**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA**

**Abelhas crepusculares/noturnas:
adaptações morfológicas e interações com plantas**

“versão corrigida”

Carolina de Almeida Caetano

São Paulo - SP

2016

Carolina de Almeida Caetano

**Abelhas crepusculares/noturnas:
adaptações morfológicas e interações com plantas**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Ciências em Ecologia.

Orientadora: Isabel Alves dos Santos

São Paulo - SP

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Nome: CAETANO, Carolina de Almeida

Título: Abelhas crepusculares/noturnas: adaptações morfológicas e interações com plantas

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Ecologia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Dedico este trabalho aos apaixonados por abelhas e pela noite

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente:

Ao meu filho Pedro, por sua compreensão e companheirismo, mesmo nos momentos que precisei me ausentar.

Aos meus pais, Rufina e Holdenis, pelo amor e carinho, sem a ajuda de ambos certamente concluir essa dissertação seria muito mais custoso.

Ao meu irmão Tiago, por sempre me incentivar e acreditar em mim.

À minha orientadora Isabel Alves dos Santos (Isa), que me deu a oportunidade de realizar este trabalho e sempre foi atenciosa, sou grata pelos ensinamentos e convívio e por me instigar reflexões não só no mundo científico.

À Emily Baird e Gavin Taylor por terem me recebido na Universidade de Lund e pelos valiosos ensinamentos.

À Universidade de Lund e Conselho de Pesquisa Sueca por financiar meu estágio na Suécia.

Às minhas queridas amigas Jaque, Josi, Maíra, Caroliss, Nathee, Syn e Gabi que me fizeram rir nos momentos difíceis e me ajudaram de alguma forma no meu trabalho.

Às queridas famílias que acolheram o Pedro nos momentos em que eu precisei me ausentar.

Ao Guaraci Duran Cordeiro (Guará) por me ceder as abelhas coletadas no Cambuci, pelas conversas e pelo companheirismo no laboratório.

Ao Paulo César Fernandes (PC) pela ajuda em campo, por todo o suporte no laboratório e pelas boas risadas na copa também.

A todos os amigos do Beelab, obrigada pelo companheirismo e pelas conversas.

Ao Giuliano di Canio pelo desenvolvimento do software que facilitou grandemente minha metodologia.

À Elisa Queiroz pela ajuda no levantamento dos caracteres florais.

Ao Gustavo de Jesus por ajudar com algumas medidas.

À professora Claudia Inês da Silva e à Julia Astegiano por se disponibilizarem a me ajudar, pelas longas conversas das quais obtive ensinamentos e valiosas sugestões.

Aos professores do IB pelas excelentes disciplinas que cursei.

Ao IB e ao Lab. de Abelhas por me receberem e me acolherem super bem.

À secretaria da Pós-Graduação, especialmente à Vera Lima, que sempre está bem humorada e sempre é paciente. Vera muitíssimo obrigada por sempre me ajudar a resolver questões burocráticas e a tirar minhas dúvidas.

Aos queridos amigos que me ajudaram direta ou indiretamente no desenvolvimento do meu trabalho.

À Capes e ao CNPq pela bolsa concedida e por financiarem minha pesquisa.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1	<i>LISTA DE ESPÉCIES</i>	5
2.2	<i>PROCEDIMENTO E MEDIDAS EM OLHOS COMPOSTOS</i>	6
2.3	<i>PROCEDIMENTO E MEDIDAS DE OCELO E DISTÂNCIA INTERTEGULAR</i>	8
2.4	<i>ANÁLISE DOS DADOS</i>	8
2.5	<i>INTERAÇÕES ENTRE PLANTAS E ABELHAS CREPUSCULARES E NOTURNAS</i>	9
3	RESULTADOS	10
3.1	<i>SISTEMA VISUAL</i>	10
3.2	<i>INTERAÇÕES ENTRE PLANTAS E ABELHAS CREPUSCULARES E NOTURNAS</i> ..	19
4	DISCUSSÃO	27
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
6	ANEXOS	40

CAETANO, C. A. **Abelhas crepusculares/noturnas: adaptações morfológicas e interações com plantas**. 2016. 51p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2016.

