



**Universidade Federal de Uberlândia**

**Instituto de Biologia**

**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de  
Recursos Naturais**



# **DIVERSIDADE DE FONTES DE PÓLEN UTILIZADAS POR ABELHAS CENTRIDINI EM ÁREAS DE CERRADO**

**Laíce Souza Rabelo**

**2012**

**Laíce Souza Rabelo**

**DIVERSIDADE DE FONTES DE PÓLEN UTILIZADAS POR  
ABELHAS CENTRIDINI EM ÁREAS DE CERRADO**

Dissertação a ser apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

**Orientadora**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Solange Cristina Augusto**

**Co-orientadora**

**Dr<sup>a</sup>. Esther Margarida Alves Ferreira Bastos**

**UBERLÂNDIA**

**Fevereiro - 2012**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

R114d Rabelo, Laíce Souza, 1987-  
2012      Diversidade de fontes de pólen utilizadas por abelhas Centridini em  
         áreas de Cerrado / Laíce Souza Rabelo. - 2012.  
         71 f. : il.

Orientadora: Solange Cristina Augusto.

Co-orientadora: Esther Margarida Alves Ferreira Bastos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa  
de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.  
Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Abelha - Pólen - Teses. 3. Polinização - Teses.  
I. Augusto, Solange Cristina. II. Bastos, Esther Margarida Alves Ferreira.  
III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 574

---

**Laíce Souza Rabelo**

**DIVERSIDADE DE FONTES DE PÓLEN UTILIZADAS POR  
ABELHAS CENTRIDINI EM ÁREAS DE CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovada em 16 de fevereiro de 2012.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cândida Maria Lima Aguiar

Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

---

Prof<sup>º</sup>. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Solange Cristina Augusto

Universidade Federal de Uberlândia – UFU (Orientador)

**UBERLÂNDIA**

**Fevereiro - 2012**

## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é resultado do esforço de muitas pessoas e por isso meus agradecimentos especiais:

A minha orientadora professora Solange Cristina Augusto pelo incentivo e prontidão em me ajudar em todos os momentos do trabalho e pelos inúmeros conselhos. Com certeza a convivência com ela me fez crescer muito pessoal e profissionalmente.

A minha co-orientadora Dr<sup>a</sup> Esther Margarida Alves Ferreira Bastos pela prontidão em me receber em seu laboratório e pelos ensinamentos quanto à análise polínica.

A minha querida amiga Alice pela paciência e por me acompanhar nas acetólises, análises dos dados, leitura do trabalho e muito mais.

Ao professor Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira por permitir que eu trabalhasse em seu laboratório, pela paciência quanto às minhas dúvidas e por aceitar compor a banca examinadora.

Aos meus colegas do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA) e aos amigos, pelo acompanhamento nas coletas no campo e apoio nas atividades desenvolvidas no laboratório.

As minhas amigas Maíra, pelo auxílio nas atividades de campos, laboratório e apoio ao longo desse trabalho, e Renata, pelo auxílio nas análises estatísticas, acompanhamento no campo e apoio.

A todos os meus professores que me acompanharam e contribuíram com o meu crescimento acadêmico e pessoal. E aos funcionários da Universidade Federal de Uberlândia e os responsáveis pela Estação Experimental Água Limpa (Célio) e pela Estação Ecológica do Panga (José) que sempre me ajudaram.

Aos professores Heraldo Luis de Vasconcelos e Kátia Gomes Facure Giaretta pelo auxílio nas análises estatísticas.

A professora Cândida Maria Lima Aguiar pela disponibilidade em participar da banca examinadora dessa dissertação.

A CAPES pela bolsa concedida e ao PROCAD-CAPES e a FAPEMIG pelo financiamento do meu trabalho.

Ao Alexandre pelo apoio e compreensão durante a realização desse trabalho.

E em especial a minha família pelo carinho e dedicação em todos os momentos da minha vida. Meus sinceros agradecimentos ao apoio incondicional deles.

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iv
Lista de figuras .....	vii
Lista de tabelas .....	ix
Resumo.....	xi
Abstrat .....	xii
<b>1. Introdução geral .....</b>	<b>1</b>
1.1. Polinização e as abelhas coletoras de óleo .....	1
1.2. Conservação e manejo das abelhas coletoras de óleo da tribo Centridini e o uso de ninhos-armadilha .....	2
1.3. Análise polínica e redes de interações como ferramentas para o estudo de comunidades de abelhas e plantas fontes de recursos alimentares.....	4
<b>2. Objetivos e apresentação da dissertação .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Referências .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Capítulo 1: Interações entre abelhas Centridini e plantas fornecedoras de pólen em áreas de Cerrado .....</b>	<b>15</b>
4.1. Introdução.....	16
4.2. Material e métodos .....	18
4.3. Resultados .....	24
4.4. Discussão .....	31
4.5. Agradecimentos .....	35
4.6. Referências .....	36
<b>5. Capítulo 2: Uso diferenciado de fontes de pólen por <i>Centris analis</i> e <i>Centris tarsata</i> em áreas de Cerrado .....</b>	<b>44</b>
5.1. Introdução.....	45
5.2. Material e métodos .....	48
5.3. Resultados .....	53
5.4. Discussão .....	57

5.5. Agradecimentos .....	61
5.6. Referências .....	62
<b>6. Considerações finais.....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1: Rede de interações e compartilhamento diferenciado de fontes de pólen por abelhas Centridini no Cerrado

Figura 1: Rede de interações entre as abelhas da tribo Centridini e visitantes florais da acerola (coluna da esquerda) e as espécies e gêneros de plantas usadas como fontes de pólen para o aprovisionamento larval (coluna da direita), em área de Cerrado. Os números entre parênteses representam a classe de tamanho corporal à qual a espécie de abelha pertence (ver tabela 2) e, na coluna das plantas, entre parênteses está o tipo de antera que a flor apresenta (NP= não poricida e P= poricida). Quanto mais espessa for a linha, mais forte é a interação entre os dois vértices.....28

Figura 2: Dendrograma de dissimilaridade no uso das plantas fontes de pólen por abelhas da tribo Centridini e visitantes florais da acerola, em área de Cerrado, utilizando o coeficiente de Bray-Curtis e análise de agrupamento por médias não ponderadas (UPGMA) (correlação cofenética= 0,84). Em parênteses os números representam a classe de tamanho corporal a qual a espécie de abelha pertence (ver tabela 2).....30

Figura 3: A- Média das abundâncias relativas ( $\pm$  erro padrão) das fontes de pólen usadas pelas abelhas da tribo Centridini, em área de Cerrado, de acordo com o tipo de antera que a flor apresenta (P= Poricida e NP= Não poricida) e B- Correlação entre a abundância relativa de grãos de pólen provenientes de flores com anteras poricidas e o tamanho corporal das abelhas (distância intertegular dada em milímetros).....30



## Capítulo 2: Uso diferenciado de fontes de pólen por *Centris analis* e *Centris tarsata* em áreas de Cerrado

Figura 1: Tipos polínicos usados por *Centris analis* e *Centris tarsata* no aprovisionamento larval. A- *Heteropterys* sp. (visão polar), B- *Solanum lycocarpum* (visão polar), C- *Banisteriopsis* sp. (visão polar), D- *Byrsonima* sp. (visão equatorial) E- *Senna* sp1 (visão equatorial) e F- *Machaerium* sp. (visão equatorial).....55

Figura 2: Abundância relativa dos tipos polínicos usados no aprovisionamento larval por *Centris analis* (amostras 1 a 8) e *Centris tarsata* (amostras 9 a 16) em áreas de Cerrado.....56

Figura 3: Abundância relativa (médias  $\pm$  erro padrão) das fontes de pólen usadas no aprovisionamento larval por *Centris analis* (CA) e *Centris tarsata* (CT) em áreas de Cerrado, de acordo com: A- o tamanho dos grãos de pólen das espécies e gêneros botânicos (P- Pequeno, M- Médio e G- Grande) e B- o tipo de antera presente na flor da espécie ou gênero botânico (P- Poricida e NP- Não Poricida). As letras distintas representam diferenças em nível de 5% de acordo com o teste de Tukey Type, considerando cada espécie de abelha separadamente.....57

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1: Rede de interações e compartilhamento diferenciado de fontes de pólen por abelhas Centridini no Cerrado

Tabela 1: Abundância relativa das fontes de pólen usadas por abelhas da tribo Centridini, visitantes florais da acerola, em área de Cerrado. Recursos florais oferecidos pela espécie ou gênero botânico (R): P= Pólen, N= Néctar e O= Óleo e o tipo de antera apresentada pela flor (An): NP= Não poricida e P= poricida. Espécies de abelhas estudadas: *Centris aenea* (CA), *Centris analis* (CAN), *Centris denudans* (CD), *Centris flavifrons* (CF), *Centris inermis* (CI), *Centris longimana* (CL), *Centris mocsaryi* (CM), *Centris nitens* (CN), *Centris poecila* (CP), *Centris scopipes* (CSC), *Centris spilopoda* (CSP), *Centris varia* (CV), *Epicharis affinis* (EA), *Epicharis albofasciata* (EAL), *Epicharis bicolor* (EB) e *Epicharis flava* (EF).....25

Tabela 2: Tamanho corporal (média  $\pm$  desvio padrão) das abelhas da tribo Centridini e visitantes florais da acerola baseado na distância intertegular (DI). Classes de tamanho (Classe): 3,14 a 4,28 mm (classe 1); 4,28 a 5,68 mm (classe 2); 5,68 a 6,82 mm (classe 3); 6,82 a 7,96 mm (classe 4); e 7,96 a 9,10 mm (classe 5).....27

### Capítulo 2: Uso diferenciado de fontes de pólen por *Centris analis* e *Centris tarsata* em áreas de Cerrado

Tabela 1: Espécies ou gêneros vegetais fontes de pólen para o provisionamento larval de *Centris analis* e *Centris tarsata* em áreas de Cerrado. Recursos florais oferecidos pelas espécies e gêneros vegetais (R): P- Pólen, O- Óleo e N- Néctar); abundância relativa dos grãos de pólen (%) (Ab); frequência de ocorrência das fontes de pólen (%) (FO); tipo de

antera apresentada pelas flores (An): P - Poricida e NP - Não Poricida; e o tamanho dos grãos de pólen em micrômetros (T): P- Pequeno, M- Médio e G- Grande, de acordo com o eixo equatorial (E) (média  $\pm$  desvio padrão).....54

## RESUMO

Rabelo, LS. 2012. Diversidade de fontes de pólen utilizadas por abelhas Centridini em áreas de Cerrado. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 71 p.

As abelhas nativas são os principais responsáveis pela polinização em áreas naturais e nos sistemas agrícolas. Nesse contexto, informações sobre as fontes de recursos alimentares e os padrões de utilização dessas por abelhas simpátricas podem subsidiar ações de conservação e manejo desse grupo. Nesse trabalho apresentamos informações sobre o nicho alimentar de abelhas Centridini em áreas de Cerrado e a influência das características morfológicas das abelhas (tamanho corporal) e das plantas (tamanho dos grãos de pólen e tipo de antera das flores) na similaridade no uso das fontes de pólen e na estrutura da rede de interações identificadas por meio de análise polínica. Para isso foram analisadas amostras ( $n=69$ ) da escopa de 16 espécies de abelhas Centridini, coletadas no período de 2004 a 2011, após a visita às flores de acerola (*Malpighia emarginata*), e do alimento larval proveniente de ninhos de *Centris analis* ( $n=8$ ) e *Centris tarsata* ( $n=8$ ) coletados entre outubro e março de 2008 a 2010. A coleta das abelhas visitantes florais da acerola foi realizada em um cultivo de acerola da Estação Experimental Água Limpa (EEAL), utilizando-a como planta-isca, enquanto os ninhos foram provenientes da EEAL e da Estação Ecológica do Panga, ambas localizadas em Uberlândia, MG. As análises das amostras das escopas mostraram que as abelhas Centridini e as plantas usadas como fontes de pólen ( $n=23$ ) constituíram uma rede de interações aninhada ( $\text{NODF}=45,06$ ;  $p_{\text{er}}=p_{\text{ce}}<0,001$ ) e que a maior similaridade no uso dessas fontes ocorreu entre *C. analis* e *Centris poecila* (81,25%). Adicionalmente, houve o predomínio do uso de plantas cujas flores apresentam anteras não poricidas ( $U=255,00$ ;  $p<0,001$ ) e correlação entre o tamanho corporal e o uso de pólen de flores com anteras poricidas ( $r_s=0,591$ ;  $0,01<p<0,02$ ). Já as análises do conteúdo das células de cria mostraram que as fêmeas utilizaram poucas plantas como fontes de pólen ( $n=7$ ), sendo que *C. analis* utilizou principalmente *Heteropterys* spp. (Malpighiaceae) (62,31%) e plantas com flores com anteras não poricidas ( $U=54,00$ ;  $p=0,015$ ) e *C. tarsata* utilizou abundantemente *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) (62,02%) e plantas com flores com anteras poricidas ( $U=1,00$ ;  $p=0,001$ ). Além disso, houve diferença na amplitude do nicho alimentar dessas espécies ( $t=-17,023$ ;  $p<0,001$ ;  $g1=19090$ ), baixa similaridade (20,16%) no uso das fontes de pólen e a utilização de grãos de tamanho médio por *C. analis* e *C. tarsata* ( $U=14,609$ ;  $p=0,001$  e  $U=14,201$ ;  $p=0,001$ ). Portanto, considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que as espécies de Malpighiaceae constituíram as principais fontes de pólen em áreas de Cerrado, que as abelhas de maior tamanho foram consideradas mais generalistas na rede de interações e aquelas que apresentaram uma maior tendência em usar fontes de pólen com flores com anteras poricidas, assim como *C. tarsata*. Apesar de *C. analis* e *C. tarsata* serem espécies simpátricas, pertencerem ao mesmo grupo funcional e apresentarem sobreposição em relação ao período de nidificação, utilizaram abundantemente fontes para pólen distintas o que sugere a ocorrência de partição de recursos entre as referidas espécies.

**Palavras-chave:** análise polínica; tamanho corporal; antera poricida; grão de pólen

## ABSTRAT

Rabelo, LS. 2012. Diversity of pollen sources used by Centridini bees in areas of Cerrado.

Dissertation in Ecology and Conservation of Natural Resources. UFU. Uberlândia, MG.

71 p.

The native bees are mainly responsible for pollination in natural and agricultural systems. In this context, information about food sources and the patterns of their use by sympatric species can support actions of conservation and management of this group. In this study we presented information about the food niche of Centridini bees in Cerrado areas and the influence of bee's (body size) and plant's (pollen grain size and flower's anther type) morphologies in the similarity of the use of the pollen sources and interactions network structure identified by pollen analyzes. For this we analyzed samples (n= 69) from the scopa of 16 Centridini bee species, that were collected in the period from 2004 to 2011, after visiting West Indian cherry flowers (*Malpighia emarginata*), and nests of *Centris analis* (n = 8) and *Centris tarsata* (n = 8), collected between October and March from 2008 to 2010. The collection of bees visiting the West Indian cherry flowers was held in an orchard at Experimental Station of Água Limpa (ESAL), while the nests were from ESAL and Ecological Station of Panga, both located in Uberlândia, MG. The analysis of scopa samples showed that Centridini bees and the plants used as pollen sources (n= 23) constituted a nested network (NODF= 45.06; per= pce< 0.001) and that the greatest similarity in the use of these sources occurred between *C. analis* and *Centris poecila* (81.25%). Additionally, there was predominance of the use of plants with flowers with non-poricidal anthers (U= 255.00, p<0.001) and correlation between body size and the use of pollen from flowers with poricidal anthers ( $r_s = 0.591$ ,  $0.01 < p < 0.02$ ). Analyzes of the cells brood content showed that females used a few plant species as pollen sources (n= 7), and *C. analis* used mostly *Heteropterys spp.* (Malpighiaceae) (62.31%) and plants with flowers with non-poricidal anthers (U= 54.00, p= 0.015) and *C. tarsata* used profusely *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) (62.02%) and plants with flowers with poricidal anthers (U= 1.00, p= 0.001). In addition, there was difference in food niche width of these species (t= -17.023, p < 0.001, df= 19090), low similarity (20.16%) in the use of the pollen sources and the use of pollen grain of medium size by *C. analis* and *C. tarsata* (U= 14.609, p= 0.001 and U= 14.201, p= 0.001). Therefore, considering the results obtained, it can be concluded that Malpighiaceae species were the main pollen and oil sources for Centridini in Cerrado areas, that the larger bees were considered more general in the interactions network and those that had a greater tendency to use pollen sources with poricidal anthers, as well as *C. tarsata*. Despite *C. analis* and *C. tarsata* to be sympatric species, to belong to the same functional group and to present overlap in relation to the nesting period, they used abundantly different pollen sources which suggests the occurrence of partitioning of source between these species.

**Key-words:** pollen analysis, body size; poricidal anthers, pollen grain

## **DIVERSIDADE DE FONTES DE PÓLEN UTILIZADAS POR ABELHAS CENTRIDINI EM ÁREAS DE CERRADO**

### **1. Introdução geral**

#### **1.1. Polinização e as abelhas coletoras de óleo**

A polinização promove a manutenção da variabilidade genética das plantas nativas e a produtividade de espécies cultivadas (Kremen et al. 2002; Klein et al. 2007; Michener 2007). Nesse sentido, a humanidade se beneficia desse processo, diretamente, por meio da produtividade dos cultivos, e indiretamente, pela manutenção dos ecossistemas (Waser e Ollerton 2006). Assim, a polinização biótica constitui um serviço ecossistêmico que não pode ser substituído, eficientemente, por nenhuma tecnologia existente (Waser e Ollerton 2006).

As abelhas correspondem aos principais agentes polinizadores em ecossistemas tropicais e das culturas agrícolas do mundo (Kremen et al. 2002; Michener 2007). Porém as interações estabelecidas entre esses polinizadores e as plantas estão ameaçadas: (i) pelo isolamento de fontes de recursos alimentares e de locais adequados para a nidificação, resultante da intensificação da agricultura e da fragmentação, (ii) pela presença de espécies invasoras, (iii) pelas mudanças climáticas, (iv) pelas práticas agrícolas e industriais e (v) pelos parasitas e doenças (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2004, Waser e Ollerton 2006; Klein et al. 2007).

Entre as espécies nativas de abelhas estão as pertencentes à tribo Centridini, que apresentam adaptações morfológicas e comportamentais para a coleta de óleos florais usados para a construção dos ninhos e, por algumas espécies, para o provisionamento larval (Gaglianone 2001; Aguiar e Garófalo 2004; Rêgo et al. 2006; Alves-dos-Santos et al. 2007).

Na região Neotropical, a principal fonte de óleo para essas abelhas são espécies da família Malpighiaceae que compreende aproximadamente 60 gêneros (Anderson 1979; Freitas et al. 1999; Gaglianone 2003; Alves-dos-Santos et al. 2007; Vilhena e Augusto 2007; Vilhena et al. 2012).

