (140 if in landscape

format). The title of each table should be written above the corresponding table. Figures and tables published elsewhere cannot be accepted without the prior consent of the publisher and the author(s).