RESUMO – As abelhas utilizam sinais visuais e olfatórios para encontrar plantas das quais utilizam recursos florais. Algumas abelhas adquiriram hábitos crepuscular ou noturno e forrageiam durante períodos de pouca luminosidade. Algumas espécies de abelhas noturnas são conhecidas por possuírem adaptações morfológicas do sistema visual que lhes permitem o voo noturno, e assim facilitam o encontro de plantas que podem ser utilizadas como recursos. No presente estudo investigamos se espécies crepusculares/noturnas *Megalopta sodalis*, *Megommation insigne* e *Ptiloglossa latealcarata*, que utilizam *Campomanesia phaea* como recurso, e possuem adaptações na morfologia externa do sistema visual. A hipótese principal é que seriam encontrados olhos compostos, omatídeos e ocelos maiores, assim como menor quantidade de omatídeos nos olhos compostos quando comparadas às abelhas diurnas. Para tanto, medimos o comprimento, área e número de omatídeos dos olhos compostos, assim como o diâmetro dos omatídeos e ocelos. A distância intertegular foi medida para ter um controle do tamanho corporal. Além das abelhas crepusculares/noturnas acima citadas, utilizamos as abelhas diurnas *Bombus brasiliensis*, *Bombus morio*, *Melipona bicolor* e *Euglossa cordata* para comparação. Para a medida dos olhos fizemos um molde de esmalte e a partir deste obtivemos imagens que foram analisadas utilizando-se o software ImageJ e Matlab. Para as outras medidas, foram obtidas imagens em estereomicroscópio que foram analisadas com o ImageJ. Utilizamos a análise estatística de permutação para ver se havia diferença entre as abelhas crepusculares/noturnas e diurnas, e correlação de Spearman para ver se a medida estava correlacionada à distância intertegular. Foi realizado um levantamento das espécies com registro de interação com abelhas crepusculares e noturnas e de suas características florais com uma respectiva análise descritiva. As abelhas crepusculares deste estudo possuem o diâmetro dos ocelos e omatídeos maiores e olhos compostos com maior comprimento e área, e menor número de omatídeos. Algumas variáveis estão correlacionadas com a distância intertegular. As flores visitadas por abelhas noturnas possuem em sua maioria cores claras, perfume acentuado e são odoríferas. As abelhas crepusculares/noturnas deste estudo possuem adaptações na morfologia externa, o que lhes permite o voo no período de pouca luminosidade. Algumas espécies de abelhas que forrageiam em período de pouca luminosidade visitaram flores de cores fortes e uma não odorífera, isso pode estar relacionado à capacidade de reconhecer cores em ambientes pouco iluminados. Algumas espécies de abelhas forrageiam durante o dia e a noite, essa plasticidade do comportamento pode ser um caminho pelo qual caracteres vantajosos para esse ambiente sejam selecionados. Para as plantas, ter as abelhas noturnas como polinizadoras pode ser vantajoso. Então plantas que possuem sinais reconhecidos pelas abelhas noturnas podem se beneficiar com a polinização noturna, evitando o desperdício de pólen com as abelhas diurnas. A maioria das abelhas foi generalista na utilização do recurso, mas parece haver preferência por certas espécies de plantas.

Palavras-chave: polinização noturna, forrageamento, olhos compostos, ocelos, abelhas noturnas

CAETANO, C. A. **Crepuscular/nocturnal bees: Morphological adaptations and interactions with plants.** 2016. 51p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2016.