As espécies da tribo Centridini são solitárias, possuem distribuição tipicamente Neotropical e pertencem a dois gêneros, *Centris* Fabricius, 1804 e *Epicharis* Klug, 1807. Todas as espécies de *Epicharis* e a maioria de *Centris* constroem seus ninhos no solo, enquanto as espécies de *Centris* pertencentes aos subgêneros *Hemisiella*, *Heterocentris* e *Xanthemisia* nidificam em cavidades pré-existentes presentes em madeira, termiteiros e outros locais escavados por pequenos vertebrados (Coville et al. 1983; Gaglianone 2001; Aguiar et al. 2006; Alves-dos-Santos et al. 2007).

Além disso, as abelhas da tribo Centridini são reconhecidas como importantes polinizadores de espécies nativas, especialmente Malpighiaceae (Aguiar et al. 2003; Machado 2004; Ribeiro et al. 2008), e de frutíferas como o murici (*Byrsonima crassifolia*) (Rêgo et al. 2006), o caju (*Anacardium occidentale*) (Freitas e Paxton 1998), a acerola (*Malpighia emarginata*) (Freitas et al. 1999; Vilhena e Augusto 2007; Vilhena et al. 2012), o tamarindo (*Tamarindus indica*) (Castro, 2002) e o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*) (Yamamoto 2009).

## **1.2. Conservação e manejo das abelhas coletoras de óleo da tribo Centridini e o uso de ninhos-armadilha**

Considerando a importância das abelhas Centridini para a polinização em áreas naturais e em sistemas agrícolas, e os impactos das atividades humanas sobre as populações desses polinizadores, faz-se necessária a obtenção de informações que subsidiem o

estabelecimento de planos de conservação e manejo que garantam a manutenção da estrutura da comunidade desses polinizadores. Nesse contexto, os levantamentos utilizando substratos artificiais, denominados de ninhos-armadilha, têm proporcionado a identificação de espécies de abelhas que possuem potencial de uso na polinização aplicada, por nidificarem nesse tipo de substrato (Garófalo et al. 2004).

A utilização de ninhos-armadilha possibilita a obtenção de informações a respeito da ocorrência das espécies, das características dos substratos usados para a nidificação, dos inimigos naturais, da razão sexual e o acesso às plantas utilizadas como fontes de recursos para a alimentação larval, por meio da análise polínica do conteúdo das células de cria (Camillo et al. 1995; Pereira et al. 1999; Jesus e Garófalo 2000; Silva et al. 2001; Viana et al. 2001; Aguiar e Martins 2002; Aguiar e Garófalo 2004; Aguiar et al. 2005; Buschini 2006; Loyola e Martins 2006; Mendes e Rêgo 2007; Garófalo 2008; Gazola e Garófalo 2009; Mesquita et al. 2009; Oliveira e Schlindwein 2009; Dórea et al. 2010a, b; Carvalho 2011; Mesquita e Augusto 2011). Assim, entre as espécies de Centridini, *Centris analis*, *Centris tarsata* e *Centris vittata* constituem as melhores candidatas a programas de polinização no Brasil, por serem relativamente constantes e abundantes na maioria dos estudos realizados usando ninhos-armadilha e por apresentarem ampla distribuição no país (Garófalo et al. 2004).

O manejo de abelhas visando o aumento das populações desses polinizadores em áreas pré-estabelecidas faz-se necessário devido à redução da diversidade desses insetos e, conseqüentemente, da polinização a limiares abaixo do adequado para a produção de frutos (Kremen et al. 2002). Essas ações são particularmente importantes em sistemas agrícolas, pois nesses os polinizadores estão constantemente em risco devido à simplificação do sistema, à utilização de pesticidas e ao isolamento de áreas naturais, onde estão localizados os substratos



para nidificação e as fontes de alimentos não oferecidos pelo cultivo (Kremen et al. 2002; Silveira 2004; Waser e Ollerton 2006; Klein et al. 2007).

A simplificação promovida nos sistemas agrícolas é resultado da retirada de áreas com vegetação nativa, estabelecimento de monoculturas e grandes campos de cultivo, remoção de outras espécies vegetais que possam oferecer recursos alimentares no período em que a cultura não oferece e práticas de manejo do solo e da água (Kremen 2004; Silveira 2004). Nessa paisagem, há o favorecimento de determinadas espécies de abelhas em detrimento de outras que se adaptam melhor as condições homogêneas oferecidas, porém, essas espécies podem não ser aquelas ideais para a polinização do cultivo instalado na área (Silveira 2004).

Dessa forma, o estabelecimento de estratégias que visem melhorar as condições ambientais é de fundamental importância para as espécies de polinizadores alvo. Como exemplos pode-se mencionar a oferta de substratos adequados para a nidificação, o cultivo de plantas e a presença de áreas naturais que ofereçam, constantemente, recursos alimentares e materiais para a construção dos ninhos, e a translocação de indivíduos entre áreas objetivando a recuperação ou a melhoria da variabilidade genética de populações de polinizadores ameaçadas (Kremen et al. 2002; Garófalo 2004; Silveira 2004).

### **1.3. Análise polínica e redes de interações como ferramentas para o estudo de comunidades de abelhas e plantas fontes de recursos alimentares**

As abelhas interagem com as espécies vegetais para a coleta de recompensas florais oferecidas pelas plantas para garantir a visitação frequente de seus polinizadores (Simpson e Neff 1981). Essas recompensas são utilizadas para a alimentação (pólen, néctar, óleo, secreções estigmáticas, entre outras), para a construção dos ninhos (tricomas, resinas e ceras), para a reprodução (fragrâncias e locais para acasalamento) e outros, como locais para dormir e

como fontes de calor (Simpson e Neff 1981). Assim, as interações estabelecidas entre esses componentes da comunidade podem ser identificadas e estudadas utilizando a análise polínica e as redes de interações.

A análise polínica é uma ferramenta utilizada em estudos forenses e em pesquisas sobre as mudanças climáticas, assim como para a identificação de padrões de migração, da origem do mel e das plantas fontes de recursos alimentares, especialmente pólen, para insetos (Jones e Jones 2001). Esses estudos são possíveis devido às características dos grãos de pólen, isto é, são de difícil deterioração e apresentam variações morfológicas no tamanho, forma e ornamentação da exina, que permitem a sua distinção (Barth e Melhem 1988; Jones e Jones 2001).

Nesse sentido, a identificação das plantas utilizadas para a coleta de pólen pelas abelhas pode ser realizada por meio da análise das cargas polínicas ou de amostras do conteúdo das células de cria. Para isso, os grãos de pólen coletados são processados utilizando o método de acetólise (Erdtman 1960). Esse método corresponde a um tratamento químico a base de ácidos, no qual são expostas as características morfológicas dos grãos, como os padrões de ornamentação da exina e o número e o formato das aberturas, que são utilizadas para a identificação desses por comparação com referências de espécies vegetais (Salgado-Labouriau 1973; Roubik e Moreno 1991; Bastos et al. 2008).

Além da identificação das fontes usadas, é possível, a partir da análise quantitativa associada à morfometria polínica, determinar a importância de cada espécie na dieta das abelhas. Isso porque a quantidade de pólen presente nas amostras e a sua frequência de ocorrência fornecem informações a respeito da fidelidade da espécie de abelha em relação à determinada fonte e da utilização dessas plantas ao longo do ano. Além disso, a morfologia do pólen está relacionada ao seu valor nutricional, como por exemplo, a associação entre o acúmulo de amido e o diâmetro do grão (Baker e Baker 1979).

As interações estabelecidas entre as abelhas e as plantas usadas como fontes de recursos, identificadas pela análise polínica, podem ser estudadas sobre a perspectiva de redes de interações. Essas redes provêm um modelo visual da maneira em que as espécies estão conectadas e da força relativa dessa conexão, o padrão estrutural da rede (Aninhada, Compartmentalizada ou em Gradiente), as propriedades do sistema (resiliência e conectância), e as alterações estruturais ao longo do tempo e espaço (Lewinsohn e Prado 2006; Bascompte 2008).

As redes entre abelhas e plantas apresentam, geralmente, padrão Aninhado que é determinado pela análise de dados binários (presença ou ausência de interações). Esse padrão é caracterizado por um gradiente decrescente, no sentido topo-base, do número de interações (= riqueza) estabelecidas por cada espécie, o que promove a formação de dois subgrupos, um composto pelas espécies que apresentam grande número de interações (denominado, topologicamente, de generalista) e outro formado por aquelas que possuem poucas interações, chamado de especialista (Lewinsohn e Prado 2006).

Ecologicamente, o aninhamento da rede de interações entre as abelhas e as plantas fontes de recursos confere maior coesão e resiliência ao sistema, uma vez que permite a reorganização das interações para a manutenção de sua estrutura diante de extinções de espécies (Jordano et al. 2003; Bezerra et al. 2009) e a persistência de espécies raras que estão conectadas ao núcleo de generalistas (Almeida-Neto et al. 2008). Dessa forma, a conservação estrutural da rede de interações abelha-planta provê a manutenção dos serviços de polinização em áreas naturais e em sistemas agrícolas.

Embora o padrão estrutural esperado para todas as redes de interações entre abelhas e as plantas seja o mesmo, a presença de relações especializadas como, por exemplo, a que ocorre entre as abelhas coletoras de óleo e as Malpighiaceae, podem promover alterações nas propriedades da rede (conectância, coesão, resiliência) (Lewinsohn e Prado 2006; Bascompte

2008, Bezerra et al. 2009). Além disso, as características morfológicas apresentadas pelas abelhas, como o tamanho corporal, e pelas plantas, como o tipo de antera (poricida e não poricida) e o tamanho dos grãos de pólen, podem também influenciar as interações estabelecidas entre as espécies. O tamanho corporal influencia a distância de forrageamento das abelhas (Greenleaf et al. 2007), enquanto a coleta de pólen em anteras poricidas requer comportamento e tamanho do corpo adequados ao processo de vibração e a coleta de grãos de tamanhos distintos adaptações na densidade dos pelos das escopas ((Thorp 1979; Michener 2007).

Assim, o padrão estrutural das redes de interações, assim como a determinação da amplitude e a similaridade no uso dos recursos alimentares por diferentes espécies de abelhas, podem ser esclarecidos por meio da análise polínica de amostras da escopa e do conteúdo das células de cria.

## **2. Objetivos e apresentação da dissertação**

Considerando o conhecimento das fontes de pólen requeridas pelas abelhas e os fatores que influenciam o padrão estrutural das redes de interações entre estas e o seu nicho alimentar, este trabalho teve como objetivo geral a determinação das fontes de pólen utilizadas pelas abelhas Centridini em áreas de Cerrado, assim como a influência das características morfológicas das abelhas (tamanho corporal) e das plantas (tipo de antera e tamanho dos grãos de pólen) na similaridade de utilização destas.

Assim, a dissertação foi estruturada em dois capítulos apresentados na forma de artigos e de acordo com as normas para referências bibliográficas propostas pela *Journal of Natural History*. No capítulo 1, apresentamos a rede de interações entre as abelhas Centridini e as plantas utilizadas como fontes de pólen para o provisionamento larval, considerando o

tamanho corporal das abelhas e o tipo de antera presente na flor. Os objetivos específicos neste capítulo foram: (i) determinar o padrão estrutural da rede de interações, entre as abelhas e suas fontes de pólen, em área de Cerrado, (ii) verificar a similaridade no uso dessas fontes de pólen, entre as espécies estudadas e (iii) verificar possível correlação entre o tamanho corporal destas e a abundância relativa de grãos de pólen provenientes de flores com anteras poricidas. Já no capítulo 2, apresentamos uma análise mais particular do uso diferenciado de fontes de pólen para a alimentação larval por duas espécies de abelhas coletoras de óleo (*Centris analis* e *Centris tarsata*), considerando o tamanho dos grãos de pólen e o tipo de antera que a flor apresenta. Mais especificamente procurou-se: (i) identificar as espécies vegetais fontes de pólen para o provisionamento larval de *C. analis* e *C. tarsata* em áreas de Cerrado, (ii) determinar a amplitude e a uniformidade do nicho alimentar dessas espécies e (iii) verificar se há diferenças no uso de fontes de pólen, por estas duas espécies, de acordo com o tamanho do grão de pólen e o tipo de antera das flores (poricidas ou não poricidas) das plantas visitadas.

### 3. Referências

- Aguiar AJC, Martins CF. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica de Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Revta. Bras. Zool.* 19 (1): 101-116.
- Aguiar CML, Garófalo CA. 2004. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revta. Bras. Zool.* 21(3): 477-486.
- Aguiar CML, Garófalo CA, Almeida GF. 2005. Trap-nesting bees (Hymenoptera, Apoidea) in areas of dry semideciduous forest and caatinga, Bahia, Brazil. *Revta. Bras. Zool.* 22(4): 1030-1038.

- Aguiar CML, Garófalo CA, Almeida GF. 2006. Biologia de nidificação de *Centris (Hemisiella) trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Revta. Bras. Zool. 23(2): 323-330.
- Aguiar CML, Zanella FCV, Martins CF, Carvalho CAL. 2003. Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para obtenção de recursos florais, Neotrop. Entomol. 32(2): 247-259.
- Almeida-Neto M, Guimarães PR, Guimarães JR. PR, Loyola RD, Ulrich W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. Oikos. 117: 1227-1239.
- Alves-Dos-Santos I, Machado IC, Gaglianone MC. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. Oecol. Bras. 11(4): 544-557.
- Anderson WR. 1979. Floral Conservatism in Neotropical Malpighiaceae. Biotropica. 11: 219-223.
- Baker HG, Baker I. 1979. Starch in Angiosperm Pollen Grains and Its Evolutionary Significance. Am J Bot. 66(5): 591-600.
- Barth OM, Melhem TSA. 1988. Glossário ilustrado de palinologia. Campinas: Unicamp, 75p.
- Bascompte J. 2008. Networks in ecology. Basic Appl. Ecol. 8: 485-490.
- Bastos EMAF, Thiago PSS, Santana RM, Travassos A. 2008. Banco de imagens de grãos de pólen: mais de 130 espécies de plantas apícolas. (CD-ROM).
- Bezerra ELS, Machado IC, Mello MAR. 2009. Pollination networks of oil-flowers: a tiny world within the smallest of all worlds. J Anim Ecol. 78: 1096-1101.
- Buschini MLT, Wolff LL. 2006. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith in Southern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Braz. J. Biol. 66(4): 1091-1101.

Camillo E, Garófalo CA, Serrano JC, Muccillo G. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). Rev. Bras. Entomol. 39: 459-470.

Carvalho SM. 2011. Diversidade de abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha disponibilizados em áreas de cerrado e em fragmentos próximos de mata estacional semidecidual-MG. [dissertação] [Uberlândia, (MG)]: Universidade Federal de Uberlândia.

Castro MS. 2002. Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potencial pollinators and their conservation. In: Kevan, P. and Imperatriz-Fonseca V.L. (eds.). Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministry of Environment. pp. 275-288.

Coville RE, Frankie GW, Vinson SB. 1983. Nest of *Centris segregate* (Hymenoptera: Anthophoridae) with a review of the nesting habits of the genus. J. Kans. Entomol. Soc. 56: 109-122.

Dórea MC, Aguiar CML, Figueroa LER, Lima LCL, Santos FAR. 2010a. Residual pollen in nests of *Centris analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in an area of Caatinga vegetation from Brazil. Oecol. Aust. 14(1): 232-237.

Dórea MC, Aguiar CML, Figueroa LER, Lima LCLE, Santos FAR. 2010b. Pollen residues in nests of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in a tropical semiarid area in NE Brazil. Apidologie 41: 557-567.

Erdtman G. 1960. The acetolized method. A revised description. Svensk Bot. Tidskr. 54: 561-564.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2004. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária. Sessão I. Capítulo

Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response; p 19-25.

Freitas BM, Paxton RJ. 1998. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. J. Appl. Ecol. 35: 109-121.

Freitas BM, Alves JE, Brandão GF, Araújo ZB. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. J. Agric. Sci. 133: 303-311.

Gaglianone MC. 2001. Nidificação e forrageamento de *Centris (Ptilotopus) scopipes* Friese (Hymenoptera, Apidae). Revta. Bras. Zool. 18(1): 107-117.

Gaglianone MC. 2003. Abelhas da tribo Centridini na Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antonio, SP): composição de espécies e interações com flores de Malpighiaceae. In: Melo G. A. R., Alves-dos-Santos I. C. (orgs.), Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure, Apoidea Neotropica, UNESCO, Criciúma. pp. 279-284.

Garófalo CA. 2008. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nidificando em ninhos-armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. Anais do VIII Encontro sobre Abelhas, 2008 Ribeirão Preto - SP, Brasil, pp. 208-217.

Garófalo CA, Martins CF, Alves-dos-Santos I. 2004. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária. Sessão II. Capítulo 8. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests, p. 77-84.

Gazola AL, Garófalo CA. 2009. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) in forest fragments of the State of São Paulo, Brazil. GMR. 8: 607-622.

Greenleaf SS, Williams NM, Winfree R, Kremen C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. Oecologia 153: 589-596.



- Jesus BMV, Garófalo CA. 2000. Nesting behavior of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie*. 31: 503-515.
- Jones GD, Jones SD. 2001. The uses of pollen and its implication for Entomology. *Neotrop. Entomol.* 30(3): 314-349.
- Jordano P, Bascompte J, Olesen JM. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant–animal interactions. *Ecol let.* 6: 69-81.
- Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, *Proc. R Soc. B Biol. Sci.* 274: 303-313.
- Kremen C, Williams NM, Thorp RW. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification, *Ecology*. 99 (26): 16812-16816.
- Lewinsohn TM, Prado PI. 2006. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos* 113(1): 174-184.
- Loyola RD, Martins RP. 2006. Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remanent. *Neotrop. entomol.* 35(1): 41-48.
- Machado IC. 2004. Oil-collecting bees and related plants: a review of the study studies in the last twenty years and case histories of plants occurring in NE Brazil. *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária, pp. 255-281.
- Mendes FN, Rêgo MMC. 2007. Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. *Rev. Bras. Entomol.* 51(3): 382-388.
- Mesquita TMS, Augusto SC. 2011. Diversity of trap-nesting bees and their natural enemies in the Brazilian savanna. *Trop Zool.* 24(2): 127-144.

- Mesquita TMS, Vilhena AMGF, Augusto SC. 2009. Ocupação de ninhos-armadilha por *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith, 1874 e *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Centridini) em áreas de cerrado. Biosci. J. (UFU). 25: 124-132.
- Michener CD. 2007. The importance of bees. Chapter in a book: The bees of the world 2<sup>nd</sup> Ed. 2007. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp 4-5.
- Oliveira R, Schilindwein C. 2009. Searching for a manageable pollinator for West Indian cherry orchards: the solitary oil collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). J. Econ. Entomol. 102(1): 20-273.
- Pereira M, Garófalo CA, Camillo E, Serrano, JC. 1999. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Apidologie. 30: 327-338.
- Rêgo MMC, Albuquerque PMC, Ramos MC, Carreira LM. 2006. Aspectos da biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. Neotrop. Entomol. 35(5): 579-587.
- Ribeiro EKMD, Rêgo MMC, Machado ICS. 2008. Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. Acta bot. bras. 22(1): 165-171.
- Roubik DW, Moreno JE. 1991. The pollen and spores of Barro Colorado Island. St Louis (Missouri): Missouri Botanical Garden.
- Salgado-Labouriau ML. 1973. Contribuição à palinologia dos Cerrados. Rio de Janeiro (Brazil): Academia Brasileira de Ciências.
- Silva FO, Viana BF, Neves EL. 2001. Biologia e arquitetura de ninhos de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). Neotrop. Entomol. 30(4): 541-545.