ABSTRACT – The bees use visual cues and olfactory to find plants which own floral resources. Some bees acquired crepuscular or nocturnal habits and foraging during periods of low light. Some nocturnal bees species are recognized to possess morphological adaptations of the visual system that enable them to practice the night flight, and thus facilitate the matching of plants that can be used as resources. In the present study we investigated whether crepuscular/nocturnal species *Megalopta sodalis*, *Megommation insigne* e *Ptiloglossa latecalcarata*, using *Campomanesia phaea* as a resource, have adaptations in the external morphology of the visual system. The main hypothesis was that the eyes were composed of ommatidia and larger ocelli as well as lower amount of ommatidia in the compound eyes when compared to daytime bees. Therefore, we measure the length, the area and number of ommatidia of the compound eye and also the diameter of the ommatidia, ocelli, and intertegular distance to have a control of body size. In addition to the crepuscular/nocturnal bees mentioned above, we used the diurnal bees *Bombus brasiliensis*, *Bombus morio*, *Euglossa cordata*, and *Melipona bicolor* for comparison. For the measurement of eyes, we made a nail polish mold and from this mold was obtained images which were analyzed using ImageJ and Matlab software. For other measures, we obtained images in stereomicroscope that were analyzed only using ImageJ. We use the statistical analysis of permutation to observe if there was any difference between the crepuscular/nocturnal and diurnal bees, and Spearman correlation to see if the measure was correlated with distance intertegular. In addition, we conducted a survey of species interaction with record crepuscular and nocturnal bees and their floral characteristics with a descriptive analysis. The crepuscular bees in this research have larger diameter of ommatidia and ocelli, and larger area and length of compound eyes, and less number of ommatidia per eye. Most of the flowers visited by nocturnal bees have pale color, scent and nocturnal anthesis. Some bee species that forage in low light visit flowers with strong color, and one bee visited flower without scent, this can be related with capability to recognize colors in environments with low light. Some bees forage during day and night, this phenotypic plasticity of behavior can be a way that advantageous characters for this environment are selected. For plants that possess signals recognized by nocturnal and crepuscular bees can be benefited through nocturnal pollination, avoiding daylight bees waste their pollen. The most of bees were generalists in their utilization of flower resource but seems to have preference for some plant species.

Keywords: nocturnal pollination, foraging, compound eyes, ocelli, nocturnal bees

1 INTRODUÇÃO

Interações biológicas são sempre mediadas por sinais visuais, acústicos ou olfatórios (Junker *et al.* 2011). De acordo com a teoria de sinais redundantes a confiabilidade do receptor é aumentada quando estão presentes no emissor mais de um sinal que emite a mesma mensagem (Hebets & Papaj 2005). Alguns experimentos mostraram que as abelhas usam o olfato e a visão para forragear e que estes sinais se complementam e provêm mais informação sobre a identidade floral (Kunze & Gumbert 2001; Kaczorowski *et al.* 2012). Além disso, flores com múltiplos sinais facilitam o aprendizado e posterior reconhecimento pelo polinizador (Hebets & Papaj 2005; Leonard *et al.* 2011). Para o polinizador identificar flores (com recursos) é um benefício, pois aumenta a eficiência no forrageamento (Leonard *et al.* 2011). Portanto os órgãos sensoriais (da visão e olfativo) são importantes na navegação das abelhas durante os voos de forrageamento (em ambientes abertos ou florestais) e localização das flores.

As plantas associadas aos animais com hábitos noturnos (ex. mariposa e morcegos) tendem a ter um conjunto de características florais particulares que ajudam na sinalização percebida pelos visitantes (Baker 1961; Bawa 1990; Raguso 2004). Tais características são: perfumes, odores e fragrâncias (compostos voláteis) que podem viajar longas distâncias e servirem como guias para os visitantes florais (Raguso 2008) e flores de cor branca, creme ou amarela clara (Baker 1961; Bawa 1990), que as tornam mais conspícuas, facilitando sua identificação e localização em períodos pouco iluminados.