- Silveira FA. 2004. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária. Sessão II. Capítulo 7. Monitoring pollinating wild bees, p. 73-76.
- Simpson BB, Neff JL. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. Ann MO Bot Gard. 68(2): 301-322.
- Thorp RW. 1979. Structural, behavioral, and physiological adaptations of bees (apoidea) for collecting pollen. Ann MO Bot Gard. 66(4): 788-812.
- Viana BF, Silva FO, Kleinert AMP. 2001. Diversidade e sazonalidade de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no nordeste do Brasil. Neotrop. entomol. 30(2): 245-251.
- Vilhena AMGF, Augusto SC. 2007. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. Biosc. J. 23(1): 14-23.
- Vilhena AMGF, Rabelo LS, Bastos EMF, Augusto SC. 2012. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. Apidologie. 43: 51-62.
- Waser NM, Ollerton J. 2006. Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization. The University of Chicago Press.
- Yamamoto M. 2009. Polinizadores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger, Passifloraceae) no Triângulo Mineiro: riqueza de espécies, frequência de visitas e a conservação de áreas naturais. [tese] [Uberlândia, (MG)]: Universidade Federal de Uberlândia.

## Capítulo 1: Rede de interações e compartilhamento diferenciado de fontes de pólen por abelhas Centridini no Cerrado

A rede de interações abelha-planta é influenciada pelas características das espécies envolvidas. Nesse sentido, os objetivos desse trabalho foram determinar a estrutura da rede de interações formada entre as abelhas Centridini e suas fontes de pólen e verificar a similaridade no uso dessas, considerando o tipo de antera das flores e o tamanho corporal das abelhas. Para isso foram analisadas as cargas polínicas de 69 abelhas ( $n = 16$  espécies), coletadas nos anos de 2004 a 2011, após suas visitas as flores da aceroleira. As análises mostraram que as abelhas Centridini e as plantas usadas como fontes de pólen ( $n = 23$ ) constituíram uma rede de interações aninhada ( $NODF = 45,06$ ;  $p_{er} = p_{ce} < 0,001$ ). *Centris analis* e *Centris poecila* foram as espécies que apresentaram maior similaridade no uso das plantas fontes de pólen (81,25%). Houve o predomínio do uso de flores com anteras não poricidas ( $U = 255,00$ ;  $p < 0,001$ ) e correlação entre o tamanho corporal e o uso de pólen de flores com anteras poricidas ( $r_s = 0,591$ ;  $0,01 < p < 0,02$ ). Assim, considerando os resultados obtidos, as espécies de Malpighiaceae constituíram as principais fontes de pólen, além de óleo, para as Centridini e as abelhas de maior tamanho foram consideradas mais generalistas na rede de interações e aquelas que apresentaram uma maior tendência em usar fontes com flores com anteras poricidas.

**Palavras-chave:** análise polínica, tamanho corporal, anteras poricidas

## Introdução

As abelhas da tribo Centridini são solitárias, apresentam modificações na forma e tamanho dos segmentos das pernas e especializações na pilosidade que as permitem coletar óleos florais (Alves-dos-Santos et al. 2007). O óleo coletado é usado para a impermeabilização das células de cria e, por algumas espécies, para o provisionamento larval como fonte de carboidratos (Gaglianone 2001; Aguiar e Garófalo 2004; Rêgo et al. 2006; Alves-dos-Santos et al. 2007). O uso de óleo para a construção dos ninhos e alimentação larval auxilia na redução dos efeitos da umidade nos ninhos, como a prorrogação de bactérias e fungos e a absorção de água pelos grãos de pólen (Neff e Simpson 1981).

Essas abelhas são importantes polinizadores de plantas nativas, especialmente de Malpighiaceae (Aguiar et al. 2003; Machado 2004; Ribeiro et al. 2008), e de cultivadas, como o caju (*Anacardium occidentale*) (Freitas e Paxton 1998), a acerola (*Malpighia emarginata*) (Freitas et al. 1999; Vilhena e Augusto 2007; Vilhena et al. 2012), o tamarindo (*Tamarindus indica*) (Castro 2002) e o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*) (Yamamoto 2009).

As interações estabelecidas entre as abelhas e as plantas usadas para a coleta de recursos alimentares podem ser identificadas, indiretamente, por meio da análise polínica, pois os grãos de pólen são marcadores naturais distinguíveis e de difícil deterioração (Jones e Jones 2001). Adicionalmente, essas interações podem ser estudadas sob a perspectiva de redes ecológicas que proporcionam um modelo visual das conexões estabelecidas entre as espécies, assim como permitem o reconhecimento de padrões estruturais e das propriedades do sistema (Bascompte 2008).

As propriedades das redes de interações podem ser influenciadas por sua composição. Assim, redes de polinizadores completas apresentam propriedades (coesão, conectância e resiliência) distintas daquelas que compreendem especializações morfológicas para o

estabelecimento das interações, como o observado em estudo realizado com abelhas especializadas na coleta de óleo da tribo Centridini e espécies de Malpighiaceae, no qual a rede formada foi mais coesa e resiliente do que aquelas mais amplas (Bezerra et al. 2009a).

As interações estabelecidas entre as abelhas e as plantas podem ser influenciadas pelas características morfológicas das espécies envolvidas, entre elas o tamanho corporal das abelhas e o tipo de antera apresentado pelas plantas. O tamanho corporal influencia a distância de forrageamento das abelhas e a similaridade no uso das fontes de recursos por elas, como foi sugerido para algumas espécies sociais que apresentaram maior similaridade no uso de fontes de recursos com aquelas de porte semelhante (Cortopassi-Laurino et al. 2003; Nogueira-Ferreira e Augusto 2007; Greenleaf et al. 2007).

Em relação às espécies vegetais, algumas apresentam anteras poricidas que limitam o acesso aos grãos de pólen pelas abelhas. A liberação desses grãos pelas aberturas apicais é resultante da interação entre os grãos de pólen, paredes dos lóculos e o ar, promovida pela energia fornecida pela vibração da antera em frequência adequada (geralmente acima de 400 Hz) (Buchmann 1978). As abelhas são capazes de vibrar os músculos indiretos do vôo, usados para vôo, produção de calor corporal, incubação das células, construção e ventilação dos ninhos, comunicação e coleta de pólen, em frequências diferentes de acordo com o tamanho corporal (Buchmann 1978; King e Buchmann 2003). Assim, abelhas de médio e grande porte são, geralmente, aquelas capazes de vibrar na frequência ideal para remoção dos grãos de pólen das anteras poricidas (Buchmann 1978; Harder e Barclay 1994; King e Buchmann 2003; Michener 2007).

A dependência das abelhas Centridini para a coleta de óleo em Malpighiaceae faz com que algumas dessas espécies possam ser usadas como plantas-iscas, devido à sua atração de uma grande diversidade de abelhas, como o verificado para a acerola (*M. emarginata*) (Vilhena et al. 2012). Além disso, a utilização de plantas-iscas associada à análise polínica,

permite o estudo da comunidade de abelhas e plantas usadas como fontes de recursos para o provisionamento larval (Jones e Jones 2001).

Assim, considerando as variações no tamanho corporal apresentadas pelas espécies de abelhas da tribo Centridini e que todas elas apresentam a capacidade de vibrar para a coleta de pólen, os objetivos desse trabalho foram: (i) determinar o padrão estrutural da rede de interações, entre as abelhas e suas fontes de pólen, em área de Cerrado, (ii) verificar a similaridade no uso dessas fontes de pólen, entre as espécies estudadas e (iii) verificar possível correlação entre o tamanho corporal destas e a abundância relativa de grãos de pólen provenientes de flores com anteras poricidas.

## **Material e métodos**

### ***Área de estudo e espécie de planta-isca***

O estudo foi realizado na Estação Experimental Água Limpa (19°05'48"S/48°21'05"W), pertencente à Universidade Federal de Uberlândia e localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. A estação apresenta 104 hectares de áreas naturais de Cerrado e 194,72 hectares de pastos, cultivos e pomares (Neto 2008). O clima da região é caracterizado por duas estações distintas, uma quente e úmida (de outubro a março) e outra fria e seca (de abril a setembro) (Rosa et al. 1991).

Entre as espécies cultivadas nos pomares da estação, havia 1.1 hectares de acerola (*M. emarginata*). A acerola pertence à família Malpighiaceae e apresenta elaióforos (glândulas de óleo) na base das sépalas (Anderson 1979). Essa espécie produz, em cada inflorescência, de duas a seis flores, cuja coloração varia de rosa a branco (Freitas et al. 1999). As flores não produzem néctar e duram apenas um dia (Freitas et al. 1999). Na região, a antese inicia-se às

8h e o período de floração desse cultivo é de outubro a fevereiro, sendo que de acordo com o regime das chuvas esse período pode se estender até março (Vilhena et al. 2012).

A acerola é uma espécie auto-incompatível e, portanto, dependente de polinização cruzada (Freitas et al. 1999; Vilhena et al. 2012). A polinização desse cultivo é realizada principalmente por espécies da tribo Centridini, pois essas apresentam as adaptações morfológicas e comportamentais, e a frequência de ocorrência adequados a esse processo (Freitas et al. 1999; Aguiar et al. 2003; Alves-dos-Santos et al. 2007; Vilhena e Augusto 2007; Vilhena et al. 2012). Nesse sentido, essa planta é uma espécie isca interessante para a atração de abelhas da tribo Centridini já que atraiu aproximadamente 35% das 65 espécies descritas, até o momento, para o estado de Minas Gerais (Silveira et al. 2002; Vilhena e Augusto 2007; Vilhena et al. 2012). A maioria das espécies visitantes das flores da aceroleira (86,96%) nidifica no solo (Alves-dos-Santos et al. 2007; Vilhena et al. 2012) o que dificulta a obtenção de amostras do alimento larval presentes nas células de cria, e, portanto, a análise do conteúdo da escopa é uma ferramenta eficiente para o conhecimento das fontes de pólen para essas espécies.

### ***Coleta das amostras e análise polínica***

Os visitantes florais da acerola pertencentes à tribo Centridini e cujas escopas apresentavam pólen, foram coletados no período de floração do cultivo nos anos de 2004 a 2011. Considerando que os indivíduos dessa tribo visitam a acerola, preferencialmente, para a coleta de óleo (Vilhena e Augusto 2007) e que há uma variação na frequência de ocorrência desses polinizadores ao longo dos anos (Vilhena et al. 2012), não foi possível obter amostras de cargas polínicas de todos os visitantes florais. Dessa forma, foram selecionadas, para as análises, as espécies de abelhas que apresentaram pelo menos duas amostras de cargas



polínicas durante todo o período de observação (16 espécies, de acordo com Silveira et al. 2002; n= 69 amostras).

As fêmeas foram coletadas, após a visita às flores da aceroleira, com o uso de rede entomológica, acondicionadas individualmente em frascos de plástico, e levadas ao laboratório, onde foram sacrificadas por congelamento. Apenas o pólen presente nas escopas foi removido, com uso de estiletes, para evitar a contaminação pelos grãos presentes no ventre das abelhas. As amostras foram armazenadas em tubos para centrífuga de 15 mL, em 2 mL de álcool 70%, e, posteriormente, acetolizadas (Erdtman 1960). Para cada indivíduo preparou-se três lâminas que foram depositadas na coleção do Laboratório de Ecologia e Conservação de Abelhas (LECA-IB/UFU).

Os grãos de pólen foram identificados, a partir das características morfológicas expostas pela acetólise, utilizando informações da literatura (Salgado-Labouriau 1973; Roubik e Moreno 1991), base de dados de imagens de pólen (Bastos et al. 2008) e por comparação com o material de referência da área de estudo, sendo que nesse trabalho foi usada a classificação taxonômica proposta por APG II (Souza e Lorenzi 2005).

Após a identificação das plantas fontes de pólen utilizadas pelas abelhas da tribo Centridini, foi realizada a análise quantitativa, na qual a lamínula foi dividida em quatro quadrantes. Em cada quadrante foram contados aproximadamente 100 grãos de pólen, totalizando 1200 grãos por amostra, e naqueles em que havia número inferior a 100 grãos todos os presentes foram contabilizados (Vilhena et al. 2012). Para essa análise foi usado aumento de 200x.

Devido às variações no número de amostras e na quantidade de grãos presentes em cada uma, todas as análises estatísticas foram realizadas usando a abundância relativa dos grãos das fontes de pólen. Além disso, os tipos polínicos cujas abundâncias relativas foram

inferiores a 3%, na amostra, foram excluídos das análises, pois foram consideradas contaminantes.

### ***Tamanho corporal das abelhas***

O tamanho corporal das abelhas foi determinado a partir da média da distância intertegular (Cane 1987) (em milímetros) medida com o auxílio de um paquímetro digital. Para cada espécie estudada foram medidos quatro indivíduos, totalizando 64 abelhas. O número de classes de tamanho foi estabelecido de acordo com a regra de Sturges, segundo a fórmula:  $i = 1 + 3,3 \log n$ , na qual  $i$  representa o número de classes que serão obtidas e  $n$  o número de dados coletados (Arango 2009). Já a amplitude de cada classe foi obtida pela razão entre a amplitude máxima dos dados (diferença entre a maior e a menor distância intertegular) e o número de classes obtidas (Arango 2009).

### ***Rede de interações***

A interação entre polinizadores e plantas é do tipo mutualística e, portanto, espera-se que o padrão de rede obtida seja Aninhado (Lewinsohn e Prado 2006). Assim, o grau de aninhamento da matriz foi calculado, de acordo com *Nestedness Metric Based on Overlap and Decreasing Fill* (NODF) (Almeida-Neto et al. 2008), pelo programa Aninhado e utilizando uma matriz binária, na qual 1 representa a presença da interação e 0 a ausência desta (Guimarães e Guimarães 2006). Essa métrica é baseada em duas propriedades: redução do número total de presenças de interações e sobreposição completa dessas presenças, para as linhas no sentido base-topo e para as colunas no sentido da esquerda para a direita, em uma matriz de adjacência (Almeida-Neto et al. 2008). Dessa forma, o cálculo do aninhamento é

realizado dependente do arranjo das colunas e linhas, o que permite o teste de hipóteses sobre o padrão estrutural da rede de acordo com os critérios usados para a ordenação dos dados (Almeida-Neto et al. 2008).

Nesse sentido, a rede de interações entre as abelhas visitantes florais da acerola e as plantas fontes de pólen utilizadas por elas foi construída a partir da organização dos dados em uma matriz de adjacência, na qual as espécies de abelhas foram organizadas nas linhas, em ordem decrescente de tamanho corporal, e as espécies ou gêneros de plantas nas colunas, de acordo com o tipo de antera que as flores possuem (primeiro as espécies de Malpighiaceae, cujas anteras não são poricidas, depois as demais fontes com flores com anteras não poricidas e, por último, aquelas com flores com anteras poricidas). O tipo de antera presente na flor de cada espécie ou gênero utilizado como fonte de pólen pelas abelhas estudadas foi determinado com base nos dados presentes na literatura, sendo consideradas não poricidas as flores cujas anteras são rimosas ou valvares (Souza e Lorenzi 2005).

Os critérios de organização das linhas e das colunas foram baseados nas hipóteses de que (i) um maior tamanho corporal permitiria a utilização de uma maior amplitude de fontes, devido a maior capacidade de voar, maior número de flores visitadas e o transporte de maior quantidade de recursos (ver Bosch e Vicens 2002), (ii) a estreita relação entre as abelhas Centridini e as espécies de Malpighiaceae (Alves-dos-Santos et al. 2007) e (iii) o maior número de famílias cujas flores possuem anteras não poricidas (Souza e Lorenzi 2005).

Adicionalmente, o programa Aninhado foi usado para testar, por meio de dois modelos nulos, se a estrutura aninhada observada era estatisticamente significativa. O primeiro modelo nulo (ER) assume, para a sua análise, que a probabilidade da existência de interação é a mesma para todas as células da matriz, enquanto o segundo modelo (CE) admite que a existência da interação entre dois grupos é proporcional ao número de interações realizadas pelos envolvidos (Bascompte et al. 2003).

A representação gráfica da rede de interações foi construída no programa Pajek 1.2.4 (Batagelj e Mrvar 1998) e, para isso, as presenças das interações da matriz binária organizada gerada no Aninhado foram substituídas pela abundância relativa dos grãos de pólen observada para cada espécie de abelha, a fim de representar a intensidade da interação entre os envolvidos.

### *Análises estatísticas*

A similaridade no uso das plantas fontes de pólen pelas fêmeas de espécies de Centridini foi obtida a partir do dendrograma de dissimilaridade, gerado no FitopacShell 1.6, utilizando o coeficiente de Bray-Curtis e análise de agrupamento por médias não ponderadas (UPGMA) (Shepherd 1995). Os grupos gerados por essa análise foram distinguidos estatisticamente baseados na correlação cofenética, considerando significativo valor superior a 0,7 (Shepherd 1995). Para essa análise foi usada uma matriz de adjacência quantitativa (abundância relativa) na qual as abelhas foram colocadas nas linhas e as plantas usadas como fontes de pólen nas colunas.

A fim de verificar possíveis diferenças na abundância relativa dos grãos de pólen coletados pelas diferentes espécies de abelhas conjuntamente e considerando o tipo de antera (poricida e não poricida) apresentada pelas flores, foi utilizado o teste de Mann-Whitney (Zar 1999). Adicionalmente, para verificar possível correlação entre o tamanho corporal das abelhas (distância intertegular) e a abundância relativa de grãos provenientes de flores com anteras poricidas foi usado o teste de correlação de Spearman (Zar 1999).

## Resultados

Foram obtidas, de acordo com os critérios adotados, cargas polínicas de 16 espécies de abelhas que utilizaram 19 espécies de plantas e quatro gêneros botânicos como fontes de pólen para o provisionamento larval (Tabela 1). Entre as espécies de abelhas amostradas 12 pertencem ao gênero *Centris* e quatro à *Epicharis*, enquanto as fontes de pólen identificadas pertencem à oito famílias botânicas (Bignoniaceae, Leguminosae, Malpighiaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Solanaceae e Vochysiaceae). Para duas espécies de plantas não foi possível identificar as famílias a que pertenciam (Tabela 1).

As espécies ou gêneros de plantas utilizados pelo maior número de abelhas foram *Heteropterys* spp. (n=15), *Solanum lycocarpum* (n=13), *Byrsonima* spp. (n= 12) e *M. emarginata* (n=12) (Tabela 1). As abelhas utilizaram abundantemente poucas plantas como fontes de pólen (1 a 5) e a maioria delas pertencente a família Malpighiaceae, exceto *Centris nitens*, que utilizou, semelhantemente, espécies de Malpighiaceae (44,91%) e *S. lycocarpum* (50,45%) (Tabela 1). Dentre as malpigiáceas, os gêneros *Heteropterys* e *Byrsonima* foram os mais abundantemente utilizados pela maioria das espécies, com exceção de *Centris inermis* que usou *Banisteriopsis* spp. (72,09%) e *Centris varia* que utilizou *M. emarginata* (73,45%). As abelhas que utilizaram o maior número de fontes de pólen foram *Centris flavifrons* (n= 9), *Centris scopipes* (n= 8) e *Epicharis flava* (n= 8) (Tabela 1).