Recentemente Cordeiro (2015) estudando a biologia floral de uma Myrtaceae da Mata Atlântica, *Campomanesia phaea* (O.Berg) Landrum, popularmente conhecida como Cambuci, relacionou 44 espécies de abelhas, entre elas 4 espécies crepusculares/noturnas: *Megalopta sodalis*, *Megommation insigne* Smith, 1853, *Ptiloglossa latealcarata* Moure, 1945 e *Zikanapis sebrai* Moure, 1953. Após testes de polinização controlada verificou que as espécies crepusculares/noturnas eram mais eficientes do que todas diurnas (muito frequentes e efetivas na deposição pólen). *Megalopta sodalis* e *Megommation insigne* nem sempre contatam o estigma devido a seu porte médio, mas em todas as ocasiões foram mais eficientes que *Bombus morio*, que sempre contata o estigma (Cordeiro, 2015). As flores do Cambuci abrem entre 4:30 5:00h, antes do nascer do sol, possuem odores voláteis comuns nas angiospermas, emitidos em famílias não relacionadas e são brancas (Knudsen *et al.* 2006).

As abelhas forrageiam e recebem informações múltiplas do ambiente através de seus sistemas sensoriais (Chittka & Thomson 2001). Dentre eles o sistema visual que se constitui por três ocelos e dois olhos compostos (Michener 2007). Olhos compostos são construídos por unidades ópticas individuais chamadas omatídeos (Snyder 1977; Land 1997). Cada omatídeo possui uma lente córnea que foca a luz e a direciona para um ou dois rabdômeros, que por sua vez se caracteriza por ser uma haste com inúmeras células fotorreceptoras, as células da retínula (Praagh 1980). Os olhos compostos nos insetos apresentam diferentes *designs*, podendo ser olhos compostos de aposição ou superposição (Figura 1) (Kirschfeld 1974; Warrant *et al.* 1999; Warrant *et al.* 2004).

Em olhos compostos de aposição (Figura 1a) cada omatídeo é isolado de seu vizinho, sendo assim a luz que entra através de uma única lente atinge um único rabdômero (Warrant 1999). Esta lente possui somente 0,02 mm em *Apis mellifera* (Praagh *et al.* 1980). Devido à pequena abertura das lentes, olhos de aposição tem capacidade limitada de capturar fótons (Warrant 1999). Esta característica limita o uso dos olhos de aposição em ambientes pouco iluminados e assim são olhos tipicamente encontrados em insetos diurnos (Warrant *et al.* 2004).

Olhos de superposição (Figura 1b) possuem um *design* que permite que um único fotorreceptor (rabdômero) presente na retina receba fótons que entram através de centenas e as vezes milhares de lentes córneas (facetos) (Warrant 2008). Olhos compostos de superposição possuem um grande aumento na sensibilidade quando comparado aos olhos de aposição (Warrant 2008) sendo encontrados em mariposas e besouros, e na maioria dos insetos noturnos (Warrant 2004; Warrant 2008). Entretanto as abelhas e vespas que apresentam comportamento noturno possuem olhos de aposição (Warrant *et al.* 2004).

Existe um *trade-off* no investimento em acuidade e sensibilidade em olhos compostos (Greiner 2006). Omatídeos com diâmetros maiores captam mais fótons e tornam os olhos compostos mais sensíveis à luz, porém isso prejudica a acuidade visual, pois aumenta o ângulo interomatidal e torna a visão mais astigmática (Snyder 1977; Land 1997). Uma medida para saber se a espécie investe mais em sensibilidade é o parâmetro do olho, definido como o produto entre o diâmetro da lente e o ângulo interomatidal, sendo que quanto maior o parâmetro ocular, maior a sensibilidade à luz (Snyder 1977; Land 1997). A acuidade visual é a capacidade de distinguir dois pontos próximos, em insetos o ângulo interomatidal global é utilizado como medida da acuidade visual (Snyder 1977). O ângulo interomatidal global é a

média dos ângulos interomatóidais locais (Jander & Jander 2002). Pode ser calculado dado o número de omatóídeos por olho, o arranjo hexagonal das lentes e o campo visual hemisférico coberto por cada olho (Land 1997).