Considerando a distância intertegular e de acordo com a regra de Sturges, foram obtidas cinco classes de tamanho corporal: 3,14 a 4,28 mm (classe 1); 4,28 a 5,68 mm (classe 2); 5,68 a 6,82 mm (classe 3); 6,82 a 7,96 mm (classe 4); e 7,96 mm a 9,10 mm (classe 5). A classe de tamanho composta pelo maior número de espécies (50%) foi a 2 (Tabela 2). A menor abelha estudada foi *Centris analis* cuja distância intertegular foi de (média  $\pm$  DP) 3,14  $\pm$  0,08 mm e a maior espécie foi *Centris denudans* com 8,86  $\pm$  0,11 mm (Tabela 2).

Tabela 1: Abundância relativa das fontes de pólen usadas por abelhas da tribo Centridini, visitantes florais da acerola, em área de Cerrado. Recursos florais oferecidos pela espécie ou gênero botânico (R): P= Pólen, N= Néctar e O= Óleo e o tipo de antera apresentada pela flor (An): NP= Não poricida e P= poricida. Espécies de abelhas estudadas: *Centris aenea* (CA), *Centris analis* (CAN), *Centris denudans* (CD), *Centris flavifrons* (CF), *Centris inermis* (CI), *Centris longimana* (CL), *Centris mocsaryi* (CM), *Centris nitens* (CN), *Centris poecila* (CP), *Centris scopipes* (CSC), *Centris spilopoda* (CSP), *Centris varia* (CV), *Epicharis affinis* (EA), *Epicharis albofasciata* (EAL), *Epicharis bicolor* (EB) e *Epicharis flava* (EF).

Fontes de pólen	R	An	CA	CAN	CD	CF	CI	CL	CM	CN	CP	CSC	CSP	CV	EA	EAL	EB	EF
<b>BIGNONIACEAE</b>																		
<i>Distictella elongata</i> (Vahl) Urb	P/N <sup>1</sup>	NP	-	-	-	-	-	0,45	1,40	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-
<b>LEGUMINOSAE</b>																		
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev.	P/N <sup>2</sup>	NP	3,00	-	-	4,86	-	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,65
<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	P/N <sup>3</sup>	NP	-	-	-	9,32	13,87	-	-	-	-	0,60	-	-	-	-	-	0,40
<i>Machaerium</i> spp.	P/N <sup>4</sup>	NP	-	3,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Senna silvestris</i> (Vell.Conc.) Irwin & Barneby	P <sup>5</sup>	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,14
<b>MALPIGHIACEAE</b>																		
<i>Banisteriopsis</i> spp.	P/O <sup>6</sup>	NP	-	3,16	-	0,87	<b>72,09</b>	-	-	<b>18,89</b>	-	<b>14,02</b>	-	-	8,03	-	11,67	-
<i>Byrsonima</i> spp.	P/O <sup>6</sup>	NP	<b>27,33</b>	<b>20,29</b>	6,61	<b>16,15</b>	-	10,25	-	<b>18,22</b>	11,20	<b>12,65</b>	<b>47,22</b>	1,41	-	-	<b>44,52</b>	<b>29,92</b>
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> (Spr.) Kunth.	P/O <sup>6</sup>	NP	3,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,12
<i>Heteropterys</i> spp.	P/O <sup>6</sup>	NP	<b>29,94</b>	<b>70,96</b>	<b>40,97</b>	<b>26,31</b>	3,07	<b>30,37</b>	<b>69,92</b>	-	<b>69,78</b>	<b>47,48</b>	11,28	<b>11,46</b>	<b>36,94</b>	<b>73,59</b>	<b>31,64</b>	<b>25,57</b>
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	P/O <sup>6</sup>	NP	<b>22,76</b>	-	<b>38,68</b>	<b>17,30</b>	-	<b>26,34</b>	-	7,80	-	<b>11,33</b>	<b>39,94</b>	<b>73,45</b>	12,70	<b>25,80</b>	3,15	<b>14,46</b>

Continuação Tabela 1.

MELASTOMATACEAE

<i>Cambessedesia</i> sp.	P <sup>7</sup>	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,69	-	-	-	-
MYRTACEAE																			
<i>Myrcia</i> sp.	P <sup>8*</sup>	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>17,51</b>	-	-	-	-	-	-	-
RUBIACEAE																			
<i>Alibertia</i> sp.	P/N <sup>9*</sup>	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,11	-	-	-
<i>Richardia</i> sp.	P/N <sup>10*</sup>	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLANACEAE																			
<i>Solanum</i> cf. <i>paniculatum</i> L.	P <sup>11*</sup>	P	-	-	-	4,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.	P <sup>11</sup>	P	3,75	2,49	13,74	5,85	10,98	<b>30,46</b>	<b>28,67</b>	<b>50,45</b>	-	<b>12,50</b>	1,56	-	<b>39,21</b>	-	6,46	<b>21,74</b>	
<i>Solanum</i> sp1	P <sup>11*</sup>	P	-	-	-	-	-	-	-	4,05	1,51	-	-	-	-	-	-	-	-
VOCHYSIACEAE																			
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	P <sup>12*</sup>	NP	9,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74	-	-	-	-	-
<i>Qualea multiflora</i>	P <sup>12*</sup>	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,94	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vochysia cinnamomea</i> Pohl.	P/N <sup>13,14</sup>	NP																1,87	
<i>Vochysia</i> sp.	P/N <sup>13*</sup>	NP	-	-	-	-	-	1,32	-	-	-	-	-	-	10,25	-	0,62	-	-
sp1	-	NP	-	-	-	<b>14,52</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp2	-	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	-

Fontes dos dados: <sup>1</sup>Scudeller 2004, <sup>2</sup>Andena et al. 2005, <sup>3</sup>Del Lama e Peruquetti 2006, <sup>4</sup>Filho et al. 2007, <sup>5</sup>Carvalho e Oliveira 2003, <sup>6</sup>Anderson 1979,

<sup>7</sup>Fracasso e Sazima 2004, <sup>8</sup>Torezan-Silingardi e Oliveira 2004, <sup>9</sup>Pereira e Barbosa 2004, <sup>10</sup>Kill et al. 2000, <sup>11</sup>Oliveira-Filho e Oliveira 1988, <sup>12</sup>Oliveira et al.

1987, <sup>13</sup>Oliveira e Gibbs 1994, <sup>14</sup>Santos et al. 1997. O tipo de antera foi determinado de acordo com Souza e Lorenzi 2005. \*Recursos florais determinados

baseados no gênero.

Tabela 2: Tamanho corporal (média  $\pm$  desvio padrão) das abelhas da tribo Centridini e visitantes florais da acerola baseado na distância intertegular (DI). Classes de tamanho (Classe): 3,14 a 4,28 mm (classe 1); 4,28 a 5,68 mm (classe 2); 5,68 a 6,82 mm (classe 3); 6,82 a 7,96 mm (classe 4); e 7,96 a 9,10 mm (classe 5).

Espécie	DI $\pm$ DP	Classe
<i>Centris (Heterocentris) analis</i> (Fabricius, 1804)	3,14 $\pm$ 0,08	1
<i>Centris (Centris) spilopoda</i> Moure, 1969	4,70 $\pm$ 0,15	2
<i>Centris (Centris) varia</i> (Erichson, 1848)	4,84 $\pm$ 0,48	2
<i>Epicharis (Epicharoides) albofasciata</i> Smith, 1874	4,96 $\pm$ 0,10	2
<i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841	4,98 $\pm$ 0,03	2
<i>Centris (Centris) inermis</i> Friese, 1899	5,06 $\pm$ 0,04	2
<i>Centris (Centris) poecila</i> Lepeletier, 1841	5,21 $\pm$ 0,10	2
<i>Centris (Centris) aenea</i> Lepeletier, 1841	5,35 $\pm$ 0,10	2
<i>Epicharis (Epicharis) bicolor</i> Smith, 1874	5,36 $\pm$ 0,07	2
<i>Epicharis (Hoplepicharis) affinis</i> Smith, 1874	5,94 $\pm$ 0,35	3
<i>Epicharis (Epicharana) flava</i> (Friese, 1900)	7,13 $\pm$ 0,04	4
<i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	7,32 $\pm$ 0,21	4
<i>Centris (Melacentris) mocsaryi</i> Friese, 1899	7,53 $\pm$ 0,05	4
<i>Centris (Trachina) longimana</i> Fabricius, 1804	7,75 $\pm$ 0,11	4
<i>Centris (Ptilotopus) scopipes</i> Friese, 1899	8,78 $\pm$ 0,17	5
<i>Centris (Ptilotopus) denudans</i> Lepeletier, 1841	8,86 $\pm$ 0,11	5

As interações entre as abelhas coletoras de óleo estudadas e as fontes de pólen usadas por elas, de acordo com o tamanho corporal e o tipo de antera presente na flor, constituíram uma rede cujo padrão foi Aninhado (Figura 1) para ambos os modelos nulos ( $p_{ER} = p_{CE} < 0,001$ ) e o grau de aninhamento foi  $NODF = 45,06$ . Adicionalmente, a maioria das abelhas de maior tamanho corporal (classes 4 e 5 - ver tabela 2) (66,67%) e das espécies de Malpighiaceae (80,00%) ficaram localizadas no topo da rede, sendo, topologicamente, consideradas generalistas. Além disso, a partir das abundâncias relativas das fontes de pólen para cada espécie de abelha, as interações mais fortes ocorreram entre *Epicharis albofasciata* e *Heteropterys* spp. (73,59%), *C. varia* e *M. emarginata* (73,45%) e *C. analis* e *Heteropterys* spp. (70,96%) (Tabela 1).



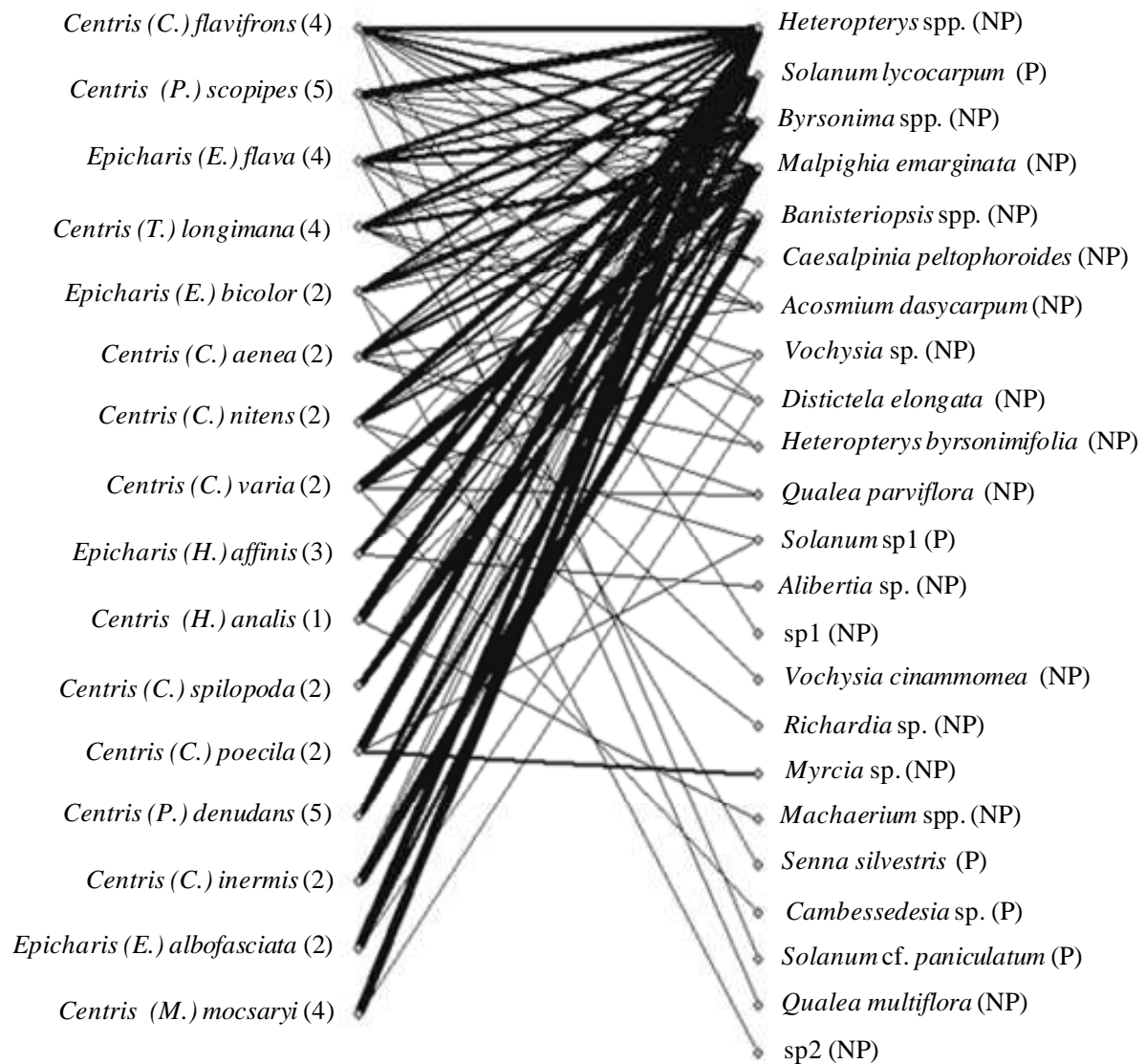


Figura 1: Rede de interações entre as abelhas da tribo Centridini e visitantes florais da acerola (coluna da esquerda) e as espécies e gêneros de plantas usadas como fontes de pólen para o aprovisionamento larval (coluna da direita), em área de Cerrado. Os números entre parênteses representam a classe de tamanho corporal à qual a espécie de abelha pertence (ver tabela 2) e, na coluna das plantas, entre parênteses está o tipo de antera que a flor apresenta (NP= não poricida e P= poricida). Quanto mais espessa for a linha, mais forte é a interação entre os dois vértices.

O dendrograma de dissimilaridade apresentou correlação cofenética significativa ( $CC= 0,84$ ), sendo que as abelhas que utilizaram as fontes de pólen de forma mais similar foram *C. analis* e *Centris poecila* (81,25%), *C. denudans* e *Centris longimana* (77,50%), e *Centris aenea* e *E. flava* (76,25%). As espécies mais dissimilares foram *C. inermis* que apresentou similaridade de apenas 13,75% com as demais abelhas e *C. nitens* (31,25%) (Figura 2). Adicionalmente, considerando os grupos cuja similaridade foi superior a 50% ( $n= 11$ ), 63,64% foram constituídos por espécies de gêneros distintos e 90,90% por abelhas pertencentes a classes de tamanho distintas.

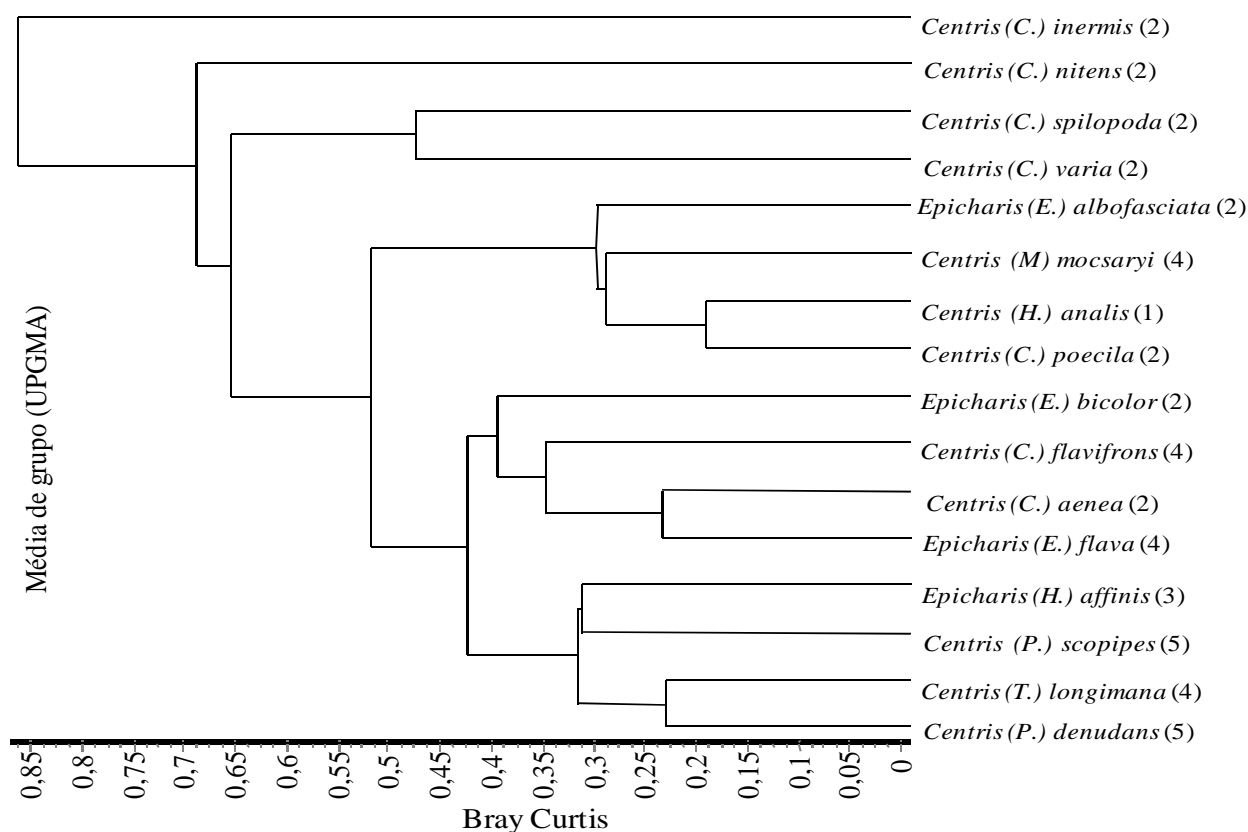


Figura 2: Dendrograma de dissimilaridade no uso das plantas fontes de pólen por abelhas da tribo Centridini e visitantes florais da acerola, em área de Cerrado, utilizando o coeficiente de Bray-Curtis e análise de agrupamento por médias não

ponderadas (UPGMA) (correlação cofenética= 0,84). Em parênteses os números representam a classe de tamanho corporal a qual a espécie de abelha pertence (ver tabela 2).

Ao se comparar o tipo de antera apresentada pelas flores das fontes de pólen identificadas, considerando todas as espécies de abelhas em conjunto, houve predomínio do uso de flores com anteras não poricidas ( $U = 255,00$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 16$ ) (Figura 3A). Adicionalmente, houve correlação positiva entre a abundância relativa de grãos de pólen provenientes de flores com anteras poricidas e o tamanho corporal das abelhas ( $r_s = 0,591$ ;  $0,01 < p < 0,02$ ;  $n = 16$ ) (Figura 3B).