Figura 1. Olhos compostos de aposição (a), olhos compostos de superposição (b). Os caminhos e entradas dos raios paralelos de luz, incidentes na área externa da superfície do olho estão representados pela área sombreada (cinza claro). O rabdômero está listrado de preto. Sendo A o diâmetro da abertura que atinge o rabdoma, f o comprimento focal (em olhos de superposição é medido desde o centro de curvatura do olho, que não está indicado), c é a lente córnea (faceta), cc é cone cristalino, p é o pigmento fotossensível, rh é o rabdômero, zc é a zona clara, l é o comprimento do rabdômero e d o diâmetro do rabdômero (Retirado de Warrant *et al.* 2004).

Os ocelos não têm uma função bem estabelecida, mas é sabido que têm papel importante no controle do voo e na orientação da direção e espaço (Gullan *et al.* 2007). O ocelo tem uma cutícula transparente que recobre células epidérmicas, abaixo está a retina com muitos rabdômeros (Warrant 2006; Gullan *et al.* 2007; Berry *et al.* 2011). A superfície exterior da lente do ocelo é fortemente curvada e seu poder de difração não permite que os raios luminosos entrem de forma paralela no ocelo. Essas duas características da superfície exterior da lente contribuem para que se forme uma imagem bastante distorcida, astigmática (Warrant 2006). Algumas espécies de abelhas noturnas são conhecidas por possuírem ocelos e omatóídeos de algumas regiões do olho composto aumentados quando comparados às abelhas diurnas (e.g. Kerfoot 1967; Jander & Jander 2002; Kelber *et al.* 2006, Warrant 2004; Warrant 2006; Somanathan *et al.* 2008a).

Considerando que *Megalopta sodalis*, *Megommation insigne* e *Ptiloglossa latealcarata* apresentam hábito crepuscular/noturno e voam sob baixa luminosidade (Cordeiro 2015), levantamos a hipótese que essas abelhas possuem adaptações morfológicas no sistema visual, como olhos compostos e ocelos maiores e omatídeos maiores, possibilitando o forrageamento e retorno ao ninho em períodos de baixa luminosidade. Assim, no presente estudo examinamos estes caracteres nas espécies de abelhas crepusculares/noturnas que visitaram o Cambuci, comparando com algumas espécies de abelhas diurnas também visitantes das flores de *Camphomanesia phaea* (Cambuci).

Além disso, investigamos se existe um padrão nas flores visitadas por abelhas noturnas e crepusculares, se as flores a qual estão associadas têm as mesmas características florais das espécies visitadas por outros animais noturnos (morcego e mariposa). Esperamos encontrar flores de cor clara, perfume acentuado e antese noturna.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para comparar a morfologia externa do sistema visual entre abelhas com hábitos diurnos e crepusculares/noturnos consideramos a diferença no tamanho do ocelo central e olho composto esquerdo. Medimos o comprimento e área do olho composto, diâmetro e área dos omatídeos e diâmetro do ocelo.

2.1 Lista de espécies

Com base no estudo de Cordeiro (2015) criamos a lista de abelhas analisadas. Ao total foram sete espécies de abelhas (Tabela 1, Figura 2) obtidas na Coleção Entomológica Paulo Nogueira Neto (CEPANN) no Instituto de Biociências da USP sendo 3 espécies com hábito crepuscular/noturno (Figura 4). No estudo de Cordeiro (2015) a espécie de Euglossini coletada foi *Euglossa anodorhynchi* Nemésio, 2006 substituída no presente estudo por *Euglossa cordata* Linnaeus, 1758, que também ocorre na área desse estudo, e possuem tamanhos equivalentes.

Tabela 1. Espécies de abelhas examinadas no estudo morfológico, hábito e número de espécimes analisados (N).

Espécies	Hábito	N
<i>Bombus (Fervidobombus) brasiliensis</i> Lepeletier, 1836	Diurno	4
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> Swederus, 1787	Diurno	4
<i>Euglossa (Euglossa) cordata</i> Linnaeus, 1758	Diurno	4
<i>Melipona (Eomelipona) bicolor</i> Lepeletier, 1836	Diurno	4
<i>Megalopta sodalis</i> Vachal, 1904	Crepuscular/Noturno	1
<i>Megommation insigne</i> Smith, 1853	Crepuscular/Noturno	2
<i>Ptiloglossa latecalcarata</i> Moure, 1945	Crepuscular/Noturno	4

Figura 2. Imagens das espécies de abelhas utilizadas neste estudo obtidas em esteromicroscópio sob o mesmo aumento (20x). *Bombus morio* (a), *Bombus brasiliensis* (b), *Euglossa cordata* (c), *Melipona bicolor* (d), *Megalopta sodalis* (e), *Megommation insigne* (f) e *Ptiloglossa latecalcarata* (g).

2.2 Procedimento e medidas em olhos compostos

Para as análises morfométricas medimos apenas o olho esquerdo de cada espécime do qual fizemos um molde utilizando esmalte (adaptado de Praah, 1980). Limpamos o olho com um pincel fino e macio para remover qualquer tipo de sujeira, então aplicamos uma camada de esmalte incolor (base) sobre e ao redor do olho. Após um intervalo de aproximadamente 12 horas retiramos o esmalte com o auxílio de um alfinete e pinça. O molde obtido foi colocado sobre uma lâmina e fizemos pequenos cortes com tesoura cirúrgica para que o molde se tornasse plano. Colocamos uma lamínula sobre o molde. Fotografamos os moldes em microscópio com aumento de 25x. A partir da imagem obtida medimos o comprimento (mm) do olho utilizando o software ImageJ. A partir do script desenvolvido por Giuliano Di Canio (doutorando na Universidade de Lund) no software Matlab determinamos: a área (mm) do olho composto, medida em pixels e convertida a milímetros (Figura 3a), a média do diâmetro (μm) dos omatídeos ventrais, do centro e dorsais medidos em uma área equivalente a 30 pixels (Figura 3b) e o número de omatídeos por olho composto (Figura 3c).

Figura 3. Imagens obtidas a partir do molde do olho composto esquerdo de *Ptiloglossa latealcarata*. Área do olho composto (a), áreas usadas para medir os omatídeos ventrais, do centro e dorsais destacadas em vermelho (b), número de omatídeos, sendo que cada omatídeo corresponde a uma circunferência vermelha (c)

2.3 Procedimento e medidas de ocelo e distância intertegular

Obtivemos imagens em esteromicroscópio do ocelo central, e da região intertegular de cada abelha estudada (Figura 4). A distância intertegular foi utilizada como *proxy* do tamanho corporal (Bullock, 1999) (Figura 4). Analisamos as imagens utilizando o software ImageJ.

Figura 4. A linha verde horizontal representa a medida do ocelo central (a) e da distância intertegular (b).

2.4 Análise dos dados

Fizemos as análises entre todas as abelhas crepusculares/noturnas e todas as abelhas diurnas para verificar se ocorre diferença nas variáveis de interesse entre elas. Também fizemos estas análises entre a espécie de abelha noturna *Ptiloglossa latealcarata* e as espécies de abelhas diurnas, não fizemos para *Megalopta sodalis* e *Megommation insigne* devido ao baixo número de amostra. Consideramos como variável de interesse a diferença das médias, na qual a hipótese nula é que não ocorre diferença nas médias e a hipótese alternativa é que ocorre diferença entre as médias. Fizemos a análise não paramétrica de randomização. Randomização é uma análise probabilística em que aleatorizamos os dados 1000 vezes e vemos quantas vezes ocorre o evento encontrado no resultado original. Caso valores iguais ou maiores que o encontrado ocorra em mais de cinco por cento dos casos a hipótese nula é aceita e a hipótese alternativa rejeitada.