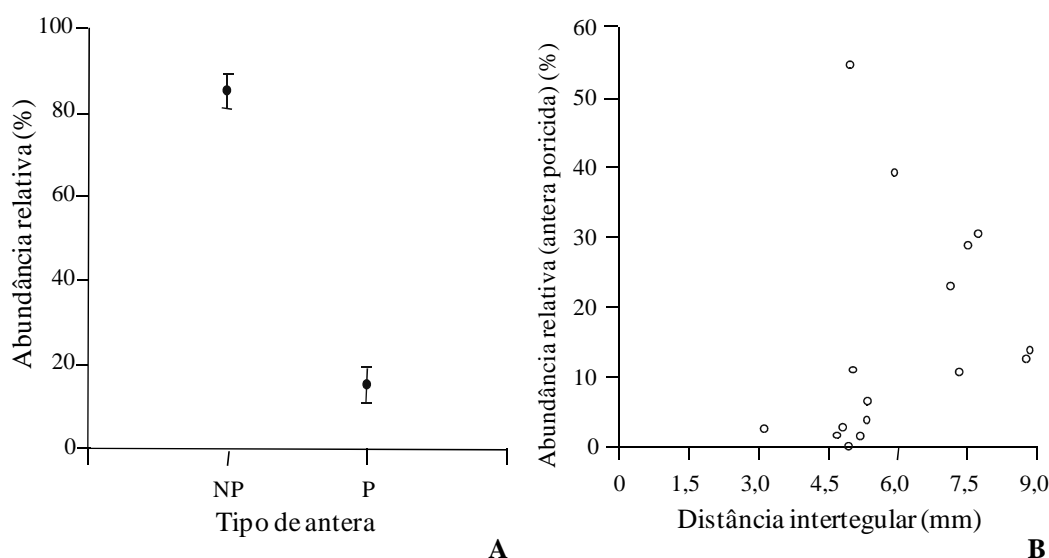


Figura 3: A- Média das abundâncias relativas ( $\pm$  erro padrão) das fontes de pólen usadas pelas abelhas da tribo Centridini, em área de Cerrado, de acordo com o tipo de antera que a flor apresenta (P= Poricida e NP= Não poricida) e B- Correlação entre a abundância relativa de grãos de pólen provenientes de flores com anteras poricidas e o tamanho corporal das abelhas (distância intertegular dada em milímetros).

## Discussão

Apesar da identificação do grande número de espécies e gêneros usados como fontes de pólen pelas abelhas da tribo Centridini, em geral, cada espécie de abelha utilizou abundantemente um número reduzido de espécies vegetais. Esse é o padrão esperado para a coleta desse recurso, pois as abelhas tendem a ser mais especializadas na coleta de pólen do que são para a coleta de néctar (Thorp 1979).

As fontes de recursos que foram utilizadas pelo maior número de espécies de abelhas pertencem às famílias Malpighiaceae e Solanaceae que conjuntamente oferecem como recompensas florais pólen/óleo e pólen, respectivamente (Anderson 1979, Souza e Lorenzi 2005). As espécies de Malpighiaceae possuem distribuição tropical e subtropical, enquanto as de Solanaceae apresentam distribuição cosmopolita, porém com o maior número de representantes na região Neotropical, coincidindo com a distribuição das abelhas Centridini (Souza e Lorenzi 2005; Alves-dos-Santos et al. 2007).

A planta-isca utilizada, *M. emarginata* (acerola) representou uma fonte de pólen abundantemente utilizada por algumas das abelhas estudadas. Esse resultado associado ao observado em outros estudos demonstra que, embora a acerola seja uma espécie introduzida (Souza e Lorenzi 2005), as abelhas Centridini se adaptaram bem ao forrageamento nesta, a utilizando tanto para a coleta de óleo quanto para pólen (Vilhena e Augusto 2007; Freitas et al. 1999; Oliveira e Schlindwein 2009). Essa adaptação pode estar relacionada às semelhanças na morfologia floral observada nas espécies de Malpighiaceae, embora a coloração das flores possa variar entre amarela, rosa ou branca (Anderson 1979). Dessa forma, considerando a importância da aceroleira para as Centridini como fonte de recursos alimentares (pólen e óleo) e para

a construção dos ninhos (óleo), essa espécie vegetal poderia ser utilizada em consórcios com outros cultivos visitados por essas abelhas, como o caju (Freitas e Paxton 1998), o tamarindo (Castro 2002) e o maracujá-amarelo (Yamamoto 2009), visando o incremento das populações desses polinizadores nos sistemas agrícolas.

A rede de interações estabelecida apresentou padrão aninhado. Esse padrão assimétrico é caracterizado pela presença de dois subgrupos, um composto pelas espécies que apresentam grande número de interações (denominado, topologicamente, de generalista) e outro formado por espécies que possuem poucas interações, chamado de especialista (Lewinsohn e Prado 2006). Esse padrão de conexões confere maior coesão e resiliência às redes e a manutenção do serviço de polinização, uma vez que permite a reorganização das interações para a manutenção da estrutura dessas diante de extinções de espécies (Jordano et al. 2003; Bezerra et al. 2009a) e proporciona a persistência de espécies raras conectadas com o núcleo de espécies generalistas (Almeida-Neto et al. 2008).

A presença da maioria das abelhas de maior tamanho corporal no topo da rede sugere que essas espécies utilizam uma maior riqueza de plantas para a coleta de pólen. Esse resultado pode estar associado às habilidades, que fêmeas com maior tamanho corporal apresentam em relação às menores, de voar mais rápido e em temperaturas mais baixas, de visitar um maior número de flores e de transportar maior quantidade de pólen e néctar (ver Bosch e Vicens 2002). Já do ponto de vista das plantas, a presença da maioria das espécies de Malpighiaceae no topo da rede pode estar relacionada à utilização dessas espécies pelas abelhas Centridini para a coleta de óleo (Alves-dos-Santos 2007), e também por ter sido uma importante fonte de pólen observada nesse estudo para várias abelhas.

A coleta de pólen nas mesmas possíveis fontes de óleo parece ser o padrão de forrageamento das abelhas estudadas, já que (i) a maioria dessas utilizou, abundantemente, espécies de Malpighiaceae (principalmente dos gêneros nativos *Heteropterys* e *Byrsonima*), (ii) há observações, por outros autores, da coleta de pólen e óleo na mesma planta por algumas espécies dessa tribo (Aguiar e Gaglianone 2003; Gaglianone 2003; Rocha-Filho et al. 2008) e (iii) as maiores dissimilaridades ocorram entre espécies que não apresentaram tal padrão, como *C. inermis* que concentrou a sua coleta de pólen em *Banisteriopsis* e *C. nitens* que utilizou, de forma semelhante, espécies de Malpighiaceae e Solanaceae.

Associado a esse padrão de utilização das fontes de pólen, observou-se que embora a maioria dos grupos formados na análise de similaridade tenha compartilhado mais de 50% das fontes de pólen, algumas abelhas utilizaram abundantemente outras fontes, além de Malpighiaceae (principalmente *S. lycocarpum* cujas anteras são poricidas). Além disso, as maiores similaridades ocorreram entre espécies de tamanhos corporais e gêneros distintos. Essas variações no uso das fontes de pólen pelas abelhas presentes em uma mesma área podem permitir a co-existência de espécies que necessitam de recursos similares, como as abelhas Centridini. Nesse sentido, vários fatores têm sido apontados como importantes para partição dos recursos em comunidades de abelhas como: a abundância das plantas e flores (Thorp 1979; Greenleaf et al. 2007), a quantidade de recursos disponíveis, o alto grau de constância floral para a coleta de pólen em nível de indivíduo, a morfologia das flores (Thorp 1979; Buchmann 1985; Greenleaf et al. 2007), diferenças no tamanho do corpo (Cortopassi-Laurino et al. 2003; Nogueira-Ferreira e Augusto 2007); variações na coloração corporal (Biesmeijer et al. 1999), o forrageamento em horários do dia distintos (Morato e Campos 2000; Lye et al. 2010) e em locais diferentes (manchas e

espécies vegetais) (Morse 1982; Biesmeijer et al. 1999; Morato e Campos 2000); e características florais como o tipo de antera (sugerido pelos resultados desse estudo) e o comprimento da corola (Johnson 1986; Goulson e Darvill 2004).

Considerando o tipo de antera apresentado pelas flores utilizadas para a coleta de pólen, observou-se o uso abundante de fontes cujas anteras não são poricidas e uma correlação positiva entre o tamanho corporal das abelhas e a abundância relativa de grãos de pólen provenientes de flores com anteras poricidas. O primeiro resultado pode estar associado ao fato de que a maioria das famílias botânicas apresenta flores com anteras não poricidas (Souza e Lorenzi 2005) e ao uso de Malpighiaceae não somente como fonte de óleo, mas também de pólen (Aguiar et al. 2003; Gaglianone 2003; Benezar e Pessoni 2006; Vilhena e Augusto 2007; Bezerra et al. 2009b; Ribeiro et al. 2008). O segundo resultado pode estar associado ao fato de que as abelhas apresentam variações quanto à frequência de vibração que conseguem produzir de acordo com o tamanho corporal que apresentam e, portanto, na capacidade de explorar flores com anteras poricidas (Buchmann 1985). Nesse sentido, as abelhas de maior tamanho corporal, são aquelas que, geralmente, são capazes de coletar os grãos de pólen presentes nas anteras poricidas (Buchmann 1985; Harder e Barclay 1994; King e Buchmann 2003; Michener 2007).

O comportamento da vibração, embora esteja associado com a coleta de pólen em flores com antera poricida, pode também ser utilizado em flores com anteras não poricidas, como o reportado para representantes dos gêneros *Argemone* (Papaveraceae), *Byrsonima* (Malpighiaceae), *Fallugia* (Rosaceae), *Malpighia* (Malpighiaceae), *Rosa* (Rosaceae) e *Rubus* (Rosaceae) (Buchmann 1985; Freitas et al. 1999; Teixeira e Machado 2000; Gaglianone 2000; 2003; Bezerra et al. 2009b). Esse comportamento pode ser resultado do estímulo provocado pela disposição do androceu

e do gineceu em tufos no centro em contraste com a coloração da corola da flor, características semelhantes à de flores cujas anteras são poricidas (Buchmann 1978). Além disso, a coleta por vibração nesse tipo de antera poderia estar associada (i) a uma economia de energia, já que é possível coletar maior quantidade de pólen, por unidade de tempo de manipulação, quando comparado a outras formas de coleta (Buchmann 1985) e (ii) as características do pólen, grãos pequenos, leves, secos e exina pouco escupida, como o presente em *Byrsonima* e que são coletados por esse comportamento (Buchmann 1978; Gaglianone 2000; Teixeira e Machado 2000).

Assim, considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que as espécies de Malpighiaceae constituíram as principais fontes de pólen, além de óleo, para as espécies de Centridini em área de Cerrado e que as abelhas de maior tamanho foram consideradas mais generalistas na rede de interações e aquelas que apresentaram uma maior tendência em usar fontes pólen com anteras poricidas, além de Malpighiaceae. Dessa forma, as estratégias de conservação e manejo desses polinizadores podem estar associadas ao oferecimento de fontes de pólen específicas para o provisionamento larval que sejam compartilhadas por um grande número dessas abelhas por meio de consórcios de cultivos e áreas com vegetação nativa.

## **Agradecimentos**

Os autores são gratos a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-PROCAD) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do trabalho e ao Dr. Paulo Eugênio Oliveira (LAMOV-IB/UFU) pelas condições oferecidas no laboratório, acesso ao laminário de referência das áreas de estudos e sugestões. L.S. Rabelo recebeu bolsa de



estudos da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## Referências

- Aguiar CML, Gaglianone MC. 2003. Nesting biology of *Centris* (*Centris*) *aenea* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini), Rev. Bras. Zool. 20(4): 601-606.
- Aguiar CML, Garófalo CA. 2004. Nesting biology of *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini), Rev. Bras. Zool. 21(3): 477-486.
- Aguiar CML, Zanella FCV, Martins CF, Carvalho CAL. 2003. Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para obtenção de recursos florais, Neotrop. Entomol. 32(2): 247-259.
- Almeida-Neto M, Guimarães PR, Guimarães JR. PR, Loyola RD, Ulrich W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement, Oikos, 117: 1227-1239.
- Alves-dos-Santos I, Machado IC, Gaglianone MC. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. Oecol. Bras. 11(4): 544-557.
- Andena SR, Bego LR, Mechi MR. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. Rev. bras. Zoociências Juiz de Fora. 7(1): 47-54.
- Anderson WR. 1979. Floral conservatism in Neotropical Malpighiaceae. Biotropica. 11: 219-223.
- Arango HG. 2009. Bioestatística teórica e computacional: com banco de dados reais em disco 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Bascompte J. 2008. Networks in ecology. Basic and Applied Ecology 8: 485-490.

- Bascompte J, Jordano P, Melián CJ, Olesen JM. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks, *Proc Natl Acad Sci USA*. 100: 9383-9387.
- Bastos EMAF, Thiago PSS, Santana RM, Travassos A. 2008. Banco de imagens de grãos de pólen: mais de 130 espécies de plantas apícolas. (CD-ROM).
- Batagelj V, Mrvar A. 1998. Pajek – Program for Large Network Analysis. *Connections*, 21: 47-57.
- Benezar RMC, Pessoni LA. 2006. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. 36(2): 159-168.
- Bezerra ELS, Machado IC, Mello MAR. 2009a. Pollination networks of oil-flowers: a tiny world within the smallest of all worlds, *J Anim Ecol*, 78: 1096-1101.
- Bezerra ES, Lopes AV, Machado IC. 2009b. Biologia reprodutiva de *Byrsonima gardnerana* A. Juss. (Malpighiaceae) e interações com abelhas *Centris* (Centridini) no Nordeste do Brasil. *Revista Brasil. Bot.* 32 (1): 95-108.
- Biesmeijer JC, Richter JAP, Smeets MJAP, Sommeijer MJ. 1999. Niche differentiation in nectar-collecting stingless bees: the influence of morphology, floral choice and interference competition. *Ecol. Entomol.* 24: 380-388.
- Bosch J, Vicens N. 2002. Body size as an estimator of production costs in a solitary bee. *Ecol Entomol.* 27: 129-137.
- Buchmann SL. 1978. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. *J. theor. biol.* 72: 639-657.
- Buchmann SL. 1985. Bees use vibration to aid pollen collection from non-poricidal flowers. *J Kansas Entomol Soc.* 58(3): 517-525.
- Cane, JH. 1987. Estimation of bee size using intertegular span (Apoidea). *Journal of the Kansas Entomological Society.* 60(1): 145-147.

Carvalho DA, Oliveira PE. 2003. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna sylvestris* (Vell.) H.S. Irwin & Barneby (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasil. Bot.* 26(3): 319-328.

Castro MS. 2002. Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potencial pollinators and their conservation. In: Kevan, P. and Imperatriz-Fonseca V.L. (eds.). *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Brasília: Ministry of Environment. pp. 275-288.

Cortopassi-Laurino M, Knoll FRN, Imperatriz-Fonseca VL. 2003. Nicho trófico e abundância de *Bombus morio* e *Bombus atratus* em diferentes biomas brasileiros. In: Melo GAR, Alves-dos-Santos IC. (orgs.), *Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure, Apoidea Neotropica*, UNESCO, Criciúma. pp. 285-295.

Del Lama MA, Peruquetti RC. 2006. Mortalidade de abelhas visitantes de flores de *Caesalpinia peltophoroides* Benth (Leguminosae) no estado de São Paulo, Brasil. *Rev Bras Entomol.* 50(4): 547-549.

Erdtman G. 1960. The acetolized method. A revised description, *Svensk Bot. Tidskr.* 54:561-564.

Filho CVM, Tozzi AMGA, Martins ERM. 2007. Revisão taxonômica de *Machaerium* Sect. *Oblonga* (Benth.) Taub. (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae). *Rodriguésia.* 58(2): 283-312.

Fracasso CM, Sazima M. 2004. Polinização de *Cambessedesia hilariana* (Kunth) DC. (Melastomataceae): sucesso reprodutivo *versus* diversidade, comportamento e frequência de visitas de abelhas. *Revista Brasil. Bot.* 27(4): 797-804.

- Freitas BM, Paxton RJ. 1998. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. *J. Appl. Ecol.* 35: 109-121.
- Freitas BM, Alves JE, Brandão GF, Araújo ZB. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. *J. Agric. Sci.* 133: 303-311.
- Gaglianone MC. 2000. Interações de *Epicharis* (Apidae, Centridini) e flores de Malpighiaceae em um ecossistema de Cerrado. Paper presented at: Anais do IV Encontro sobre Abelhas. IV Encontro sobre Abelhas. 2000. Ribeirão Preto, Brazil.
- Gaglianone MC. 2001. Nidificação e forrageamento de *Centris (Ptilotopus) scopipes* Friese (Hymenoptera, Apidae). *Revta. Bras. Zool.* 18(1): 107-117.
- Gaglianone MC. 2003. Abelhas da tribo Centridini na Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antonio, SP): composição de espécies e interações com flores de Malpighiaceae. In: Melo G. A. R., Alves-dos-Santos I. C. (orgs.), Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure, Apoidea Neotropica, UNESCO, Criciúma. pp. 279-284.
- Goulson D, Darvill B. 2004. Niche overlap and diet breadth in bumblebees; are rare species more specialized in their choice of flowers? *Apidologie* 35: 55-63.
- Greenleaf SS, Williams NM, Winfree R, Kremen C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size, *Oecologia* 153: 589-596.
- Guimarães PR, Guimarães P. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices, *Environ Modell Softw*, 21: 1512-1513.
- Harder LD, Barclay RMR. 1994. The functional significance of poricidal anthers and buzz pollination: controlled pollen removal from *Dodecatheon*. *Funct Ecol.* 8(4): 509-517.

- Johnson RA. 1986. Intraspecific resources partitioning in bumble bees *Bombus ternarius* and *B. pennsylvanicus*. *Ecology*. 67(1):133-138.
- Jones GD, Jones SD. 2001. The uses of pollen and its implication for entomology. *Neotrop. Entomol.* 30(3): 314-349.
- Jordano P, Bascompte J, Olesen JM. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant–animal interactions. *Ecol. Lett.* 6: 69–81.
- Kill LHP, Haji FNP, Lima PCF. 2000. Visitantes florais de plantas invasoras de áreas com fruteiras irrigadas. *Sci. Agric.* 57(3): 575-580.
- King M J, Buchmann SL. 2003. Floral sonication by bees: mesosomal vibration by *Bombus* and *Xylocopa*, but not *Apis* (Hymenoptera: Apidae), ejects pollen from poricidal anthers. *J. Kans. Entomol. Soc.* 76 (2): 295-305.
- Lewinsohn TM, Prado PI. 2006. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos* 113(1): 174-184.
- Lye GC, Kaden JC, Park KJ, Goulson D. 2010. Forage use and niche partitioning by non-native bumblebees in New Zealand: implications for the conservation of their populations of origin. *J. Insect. Conserv.* 14: 607-615.
- Machado IC. 2004. Oil-collecting bees and related plants: a review of the study studies in the last twenty years and case histories of plants occurring in NE Brazil. *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária; pp. 255-281.
- Michener CD. 2007. The importance of bees. Chapter in a book: *The bees of the world* 2<sup>nd</sup> Ed. 2007. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp 4-5.
- Morse DH. 1982. Foraging relationships within a guild of bumble bees. *Insec Soc.* 29 (3): 445-454.