Caso valores iguais ou maiores que o encontrado ocorra em menos que 5% dos casos a hipótese nula é rejeitada e aceitamos a hipótese alternativa. Para fazer a randomização utilizamos o software Python. Além disso, fizemos a correlação de Spearman para verificar se as variáveis de interesse para as abelhas estudadas estão correlacionadas com o tamanho corporal, representado pela distância intertegular. Para correlação de Spearman utilizamos o

software Minitab, consideramos como estatisticamente significativos valores de p menores que 0,05.

2.5 Interações entre plantas e abelhas crepusculares e noturnas

Fizemos a revisão sobre a interação das abelhas noturnas e crepusculares com as plantas utilizadas como recurso floral a partir do levantamento de dados na literatura (artigos, teses, relatórios, entre outros), em trabalhos que tratam de inventários faunísticos e florísticos, estudos de caso de polinização, interação, ou mesmo de bionomia das abelhas. A busca foi feita a partir de diversas combinações de palavras-chave, a saber: *nocturnal*, *crepuscular*, *bee*, *Megalopta*, *Megommation*, *Ptiloglossa*, *Zikanapis*, *Sphecodogastra*, *pollination* e *foraging*. Aproveitamos como referência todos dados a respeito de plantas visitadas, ou plantas identificadas no conteúdo polínico da provisão larval, ou do pólen na escopa. A partir dos dados obtidos montamos uma tabela de interação entre espécies de plantas e espécies abelhas crepusculares / noturnas.

Com a lista das espécies de plantas obtidas na revisão da interação com abelhas noturnas e crepusculares realizamos uma nova busca a fim de encontrar características florais: período de antese, presença ou ausência de odor e cor. Neste método há algumas limitações como a ausência de informações na literatura de como foi determinado a presença de ou ausência de odor, não sendo possível saber se foi por comatografia gasosa, sensibilidade humana ou presença de omóforos. Com relação a cor foram determinadas cores claras (rosa claro, verde claro, branca, creme, etc) ou escuras (vermelha, roxa, rosa choque, etc).

Para realizar a busca combinamos as palavras chave *pollination*, *floral biology* e *morphology* com o *nome científico da planta*. Quando não encontramos a cor da flor na literatura buscamos por essa característica no site Discover Life ou *SpeciesLink*. Adicionamos as informações obtidas em uma tabela de características florais, sendo que adicionamos à tabela somente as espécies com as 3 características de interesse. As plantas com somente uma das características de interesse encontrada foram adicionadas a outra tabela. Os dados completos da busca realizada, incluindo todas as interações entre abelhas noturnas ou crepusculares e plantas, local da interação e recurso utilizado pela abelha foram disponibilizadas em anexo.

3 RESULTADOS

3.1 Sistema Visual

Os olhos compostos e ocelos apresentaram diferenças nas medidas da morfologia externa quando comparamos abelhas noturnas e diurnas. Há indícios de que algumas características de interesse variem de acordo com o período de atividade abelha e outras estejam correlacionadas com a distância intertegular. As abelhas crepusculares/noturnas *Megalopta sodalis*, *Megommation insigne* e *Ptiloglossa latecalcarata* possuem as maiores medidas para algumas variáveis como diâmetro dos ocelos e dos omatídeos centrais e ventrais. As medidas do comprimento e área do olho mostraram estar correlacionadas ao tamanho corporal e ao período de forrageamento da abelha.

Os diâmetros dos ocelos das abelhas crepusculares/crepusculares são maiores quando comparados aos das abelhas diurnas ($p < 0,001$). Podemos observar na figura 4 que *Ptiloglossa latecalcarata* possui o diâmetro do ocelo maior do que todas as abelhas analisadas, o segundo maior diâmetro do ocelo é de *Megalopta sodalis* seguido de *Megommation insigne*. *Bombus brasiliensis* e *Bombus morio* têm o diâmetro do ocelo significativamente menor do que *P. latecalcarata* ($p = 0,006$ e $0,015$ respectivamente), o mesmo ocorre para *Euglossa cordata* ($p = 0,006$) e *Melipona bicolor* ($p = 0,015$). *Melipona bicolor* e *E. cordata* possuem os menores diâmetros do ocelo (Tabela 2, Figura 5). Não há indícios de que esta medida tenha correlação com a distância intertegular ($\rho = 0,372$, $p = 0,08$).