Morato EF, Campos LAO. 2000. Partição de recursos florais de espécies de *Sida* Linnaeus e *Malvastrum coromandelianum* (Linnaeus) Garcke (Malvaceae) entre *Cephalurgus anomalus* Moure & Oliveira (Hymenoptera, Andrenidae, Panurginae) e *Melissoptila cnecomala* (Moure) (Hymenoptera, Apidae, Eucerini). Revta bras. Zool. 17 (3): 705 -727.

Morse DH. 1982. Foraging relationships within a guild of bumble bees. Insectes Sociaux. 29(3): 445-454.

Neff JL, Simpson BB. 1981. Oil-Collecting structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): morphology, function, and use in systematics. J. Kans. Entomol. Soc. 54(1): 95-123.

Neto PL. 2008. Levantamento planimétrico nº 36.243, prefeitura de Uberlândia, Minas Gerais.

Nogueira-Ferreira FH, Augusto SC. 2007. Amplitude de nicho e similaridade no uso de recursos florais por abelhas eussociais em uma área de Cerrado. Biosci. J. 23(1): 45-51.

Oliveira P, Gibbs P. 1994. Pollination biology and breeding systems of six *Vochysia* species (Vochysiaceae) in Central Brazil. J. Trop. Ecol. 10(4): 509-522.

Oliveira R, Schilindwein C. 2009. Searching for a manageable pollinator for West Indian cherry orchards: the solitary oil collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). J. Econ. Entomol. 102(1): 20-273.

Oliveira OS, Silva AF, Martins AB. 1987. Ant foraging on extrafloral nectarines of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in cerrado ants as potential antiherbivore agents vegetation: ants as potential antiherbivore agents. Oecologia (Berlin) 74: 228-230.

Oliveira-Filho AT, Oliveira LCA. 1988. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hill. (Solanaceae) em Lavras, MG. Revta. Brasil. Bot. 11: 23-32.

- Pereira MS, Barbosa MRV. 2004. A família Rubiaceae na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. Subfamílias Antirheoideae, Cinchonoideae e Ixoroideae. *Acta bot. bras.* 18(2): 305-318.
- Rêgo MMC, Albuquerque PMC, Ramos MC, Carreira LM. 2006. Aspectos da biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (Fries) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. *Neotrop. Entomol.* 35(5): 579-587.
- Ribeiro EKMD, Rêgo MMC, Machado ICS. 2008. Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais, *Acta Bot. Bras.* 22(1): 165-171.
- Rocha-Filho LC, Silva CI, Gaglianone MC, Augusto SC. 2008. Nesting behavior and natural enemies of *Epicharis (Epicharis) bicolor* Smith 1854 (Hymenoptera Apidae). *Trop Zool.* 21: 227-242.
- Rosa R, Lima SC, Assunção WL. 1991. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia. *Sociedade e Natureza.* 5(6): 98-101.
- Roubik DW, Moreno JE. 1991. The pollen and spores of Barro Colorado Island. St Louis (Missouri): Missouri Botanical Garden.
- Salgado-Labouriau ML. 1973. Contribuição à palinologia dos Cerrados. Rio de Janeiro (Brazil): Academia Brasileira de Ciências.
- Santos ML, Afonso AP, Oliveira PE. 1997. Biologia floral de *Vochysia cinnamomea* Pohl (Vochysiaceae) em cerrados do Triângulo Mineiro, MG. *Revta brasil. Bot., São Paulo.* 20(2): 127-132.
- Scudeller VV. 2004. Bignoniaceae Juss. no Parque Nacional da Serra da Canastra – Minas Gerais, Brasil. *Iheringia, Sér. Bot.,* 59(1): 59-73.

- Silveira FA, Melo GAR, Almeida EAB. 2002. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte, IDMAR, 253p.
- Shepherd GJ. 1995. FITOPAC 1: manual de usuário. Unicamp.
- Souza VC, Lorenzi H. 2005. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II, Imprensa Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Teixeira LAG, Machado IC. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae), Acta Bot. Bras. 15: 1-12.
- Thorp RW. 1979. Structural, Behavioral, and Physiological Adaptations of Bees (Apoidea) for Collecting Pollen. Ann MO Bot Gard. 66(4): 788-812.
- Torezan-Silingardi HM, Oliveira PEAM. 2004. Phenology and reproductive ecology of *Myrcia rostrata* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in Central Brazil. Phytom. 44(1): 23-43.
- Vilhena AMGF, Augusto SC. 2007. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. Biosc. J. 23(1): 14-23.
- Vilhena AMGF, Rabelo LS, Bastos EMAF, Augusto SC. 2012. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. Apidologie. 43: 51-62.
- Yamamoto M. 2009. Polinizadores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger, Passifloraceae) no Triângulo Mineiro: riqueza de espécies, frequência de visitas e a conservação de áreas naturais. [tese] [Uberlândia, (MG)]: Universidade Federal de Uberlândia.
- Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: Imprensa Upper Saddle River, Prentice Hall.



## Capítulo 2: Uso diferenciado de fontes de pólen por *Centris analis* e *Centris tarsata* em áreas de Cerrado

As características das fontes de recursos alimentares de abelhas influenciam estratégias para sua conservação e manejo. Nesse sentido, esse trabalho objetivou identificar as fontes de pólen utilizadas por duas espécies simpátricas de abelhas coletoras e óleo, *Centris analis* e *Centris tarsata* (Centridini), por análise polínica do alimento larval. A partir do conhecimento destas fontes, verificou-se a amplitude e a sobreposição do nicho alimentar destas espécies e o uso das fontes, considerando o tamanho do grão de pólen e o tipo de antera da flor. As amostras foram coletadas em duas áreas de Cerrado entre outubro e março de 2008 a 2010. As fêmeas utilizaram poucas fontes de pólen para o provisionamento larval ( $n = 7$ ), sendo que *C. analis* utilizou principalmente *Heteropterys* spp. (Malpighiaceae) (62,31%) e fontes com flores com anteras não porcidas ( $U = 54,000$ ;  $p = 0,015$ ) e *C. tarsata* utilizou abundantemente *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) (62,02%) e fontes com flores com anteras porcidas ( $U = 1,000$ ;  $p = 0,001$ ). Houve diferença na amplitude do nicho alimentar das espécies ( $t = -17,023$ ;  $p < 0,001$ ;  $gl = 19090$ ), baixa similaridade (20,16%) no uso das fontes de pólen e a utilização predominante de grãos de tamanho médio ( $U = 14,609$ ;  $p = 0,001$  e  $U = 14,201$ ;  $p = 0,001$ ). Apesar de serem espécies simpátricas, pertencerem ao mesmo grupo funcional e apresentarem sobreposição em relação ao período de nidificação nas áreas estudadas, estas duas espécies de abelhas utilizaram, preferencialmente, fontes distintas para pólen.

**Palavras-chave:** ninhos-armadilha; análise polínica; Centridini.

## Introdução

A polinização é um serviço ecossistêmico importante que permite a manutenção da variabilidade genética das plantas nativas e a produtividade de espécies cultivadas (Kremen et al. 2002; Klein et al. 2007; Michener 2007). Nesse sentido, o declínio da produção de frutos e sementes dessas espécies vegetais, tem sido atribuído, parcialmente, à redução das populações de polinizadores vertebrados e invertebrados (Allen-Wardell et al. 1998).

As abelhas constituem o principal grupo de polinizadores invertebrados em ecossistemas tropicais e em cultivos agrícolas no mundo (Kremen et al. 2002; Michener 2007). O declínio da diversidade de espécies nativas tem sido associado, principalmente, à fragmentação do habitat que promove o isolamento dessas abelhas das áreas naturais onde estão presentes os recursos necessários ao aprovisionamento e à nidificação e que não são oferecidos pelos cultivos (Kremen et al. 2002).

Para definição de estratégias de conservação e incremento das populações desses polinizadores faz-se necessário o conhecimento dos seus hábitos de nidificação, como os locais de construção do ninho, por meio de levantamentos com ninhos-armadilha, e as fontes de recursos alimentares, usando a análise polínica. Assim, a análise polínica do material proveniente das células de cria permite a identificação das plantas usadas para o aprovisionamento larval sem a observação direta da visita da abelha à flor (Jones e Jones 2001)

Poucas abelhas nativas nidificam em ninhos-armadilhas, entre elas 60 espécies solitárias e que constroem seus ninhos em cavidades pré-existentes (Garófalo et al. 2004). No Brasil, *Centris analis* e *Centris tarsata* são espécies amplamente observadas em levantamentos com ninhos-armadilha (Viana et al. 2001; Aguiar e Martins 2002;

Aguiar et al. 2005; Buschini 2006; Loyola e Martins 2006; Garófalo 2008; Gazola e Garófalo 2009; Carvalho 2011; Mesquita e Augusto 2011). Ambas as espécies são especializadas na coleta de óleos florais utilizados para a construção do ninho e, pelas fêmeas de *C. tarsata*, para a alimentação larval (Aguiar e Garófalo 2004; Alves-dos-Santos et al. 2007) e apresentam sobreposição em relação ao período de nidificação (Aguiar e Martins 2002; Mesquita e Augusto 2011).

As duas espécies são polinizadores de plantas de interesse econômico como a acerola (*Malpighia emarginata*) (Vilhena e Augusto 2007; Freitas et al. 1999; Oliveira e Schlindwein 2009; Vilhena et al. 2012). Além disso, *C. analis* é importante polinizador do tamarindo (*Tamarindus indica*) (Castro 2002) e *C. tarsata* do caju (*Anacardium occidentale* L.) (Freitas e Paxton 1998). Estes cultivos visitados por *C. analis* e *C. tarsata* representam apenas uma fração das fontes de recursos alimentares necessárias à manutenção do ciclo de vida dessas abelhas.

O fato de nidificar em cavidades pré-existentes facilita a obtenção de amostras do alimento larval e o conhecimento da amplitude das fontes de pólen usadas para alimentação da cria. Análises do alimento larval de *C. analis* realizadas em áreas de Caatinga (Dórea et al. 2010a), na Floresta Atlântica (Oliveira e Schlindwein 2009), na Floresta Tropical Decidual (Quiróz-Garcia et al. 2001) e no Cerrado (Rabelo et al. *in press*), mostraram o uso abundante de espécies de Malpighiaceae. Já para *C. tarsata* os estudos do alimento larval realizados no Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual (Mendes e Rêgo 2007) e na Caatinga (Dórea et al. 2010b), apresentaram como principais fontes de pólen plantas pertencentes às famílias Leguminosae e Solanaceae. Dessa forma, a utilização abundante de fontes de pólen distintas por essas duas espécies de abelhas, como o verificado pelas análises polínicas das células de cria, indica que provavelmente estas abelhas apresentam baixa sobreposição no nicho

alimentar (Quiróz-Garcia et al. 2001; Mendes e Rêgo 2007; Oliveira e Schlindwein 2009; Dórea et al. 2010a;b; Rabelo et al. *in press*).

Outro aspecto importante a ser analisado nos estudos sobre a composição do alimento larval, além da identificação das espécies de plantas e do tipo de antera apresentada pela flor, é o tamanho e a forma dos grãos de pólen abundantemente utilizados. Os grãos de pólen apresentam variações no tamanho (2 a  $> 300 \mu\text{m}$ ), na forma e na ornamentação da exina (Barth e Melhem 1988) que são fatores importantes para a coleta desse recurso pelas abelhas. O uso diferenciado das fontes de pólen de acordo o tamanho dos grãos pode estar relacionado ao seu valor nutricional, principalmente a respeito da presença de amido. O amido é um dos constituintes do pólen que influencia o desenvolvimento dos imaturos (Dafni et al. 2005) e sua presença está associada, entre outros fatores, ao diâmetro dos grãos. Grãos de pólen que possuem amido, como forma de reserva de energia, são geralmente maiores do que aqueles que armazenam a energia na forma de óleo (Baker e Baker 1979). Por outro lado, a utilização de grãos com tamanhos e ornamentações distintos está associada às modificações na densidade dos pelos plumosos na escopa e ao comportamento de transporte de pólen úmido pelas abelhas (Thorp 1979).

Assim, considerando as possíveis diferenças quanto ao padrão de forrageamento apresentado por *C. analis* e *C. tarsata*, apesar destas espécies serem simpátricas em áreas de Cerrado e apresentarem sobreposição no período de nidificação, os objetivos desse trabalho foram: (i) identificar as espécies vegetais fontes de pólen para o provisionamento larval de *C. analis* e *C. tarsata* em áreas de Cerrado, (ii) determinar a amplitude e a uniformidade do nicho alimentar dessas espécies e (iii) verificar se há diferenças no uso de fontes de pólen, por estas duas

espécies, de acordo com o tamanho do grão de pólen e o tipo de antera das flores (poricidas ou não poricidas) das plantas visitadas.

## **Material e métodos**

### ***Áreas de estudo e ninhos-armadilha***

O estudo foi conduzindo em duas áreas de Cerrado pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia e localizadas no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. A primeira área, Estação Ecológica do Panga (EEP) (19°09'20"-19°11'10"S/48°23'20"-48°24'35"W), possui 403,85 hectares de área natural que abrange floresta de galeria, cerradão, cerrado sentido restrito, mata de encosta e outras formações florestais e savânicas (Schiavini e Araújo 1989). Já a segunda área, Estação Experimental Água Limpa (EEAL) (19°05'48"S/48°21'05"W), corresponde a um sistema misto com áreas naturais (104 hectares) e 194,72 hectares de pastos, cultivos e pomares (incluindo 1.1 hectares de acerola) (Neto 2008). A região apresenta duas estações distintas (estação quente e úmida, de outubro a março, e estação fria e seca, de abril a setembro) (Rosa et al. 1991).

As amostras de alimento larval foram retiradas de ninhos-armadilha disponibilizados em três ranchos entomológicos ( $n_{EEP} = 1$  e  $n_{EEAL} = 2$ ), estrutura de madeira coberta com lona amarela e que dispõe de duas prateleiras onde estão dispostos tijolos e blocos de madeira. Os ninhos-armadilha usados nesse estudo consistiram em tubos de cartolina preta e gomos de bambu. Os tubos de cartolina apresentaram dois tamanhos (comprimento e diâmetro interno): tubos grandes (10,5 x 0,8 cm) e tubos pequenos (5,8 x 0,6 cm) e foram dispostos em blocos de madeiras (28

x 25 x 4 cm) (Camillo et al. 1995). Em cada rancho entomológico foram instalados dois blocos, com 100 perfurações, sendo um para cada tipo de tubo de cartolina. Já os gomos de bambu apresentaram diâmetro interno entre 0,5 e 1,9 cm e comprimento entre 10 e 20 cm e foram inseridos em tijolos com oito furos, sendo disponibilizados inicialmente 90 ninhos-armadilha desse tipo.

### ***Centris analis e Centris tarsata***

As espécies estudadas foram *C. analis* e *C. tarsata*. Ambas as espécies são especializadas na coleta de óleos florais que são usados na construção dos ninhos (Alves-dos-Santos et al. 2007). Associado ao óleo, para a construção das células de cria, *C. analis* usa materiais de origem vegetal, enquanto *C. tarsata* utiliza areia e uma substância semelhante à resina ou à cera (Jesus e Garófalo 2000; Silva et al. 2001; Aguiar e Garófalo 2004; Buschini e Wolff 2006; Mendes e Rêgo 2007).

As fêmeas dessas abelhas constroem seus ninhos em substratos artificiais cujos diâmetros internos variam entre 0,5 e 1,4 cm para *C. analis* (Jesus e Garófalo 2000; Aguiar e Martins 2002; Mesquita e Augusto 2011) e entre 0,7 e 1,9 cm, para *C. tarsata* (Silva et al. 2001; Aguiar e Garófalo 2004; Buschini e Wolff 2006; Mendes e Rêgo 2007; Mesquita e Augusto 2011), ocorrendo a sobreposição parcial dos substratos ideais para atração dessas espécies. A arquitetura dos ninhos também é similar, pois ambas as espécies constroem suas células de cria em séries lineares, apesar do número dessas variar entre as áreas de estudo (Jesus e Garófalo 2000; Silva et al. 2001; Aguiar e Garófalo 2004; Buschini e Wolff 2006; Mendes e Rêgo 2007). O aprovisionamento larval é realizado pelas fêmeas dessas abelhas utilizando pólen, néctar e óleo (usado apenas pelas fêmeas de *C. tarsata*) (Jesus e Garófalo 2000; Silva et al. 2001; Aguiar e

Garófalo 2004; Buschini e Wolff 2006; Mendes e Rêgo 2007). Além disso, alguns estudos têm reportado sobreposição na distribuição geográfica de *C. analis* e *C. tarsata* no Brasil (Aguiar e Martins 2002; Silveira et al. 2002; Mesquita e Augusto 2011) e no período de nidificação dessas duas espécies, que na área de estudo nidificaram, principalmente, durante a estação quente e úmida (Aguiar e Martins 2002; Mesquita e Augusto 2011).

### ***Coleta de amostras do alimento larval e análise polínica***

Amostras do alimento larval de *C. analis* (n=8) e *C. tarsata* (n=8) foram coletadas em ninhos-armadilha nos meses de janeiro, fevereiro, março e outubro (estação quente e úmida) nos anos de 2008 a 2010 e nas duas áreas de estudo ( $n_{EEAL}=8$  e  $n_{EEP}=8$ ), de acordo com a nidificação das duas espécies-alvo. As amostras foram coletadas em um mesmo período e em ambas as áreas para assegurar similaridade na disponibilidade de recursos para as duas espécies de abelhas estudadas.

O alimento larval foi retirado dos ninhos ativos a partir da introdução de coletores, construídos usando palitos de madeira e alfinetes, pela entrada dos mesmos. As amostras coletadas possuíam grãos de pólen provenientes de todos os estratos do alimento larval presente em apenas uma célula de cria por ninho e o material coletado foi acondicionado em tubos para centrífuga de 15 mL, em uma solução de álcool a 70% (2 mL) e, posteriormente, foi acetolizado (Erdtman 1960).

Para cada amostra preparou-se três lâminas (n= 48) que foram depositadas na coleção do Laboratório de Ecologia e Conservação de Abelhas (LECA-IB/UFU). Os grãos de pólen foram identificados, baseado nas características expostas pela acetólise, de acordo com a literatura (Salgado-Labouriau 1973; Roubik e Moreno 1991), com

base de dados de imagens de pólen (Bastos et al. 2008) e por comparação com o material de referência das áreas de estudo. Nesse trabalho foi utilizada a classificação taxonômica proposta por APG II (Souza e Lorenzi 2005).

A análise quantitativa foi realizada a partir da varredura da lamínula inteira, no microscópio, usando uma ampliação de 200x. Nessa análise, a lamínula foi dividida em quatro quadrantes, nos quais foram contados aproximadamente 100 grãos de pólen ( $n=400$  por lâmina), totalizando 1200 grãos por amostra (Vilhena et al. 2012). Os tipos polínicos cujas abundâncias relativas, em cada amostra, foram inferiores a 3% foram considerados contaminantes e, portanto, excluídos das análises.

### ***Morfometria polínica***

O tamanho dos grãos de pólen foi determinado a partir da medida ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento do eixo equatorial utilizando o programa ImageJ 1.44p (Rasband 1997-2011). Inicialmente, o programa foi calibrado utilizando a escala presente em cada foto que foi transformada em binária (em preto e branco). Posteriormente, delimitou-se a área de cada grão de pólen e a medida do diâmetro foi realizada selecionando a opção *Feret's diameter*. Essa opção mede a maior distância entre dois pontos dentro da área selecionada, que em figuras circulares corresponde ao diâmetro e em elipses ao maior eixo (Ferreira e Rasband 2010-2011).

Após o processamento pela acetólise, os grãos de pólen tendem a alterar o seu tamanho devido à presença de partes móveis na exina, porém essa estrutura se estabiliza ao longo do tempo (Salgado- Labouriau 1973). Considerando esse fato e que alguns tipos polínicos estavam presentes em amostras que foram processadas em períodos distintos, foi verificado, previamente, se o tamanho dos grãos de pólen de



todos esses havia se estabilizado. Essa análise foi realizada usando o teste t para comparar o diâmetro do eixo equatorial dos grãos presentes nas amostras processadas primeiramente (período 1 - 2008 e 2009) e aqueles pertencentes às amostras mais novas (período 2 - 2010). Não houve diferença no tamanho dos grãos de pólen para os cinco tipos polínicos processados em períodos distintos (tipo 1:  $t = -2,01$ ;  $p = 0,06$ ;  $gl = 18$ ; tipo 2:  $t = -1,41$ ;  $p = 0,18$ ;  $gl = 18$ ; tipo 3:  $t = -2,06$ ;  $p = 0,06$ ;  $gl = 18$ ; tipo 4:  $t = 1,81$ ;  $p = 0,09$ ;  $gl = 17$ ; e tipo 5:  $t = -1,91$ ;  $p = 0,07$ ;  $gl = 18$ ).

A partir dessa análise, os grãos de pólen das fontes identificadas foram medidos. Para a classificação desses, de acordo com o tamanho, foram fotografados 25 grãos de pólen de cada tipo polínico identificado, com uma ampliação de 400x, considerando os seguintes critérios: (i) pertencer a mais de uma amostra (quando o tipo polínico não estava presente em apenas uma amostra), a fim de homogeneizar as diferenças entre elas, (ii) estar na visão equatorial e (iii) ser simétrico (Salgado-Labouriau 1973). Assim, os grãos foram classificados em três classes de tamanho: Pequeno (P)= 10 a 25  $\mu m$ , Médio (M)= 25 a 50  $\mu m$  e Grande (G)= 50 a 100  $\mu m$ , de acordo com o proposto na literatura (Barth e Melhem 1988).

### ***Análise dos dados***

A frequência de ocorrência de cada tipo polínico identificado foi calculada usando a fórmula:  $FO = (N_i / N) * 100$ , na qual  $N_i$  representa o número de amostras em que cada tipo polínico estava presente e  $N$  o número total de ninhos analisados.

Para cada espécie de abelha foi calculada a amplitude do nicho alimentar, a partir do índice de Shannon:  $H = - \sum (p_k * \ln p_k)$ , no qual  $p_k$  representa a proporção de pólen presente no ninho  $k$  e  $\ln$  o logaritmo do valor de  $p_k$ , como o proposto por

Camillo e Garófalo (1989). Além disso, foi calculada a uniformidade de coleta das plantas usadas como fontes de pólen de acordo com o índice de Pielou,  $J' = H'/H'_{\max}$ , no qual  $H'_{\max}$  representa o logaritmo do número total de tipos polínicos presentes nas amostras do alimento larval de cada espécie de abelha. A fim de verificar diferenças entre as amplitudes dos nichos alimentares das espécies de abelhas estudadas foi usado o teste t realizado no programa PAST 2.13 (Hammer et al 2001).

A similaridade no uso das fontes de pólen pelas fêmeas de *C. analis* e *C. tarsata* foi calculada usando o índice PS=  $\Sigma$  (menor porcentagem de cada espécie ou gênero de planta), considerando as áreas conjuntamente (Brower et al. 1997).

A fim de verificar se havia diferenças na abundância relativa de pólen, de acordo com o tamanho do grão (pequeno, médio e grande), foi usado o teste de Kruskal-Wallis, considerando cada espécie de abelha separadamente (Zar 1999). De acordo com os resultados dessa análise, foi realizado o teste de comparações múltiplas de Tukey Type (Zar 1999).

Além disso, para analisar possíveis diferenças na abundância relativa de fontes de pólen, de acordo com o tipo de antera da flor (poricidas e não poricidas) foi usado o teste Mann-Whitney, considerando também as espécies de abelha separadamente (Zar 1999). O tipo de antera apresentado por cada flor utilizada como fonte de pólen foi determinada baseado em dados da literatura, sendo consideradas não poricidas as flores cujas anteras são rimosas ou valvares (Souza e Lorenzi 2005).

## **Resultados**

As abelhas estudadas utilizaram poucas espécies vegetais como fontes de pólen para o alimento larval (3 espécies e 4 gêneros), as quais pertencem a três famílias

botânicas (Leguminosae, Malpighiaceae e Solanaceae) (Tabela 1). De acordo com os dados totais de abundância (Tabela 1), verificou-se que as fêmeas de *C. analis* e *C. tarsata* coletaram pólen, abundantemente, de *Heteropterys* spp. (62,31%) (Figura 1A) e *Solanum lycocarpum* (62,02%) (Figura 1B), respectivamente. Contudo, analisando a proporção dos tipos polínicos por amostragem (Figura 2), verificou-se que *S. lycocarpum* (13,66%), *Banisteriopsis* spp. (12,89%) (Figura 1C) e *Byrsonima* spp. (7,65%) (Figura 1D), para *C. analis*, e *Senna* sp1 (17,51%) (Figura 1E) e *Machaerium* spp. (9,64%) (Figura 1F) para *C. tarsata*, também foram importantes fontes de pólen para o provisionamento larval.

Tabela 1: Espécies ou gêneros vegetais fontes de pólen para o provisionamento larval de *Centris analis* e *Centris tarsata* em áreas de Cerrado. Recursos florais oferecidos pelas espécies e gêneros vegetais (R): P- Pólen, O- Óleo e N- Néctar); abundância relativa dos grãos de pólen (%) (Ab); frequência de ocorrência das fontes de pólen (%) (FO); tipo de antera apresentada pelas flores (An): P - Poricida e NP - Não Poricida; e o tamanho dos grãos de pólen em micrômetros (T): P- Pequeno, M- Médio e G- Grande, de acordo com o eixo equatorial (E) (média  $\pm$  desvio padrão).

Tipo polínico	<i>C. analis</i>					<i>C. tarsata</i>		
	R	An <sup>5</sup>	E	T	Ab	FO	Ab	FO
LEGUMINOSAE								
<i>Machaerium</i> spp.	P/N <sup>1</sup>	NP	26,2 $\pm$ 1,3	M	3,39	25,00	9,64	37,50
<i>Senna rugosa</i>	P <sup>2</sup>	P	56,8 $\pm$ 2,7	G	-	-	0,62	12,50
<i>Senna</i> sp1	P <sup>2*</sup>	P	60,1 $\pm$ 5,4	G	-	-	17,51	25,00
MALPIGHIACEAE								
<i>Banisteriopsis</i> spp.	P/O <sup>3</sup>	NP	72,3 $\pm$ 4,6	G	12,89	37,50	-	-
<i>Byrsonima</i> spp.	P/O <sup>3</sup>	NP	18,0 $\pm$ 1,5	P	7,65	25,00	1,06	12,50
<i>Heteropterys</i> spp.	P/O <sup>3</sup>	NP	42,2 $\pm$ 3,2	M	62,31	75,00	2,05	12,50
SOLANACEAE								
<i>Solanum lycocarpum</i>	P <sup>4</sup>	P	35,4 $\pm$ 2,2	M	13,66	37,50	62,02	87,50

Fontes dos dados: <sup>1</sup>Filho et al. 2007, <sup>2</sup>Carvalho e Oliveira 2003, <sup>3</sup>Anderson 1979, <sup>4</sup>Oliveira-Filho e Oliveira 1988 e <sup>5</sup>Souza e Lorenzi 2005. \*Recursos florais determinados baseados no gênero.

Os tipos polínicos *Heteropterys* spp. (75,00%), *Banisteriopsis* spp. (37,50%) e *S. lycocarpum* (37,50%) foram os mais frequentes nas amostras de *C. analis* (Tabela 1; Figura 2). Enquanto, nas amostras de *C. tarsata* as espécies mais frequentes foram *S. lycocarpum* (87,50%) e *Machaerium* spp. (37,50%) (Tabela 1; Figura 2).

*Centris analis* apresentou maior amplitude do nicho alimentar ( $H' = 1,14$ ) do que o observado para *C. tarsata* ( $H' = 0,92$ ) ( $t = -17,023$ ;  $p < 0,001$ ;  $gl = 19090$ ) e maior uniformidade na coleta de pólen (*C. analis*:  $J' = 0,71$  e *C. tarsata*:  $J' = 0,51$ ). Além disso, a similaridade no uso das fontes de pólen pelas duas espécies foi baixa (20,16%).

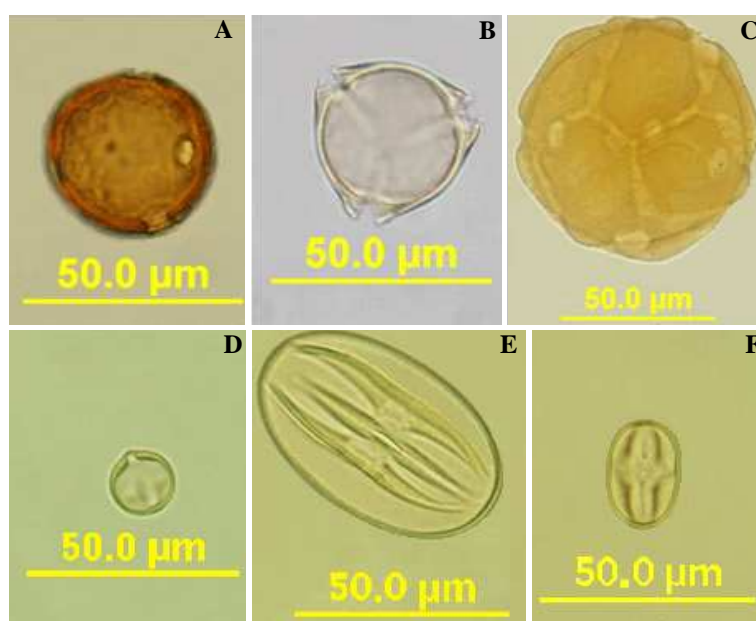


Figura 1: Tipos polínicos usados por *Centris analis* e *Centris tarsata* no provisão larval. A- *Heteropterys* sp. (visão polar), B- *Solanum lycocarpum*

(visão polar), C- *Banisteriopsis* sp. (visão polar), D- *Byrsonima* sp. (visão equatorial)  
E- *Senna* sp1 (visão equatorial) e F- *Machaerium* sp. (visão equatorial).

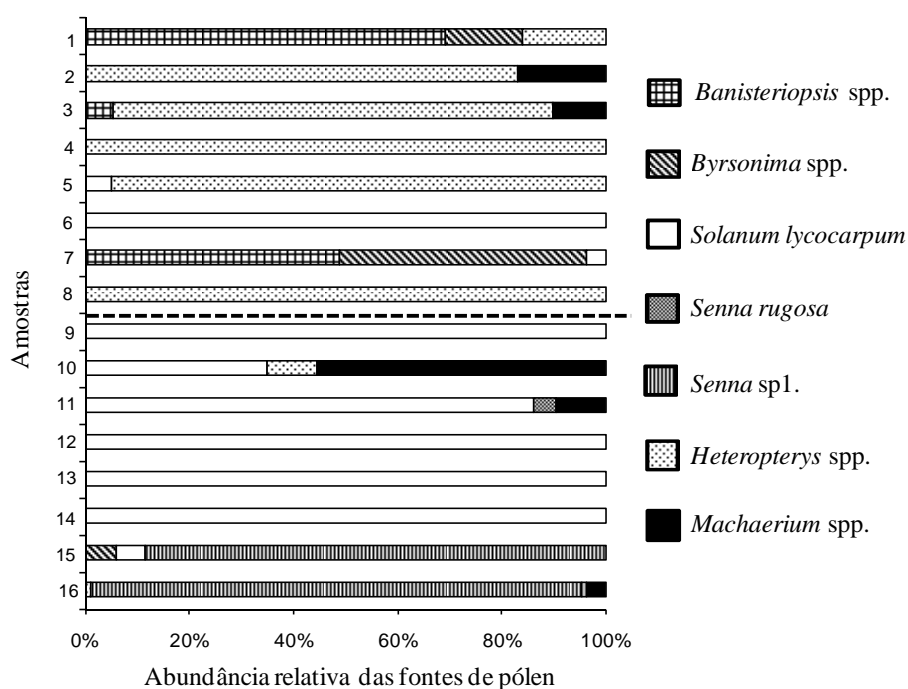


Figura 2: Abundância relativa dos tipos polínicos usados no provisionamento larval por *Centris analis* (amostras 1 a 8) e *Centris tarsata* (amostras 9 a 16) em áreas de Cerrado.

Apenas um tipo polínico usado como fonte de pólen para essas abelhas apresentou grãos de pólen pequenos (*Byrsonima* spp.), três apresentaram os grãos de tamanho médio (*Machaerium* spp., *Heteropterys* spp. e *S. lycocarpum*) e três possuíam grãos grandes (*S. rugosa*, *Senna* sp1 e *Banisteriopsis* spp.) (Tabela 1). Entretanto, ao se comparar o uso das fontes de pólen de acordo com o tamanho dos grãos, ambas as espécies de abelhas utilizaram, abundantemente, grãos de tamanho médio (*C. analis*: U= 14,609; p= 0,001; n= 8 e *C. tarsata*: U= 14,201; p= 0,001; n= 8) (Figura 3A).

Adicionalmente, as fêmeas de *C. analis* utilizaram, abundantemente, plantas com anteras não poricidas ( $U = 54,000$ ;  $p = 0,015$ ;  $n = 8$ ), enquanto *C. tarsata* utilizou, principalmente, fontes de pólen cujas anteras são poricidas ( $U = 1,000$ ;  $p = 0,001$ ;  $n = 8$ ) (Figura 3 B).

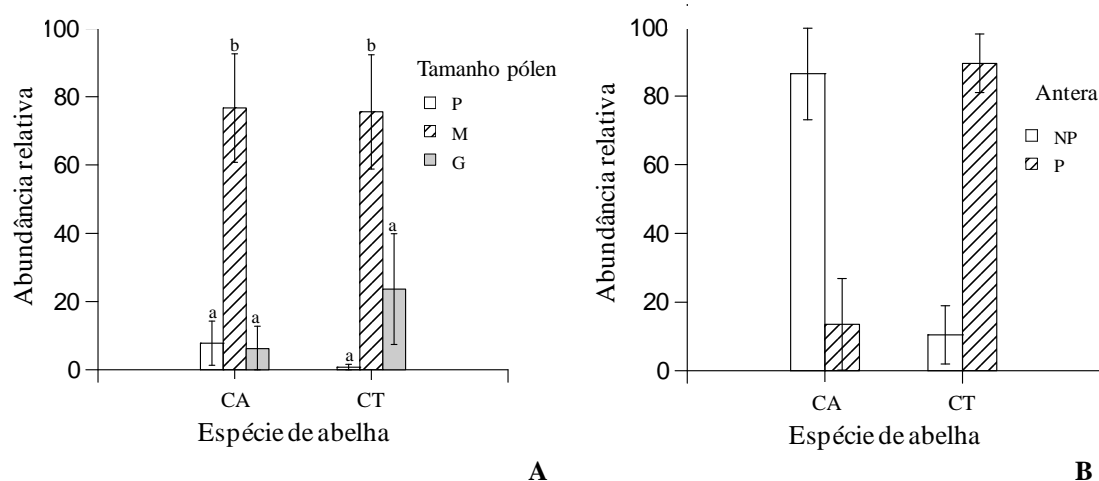


Figura 3: Abundância relativa (médias  $\pm$  erro padrão) das fontes de pólen usadas no aprovisionamento larval por *Centris analis* (CA) e *Centris tarsata* (CT) em áreas de Cerrado, de acordo com: A- o tamanho dos grãos de pólen das espécies e gêneros botânicos (P- Pequeno, M- Médio e G- Grande) e B- o tipo de antera presente na flor da espécie ou gênero botânico (P- Poricida e NP- Não Poricida). As letras distintas representam diferenças em nível de 5% de acordo com o teste de Tukey Type, considerando cada espécie de abelha separadamente.

## Discussão

As fêmeas de *C. analis* e *C. tarsata* utilizaram poucas espécies e famílias vegetais como fontes de pólen para o aprovisionamento das suas células de cria. As três famílias botânicas identificadas (Leguminosae, Malpighiaceae e Solanaceae)

podem conjuntamente, oferecer todos os recursos (pólen, néctar e óleo) necessários a alimentação larval dessas abelhas (Anderson 1979; Souza e Lorenzi 2005). Essas famílias apresentam ampla distribuição mundial (Souza e Lorenzi 2005) e tem sido apontadas como fontes de pólen para essas espécies de abelhas em outras regiões (Quiróz-Garcia et al. 2001; Mendes e Rêgo 2007; Oliveira e Schlindwein 2009; Dórea et al. 2010a, b), o que sugere fidelidade das abelhas a estas fontes.

Todas as espécies e gêneros identificados, exceto *Machaerium* spp., exigem especializações morfológicas e comportamentais para a coleta das recompensas florais oferecidas pelas plantas. Os gêneros *Banisteriopsis*, *Byrsonima* e *Heteropterys* (Malpighiaceae) oferecem pólen e óleo como recompensas florais aos seus visitantes (Anderson 1979). A coleta do óleo é realizada por abelhas que apresentam adaptações nas pernas que permitem a coleta e o transporte deste, entre elas as pertencentes ao gênero *Centris* (Alves-dos-Santos et al. 2007). Durante a coleta de óleo, as fêmeas pousam sobre a flor e se prendem a uma pétala com a mandíbula. Após se fixar, a fêmea fricciona os elaióforos usando as pernas anteriores e medianas e durante esse processo o ventre da abelha toca o estigma e as anteras das flores, sendo que alguns grãos de pólen podem ficar aderidos ao seu corpo (Gaglianone 2000; Vilhena e Augusto 2007). Esses grãos podem ser posteriormente, incorporados ao alimento larval como o descrito para outras espécies de *Centris* (Gaglianone 2000).

Embora ambas as espécies de abelhas estudadas necessitem de óleo para a manutenção do seu ciclo de vida, somente as fêmeas de *C. analis* utilizaram abundantemente espécies de Malpighiaceae, o que sugere que essa família, além de fonte de óleo, constitui uma importante fonte de pólen para essa abelha. Outros estudos também reportam o uso abundante de espécies dessa família vegetal como fontes de pólen para o provisionamento larval de *C. analis*, como *Byrsonima*

*vacciniifolia* na Caatinga (Dórea et al. 2010a), *M. emarginata* na Floresta Atlântica (Oliveira e Schlindwein 2009) e *Bunchosia mcvaughii* na Floresta Tropical Decidual (Quiróz-Garcia et al. 2001).

As flores de *Senna* spp. e *S. lycocarpum* apresentam anteras poricidas (Souza e Lorenzi 2005) e, portanto a coleta de pólen (único recurso floral oferecido) é realizada por vibração (Michener 2007). A vibração é provocada pela movimentação dos músculos das asas, e por isso, quase todas as espécies de abelhas possuem potencial para esse tipo de coleta, exceto aquelas muito pequenas que podem não apresentar massa e energia suficientes para a liberação dos grãos de pólen, que ficam aderidos ao ventre da abelha, como a maioria das espécies de Meliponini (apenas espécies do gênero *Melipona* foram registradas utilizando esse tipo de estratégia) e as pertencentes ao gênero *Apis* (Buchmann 1985; Michener 2007; Hrncir et al. 2008).

Entre as espécies de abelhas estudadas apenas *C. tarsata* utilizou, preferencialmente, fontes de pólen cujas flores possuem anteras poricidas, o que foi reportado também em outros estudos, destacando-se as espécies *Chamaecrista ramosa*, *Senna rizzinii*, *Solanum paniculatum* (Dórea et al. 2010b) e *Cassia* sp. (Mendes e Rêgo 2007).

Ambas as espécies utilizaram preferencialmente espécies cujos grãos de pólen são de tamanho médio. O tamanho e a forma dos grãos de pólen estão associados ao agente polinizador (Harder 1998). As espécies vegetais polinizadas pelo vento apresentam grãos de pólen pequenos e os produzem em grande quantidade quando comparadas com aquelas que são transportadas por animais e as espécies aquáticas que possuem grãos lineares e com até 6 mm de comprimento (Baker e Baker 1979; Harder 1998). Nesse contexto, as abelhas apresentam adaptações na escopa de acordo com o tamanho dos grãos de pólen que transportam. As espécies que coletam grãos cujos



tamanhos são inferiores a 40  $\mu\text{m}$  e os transportam seco, geralmente, apresentam escopa densa com pelos ramificados, enquanto aquelas especializadas na coleta de grãos maiores que 100  $\mu\text{m}$  possuem pelos mais robustos e não ramificados (ver Thorp 1979). De forma geral, as abelhas Centridini apresentam escopas densas e com pelos grandes e ramificados (Silveira et al. 2002) e, essa característica poderia favorecer o transporte, preferencial, de grãos de tamanho da primeira categoria (<40  $\mu\text{m}$ ), como o observado nesse estudo. Além disso, o uso abundante de grãos de tamanho médio pode estar associado também à forte exploração local de *Heteropterys* spp. por *C. analis* e *S. lycocarpum* por *C. tarsata*.

A coleta abundante em famílias vegetais distintas associada à amplitude do nicho alimentar diferenciada e a baixa similaridade no uso das fontes de pólen por *C. analis* e *C. tarsata* sugerem que essas abelhas exploram as fontes existentes nas áreas de estudo de forma distinta. Dessa forma, a co-existência de espécies que dependem dos mesmos recursos em uma comunidade ocorre mediante a partição do nicho alimentar. Essa partição pode ocorrer devido a diferenças morfológicas, como o tamanho corporal (Cortopassi-Laurino et al. 2003; Nogueira-Ferreira e Augusto 2007); o comprimento da glossa (Johnson 1986; Goulson e Darvill 2004), as variações na coloração corporal (Biesmeijer et al. 1999), assim como pelo forrageamento em horários do dia e períodos do ano distintos (Morato e Campos 2000; Lye et al. 2010) e em locais diferentes (manchas, estratos e espécies vegetais) (Morse 1982; Biesmeijer et al. 1999; Morato e Campos 2000), e pelo tempo de forrageamento, isto é, os indivíduos permanecem forrageando em determinada fonte por períodos de tempo diferentes (Morse 1982).

Além disso, os atributos florais também podem influenciar a partição dos recursos alimentares entre espécies de abelhas simpátricas, como a concentração de

néctar (Biesmeijer et al. 1999), o comprimento da corola (Johnson 1986; Goulson e Darvill 2004) e o tipo de antera presente na flor, como o sugerido pelos resultados desse estudo.

Considerando os resultados apresentados, pode-se concluir que apesar de serem espécies simpátricas, pertencerem ao mesmo grupo funcional e apresentarem sobreposição em relação ao período de nidificação, nas áreas estudadas, *C. analis* e *C. tarsata* utilizaram abundantemente, para a coleta de pólen, plantas distintas o que pode indicar uma possível ocorrência de partição de recursos entre as duas espécies durante o período amostrado. Adicionalmente, a identificação das principais fontes de pólen, bem como o conhecimento das características das fontes de pólen utilizadas por espécies de abelhas são fundamentais para o sucesso dos programas de conservação e manejo desses polinizadores.

### **Agradecimentos**

Os autores são gratos a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-PROCAD) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do trabalho e ao Dr. Paulo Eugênio Oliveira (LAMOVI-IB/UFU) pelas condições oferecidas no laboratório, acesso ao laminário de referência das áreas de estudos e sugestões. L.S. Rabelo recebeu bolsa de estudos da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## Referências

- Aguiar AJC, Martins CF. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica de Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Revta. Bras. Zool.* 19 (1): 101-116.
- Aguiar CM, Garófalo CA. 2004. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini), *Rev. Bras. Zool.* 21(3): 477-486.
- Aguiar CML, Garófalo CA, Almeida GF. 2005. Trap-nesting bees (Hymenoptera, Apoidea) in areas of dry semideciduous forest and caatinga, Bahia, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 22(4): 1030-1038.
- Allen-Wardell G, Bernhardt P, Bitner R, Burquez A, Buchmann S, Cane J, Cox P, Dalton V, Feinsinger P, Ingram M, Inouye D, Jones C, Kennedy K, Kevan P, Koopowitz H, Medellin R, Medellin-Morales S, Nabhan G, Pavlik B, Tepedino V, Torchio P, Walker S. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conserv Biol.* 12: 8-17.
- Alves-Dos-Santos I, Machado IC, Gaglianone MC. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecol. Bras.* 11(4): 544-557.
- Anderson WR. 1979. Floral conservatism in Neotropical Malpighiaceae. *Biotropica.* 11: 219-223.
- Baker HG, Baker I. 1979. Starch in angiosperm pollen grains and its evolutionary significance. *Am J Bot.* 66(5): 591-600.
- Bastos EMAF, Thiago PSS, Santana RM, Travassos A. 2008. Banco de imagens de grãos de pólen: mais de 130 espécies de plantas apícolas. (CD-ROM).
- Barth OM, Melhem TSA. 1988. Glossário ilustrado de palinologia. Campinas: Unicamp, 75p.

- Biesmeijer JC, Richter JAP, Smeets MJAP, Sommeijer MJ. 1999. Niche differentiation in nectar-collecting stingless bees: the influence of morphology, floral choice and interference competition. *Ecol. Entomol.* 24: 380-388.
- Brower JE, Zar JH, von Ende CN. 1997. Field & laboratory methods for general ecology. 4<sup>th</sup> ed. EUA: Wm. C. Brown Publishers.
- Buchmann SL. 1985. Bees use vibration to aid pollen collection from non-poroidal flowers. *J Kansas Entomol Soc.* 58(3): 517-525.
- Buschini MLT. 2006. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie* 37: 58–66.
- Buschini MLT, Wolff LL. 2006. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith in Southern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Braz. J. Biol.*, 66(4): 1091-1101.
- Camillo E, Garófalo CA. 1989. Analysis of the niche of two sympatric species of *Bombus* (Hymenoptera, Apidae) in southeastern Brazil. *J Trop Ecol.* 5: 81-92.
- Camillo E, Garófalo CA, Serrano JC, Muccillo G. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). *Rev. Bras. Entomol.* 39: 459-470.
- Castro MS. 2002. Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potencial pollinators and their conservation. In: Kevan, P. and Imperatriz-Fonseca V.L. (eds.). *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Brasília: Ministry of Environment. pp. 275-288.
- Carvalho DA, Oliveira PE. 2003. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna sylvestris* (Vell.) H.S. Irwin & Barneby (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasil. Bot.* 26(3): 319-328.

Carvalho SM. 2011. Diversidade de abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha disponibilizados em áreas de cerrado e em fragmentos próximos de mata estacional semidecidual-MG. [dissertação] [Uberlândia, (MG)]: Universidade Federal de Uberlândia.

Cortopassi-Laurino M, Knoll FRN, Imperatriz-Fonseca VL. 2003. Nicho trófico e abundância de *Bombus morio* e *Bombus atratus* em diferentes biomas brasileiros. In: Melo G. A. R., Alves-dos-Santos I. C. (orgs.), Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure, Apoidea Neotropica, UNESCO, Criciúma. pp. 285-295.

Dafni A, Kevan PG, Husband BC. 2005. Practical pollination biology. Enviroquest, Canadá.

Dórea MC, Aguiar CML, Figueroa LER, Lima LCL, Santos FAR. 2010a. Residual pollen in nests of *Centris analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in an area of Caatinga vegetation from Brazil. Oecol. Aust. 14(1): 232-237.

Dórea MC, Aguiar CML, Figueroa LER, Lima LCLE, Santos FAR. 2010b. Pollen residues in nests of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in a tropical semiarid area in NE Brazil. Apidologie 41: 557–567

Erdtman G. 1960. The acetolized method. A revised description, Svensk Bot. Tidskr. 54: 561-564.

Ferreira T, Rasband W. 2010-2011. The ImageJ User Guide IJ 1.45m. Disponível em <http://imagej.nih.gov/ij/docs/user-guide.pdf>.

Filho CVM, Tozzi AMGA, Martins ERF. 2007. Revisão taxonômica de *Machaerium* Sect. Oblonga (Benth.) Taub. (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae). Rodriguésia 58(2): 283-312.

- Freitas BM, Paxton RJ. 1998. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. *J. Appl. Ecol.* 35: 109-121.
- Freitas BM, Alves JE, Brandão GF, Araújo ZB. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. *J. Agric. Sci.* 133: 303-311.
- Gaglianone MC. 2000. Interações de *Epicharis* (Apidae, Centridini) e flores de Malpighiaceae em um ecossistema de Cerrado. Paper presented at: Anais do IV Encontro sobre Abelhas. IV Encontro sobre Abelhas. 2000. Ribeirão Preto, Brazil.
- Garófalo, CA. 2008. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nidificando em ninhos-armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. Anais do VIII Encontro sobre Abelhas, 2008 Ribeirão Preto - SP, Brasil, pp. 208-217.
- Garófalo CA, Martins CF, Alves-dos-Santos I. 2004. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests, p. 77–84. *In*: B. M. Freitas & J. O. P. Pereira (eds.). Solitary bees - Conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza, Imprensa. 285 p.
- Gazola AL, Garófalo CA. 2009. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) in forest fragments of the State of São Paulo, Brazil. *GMR.* 8: 607-622.
- Goulson D, Darvill B. 2004. Niche overlap and diet breadth in bumblebees; are rare species more specialized in their choice of flowers? *Apidologie* 35: 55–63.
- Hammer Ø, Haper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron.* 4(1): 9pp.
- Harder LD. 1998. Pollen-size comparisons among animal-pollinated angiosperms with different pollination characteristics. *Biol J Linn Soc.* 64: 513–525.

- Hrncir M, Gravel A, Schorkopf DLP, Schmidt VM, Zucchi R, Barth FG. 2008. Thoracic vibrations in stingless bees (*Melipona seminigra*): resonances of the thorax influence vibrations associated with flight but not those associated with sound production. J Exp Biol. 211: 678-685.
- Jesus BMV, Garófalo CA. 2000. Nesting behavior of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Apidologie. 31: 503-515.
- Johnson RA. 1986. Intraspecific resources partitioning in bumble bees *Bombus ternarius* and *B. pennsylvanicus*. Ecology. 67(1): 133-138.
- Jones GD, Jones SD. 2001. The uses of pollen and its implication for Entomology. Neotrop. Entomol. 30(3): 314-349.
- Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, Proc. R Soc. B Biol. Sci. 274: 303–313.
- Kremen C, Williams NM, Thorp RW. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification, Ecology. 99 (26): 16812–16816.
- Loyola RD, Martins RP. 2006. Trap-Nest Occupation by Solitary Wasps and Bees (Hymenoptera:Aculeata) in a Forest Urban Remanent. Neotrop. entomol. 35(1):041-048.
- Lye GC, Kaden JC, Park KJ, Goulson D. 2010. Forage use and niche partitioning by non-native bumblebees in New Zealand: implications for the conservation of their populations of origin. J Insect Conserv 14: 607-615.
- Mendes FN, Rêgo MMC. 2007. Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. Rev. Bras. Entomol. 51(3): 382-388.

- Mesquita TMS, Augusto SC. 2011. Diversity of trap-nesting bees and their natural enemies in the Brazilian savanna. *Trop Zool.* 24(2): 127-144.
- Michener CD. 2007. The importance of bees. Chapter in a book: *The bees of the world* 2<sup>nd</sup> Ed. 2007. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp 4-5.
- Morato EF, Campos LAO. 2000. Partição de recursos florais de espécies de *Sida* Linnaeus e *Malvastrum coromandelianum* (Linnaeus) Garcke (Malvaceae) entre *Cephalurgus anomalus* Moure & Oliveira (Hymenoptera, Andrenidae, Panurginae) e *Melissoptila cnecomala* (Moure) (Hymenoptera, Apidae, Eucerini). *Revta Bras. Zool.* 17 (3): 705 -727.
- Morse DH. 1982. Foraging relationships within a guild of bumble bees. *Insec Soc.* 29 (3): 445-454.
- Neto PL. 2008. Levantamento planimétrico nº 36.243, prefeitura de Uberlândia, Minas Gerais.
- Nogueira-Ferreira FH, Augusto SC. 2007. Amplitude de nicho e similaridade no uso de recursos florais por abelhas eussociais em uma área de Cerrado. *Biosci. J.* 23(1): 45-51.
- Oliveira R, Schilindwein C. 2009. Searching for a manageable pollinator for West Indian cherry orchards: the solitary oil collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *J. Econ. Entomol.* 102(1): 20-273.
- Oliveira-Filho AT, Oliveira LCA. 1988. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) em Lavras, MG. *Revista. Brasil. Bot.* 11: 23-32.
- Quiróz-Garcia DL, Martinez-Hernandez E, Palacios-Chavez R, Galindo-Miranda NE. 2001. Nest provisions and pollen foraging in three species of solitary bees (Himenoptera: Apidae) from Jalisco, Mexico, *J Kans Entomol Soc.* 74(2): 61-69.



- Rabelo LS, Vilhena AMGF, Bastos EMAF, Augusto SC. Larval food sources of *Centris* (*Heterocentris*)  *analis* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera, Apidae), an oil-collecting bee. J Nat Hist. *in press*.
- Rasband WS. 1997-2011. ImageJ, U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponível em: [http:// imagej.nih.gov/ij/](http://imagej.nih.gov/ij/).
- Rosa R, Lima SC, Assunção WL. 1991. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia. Sociedade e Natureza. 5(6): 98-101.
- Roubik DW, Moreno JE. 1991. The pollen and spores of Barro Colorado Island. St Louis (Missouri): Missouri Botanical Garden.
- Salgado-Labouriau ML. 1973. Contribuição à palinologia dos Cerrados. Rio de Janeiro (Brazil): Academia Brasileira de Ciências.
- Schiavini I, Araújo GM. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). Soc. Nat. (Online). 1: 61-66.
- Silva FO, Viana BF, Neves EL. 2001. Biologia e Arquitetura de Ninhos de *Centris* (*Hemisiella*)  *tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). Neotrop. Entomol. 30(4): 541-545.
- Silveira FA, Melo GAR, Almeida EAB. 2002. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte, IDMAR, 253p.
- Souza VC, Lorenzi H. 2005. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II, Imprensa Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Thorp RW. 1979. Structural, Behavioral, and Physiological Adaptations of Bees (Apoidea) for Collecting Pollen. Ann MO Bot Gard. 66(4): 788-812.

- Viana BF, Silva FO, Kleinert AMP. 2001. Diversidade e Sazonalidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em Dunas Litorâneas no Nordeste do Brasil. *Neotrop. entomol.* 30(2): 245-251.
- Vilhena AMGF, Augusto SC. 2007. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. *Biosc. J.* 23(1): 14-23.
- Vilhena AMGF, Rabelo LS, Bastos EMAF, Augusto SC. 2012. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. *Apidologie.* 43: 51-62.
- Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: Imprinta Upper Saddle River, Prentice Hall.

## 6. Considerações finais

A análise polínica do conteúdo presente nas escopas e nas células de cria de abelhas da tribo Centridini em áreas de Cerrado apontaram tendências na exploração das fontes de pólen por espécies simpátricas, sendo elas:

- O uso abundante de espécies de Malpighiaceae, principalmente aquelas pertencentes aos gêneros nativos *Heteropterys*, *Byrsonima* e *Banisteriopsis*, como fontes de pólen para o provisionamento larval. Tais espécies correspondem também às possíveis fontes de óleo utilizadas por essas abelhas;
- A acerola (*M. emarginata* - Malpighiaceae), embora seja uma espécie introduzida, constituiu importante fonte de pólen apenas para algumas espécies da tribo Centridini que constroem seus ninhos no solo, embora haja registros da visita de *C. analis* e *C. tarsata* (espécies estudadas que nidificam em cavidades) para a coleta de óleo nessa espécie vegetal;
- As abelhas estudadas exploraram de maneira diferenciada as fontes de pólen presentes na área, considerando o tipo de antera presente na flor utilizada como fonte de pólen. De maneira geral as espécies que nidificam no solo e *C. analis* utilizaram abundantemente espécies cujas anteras não são poricidas, enquanto que as abelhas de maior tamanho apresentaram uma maior tendência em usar fontes de pólen com flores com anteras poricidas, assim como *C. tarsata*.

- As abelhas exploraram de maneira diferenciada as fontes de pólen de acordo com o tamanho dos grãos de pólen, como o observado para *C. analis* e *C. tarsata* que coletaram principalmente em flores que apresentam grãos de tamanho médio.

Assim, apesar de serem espécies simpátricas, pertencerem ao mesmo grupo funcional e apresentarem sobreposição em relação ao período de nidificação ou de atividade, nas áreas estudadas, estas abelhas utilizaram abundantemente fontes para a coleta de pólen distintas o que pode implicar em uma possível partição dos recursos entre estas. A partição de recursos entre importantes polinizadores simpátricos, como as abelhas estudadas, corresponde a um importante mecanismo para a manutenção da estrutura da comunidade e para a manutenção de serviços ecossistêmicos, como a polinização. Adicionalmente, o conhecimento das características e das tendências na utilização das fontes de pólen por polinizadores pode subsidiar programas de conservação e manejo desse grupo.