Tabela 2. Média e desvio padrão (dp) da distância intertegular (mm) área e comprimento do olho composto (mm) e diâmetro do ocelo (μm), sendo que as abelhas crepusculares/noturnas estão em negrito. DI= distância intertegular, n= número de espécimes utilizados.

Espécie	n	DI (mm $\pm$ dp)	Área do olho (mm $\pm$ dp)	Comprimento do olho (mm $\pm$ dp)	Ocelo (μm $\pm$ dp)
<i>B. brasiliensis</i>	4	4,77 $\pm$ 0,65	4,43 $\pm$ 0,79	3,56 $\pm$ 0,39	302,74 $\pm$ 24,37
<i>B. morio</i>	4	5,59 $\pm$ 0,11	7,00 $\pm$ 2,74	4,38 $\pm$ 0,71	325,36 $\pm$ 35,56
<i>E. cordata</i>	4	3,45 $\pm$ 0,10	4,94 $\pm$ 0,37	3,75 $\pm$ 0,07	279,79 $\pm$ 18,33
<i>M. bicolor</i>	4	2,74 $\pm$ 0,07	2,38 $\pm$ 0,15	2,71 $\pm$ 0,08	280,80 $\pm$ 8,55
<i>M. insigne</i>	2	2,64 $\pm$ 0,44	3,08 $\pm$ 0,09	2,92 $\pm$ 0,05	363,86 $\pm$ 6,69
<i>M. sodalis</i>	1	2,603	3,44	3,39	415,72
<i>P. latecalcarata</i>	4	4,77 $\pm$ 0,23	6,51 $\pm$ 0,23	4,21 $\pm$ 0,07	492,61 $\pm$ 13,87

Figura 5. Relação entre diâmetro do ocelo (μm) e distância intertegral (mm) por espécie de abelha estudada. Sendo os pontos em vermelho referentes às abelhas crepusculares/noturnas e em azul às abelhas diurnas.

Há indícios de que o comprimento e a área do olho tenham correlação com a distância intertegral ($\rho=0,808$, $p<0,001$ e $\rho=0,791$, $p<0,001$ respectivamente). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as abelhas crepusculares/noturnas e diurnas estudadas para comprimento e área do olho ($p=0,33$, $p=0,31$). Porém quando analisamos por espécie, as abelhas crepusculares/noturnas possuem maiores medidas quando comparadas às abelhas diurnas com distância intertegral semelhante. *Bombus morio*, que possui a maior distância intertegral, apresenta a maior medida para comprimento e área do olho. Quando comparada à abelha crepuscular/noturna *Ptiloglossa latecalcarata*, a distância intertegral é maior ($p=0,016$), mas ainda assim o comprimento e área do olho possuem medidas muito próximas entre as duas espécies e não apresentam diferenças estatisticamente significativas ($p=0,46$ e $p=0,44$ respectivamente) (Tabela 2, Figura 6 e 7).

Bombus brasiliensis e *P. latecalcarata* possuem distâncias intertegrales semelhantes ($p=0,47$), no entanto *P. latecalcarata* possui a área do olho 1,46 vezes maior que *B. brasiliensis*, sendo o comprimento e a área maiores em *P. latecalcarata* ($p=0,009$ e $p=0,015$ respectivamente). Quando se compara *Euglossa cordata* com *P. latecalcarata*, esta última possui distância intertegral, comprimento e área do olho maiores ($p=0,013$, $p=0,014$ e $p=0,014$ respectivamente). *P. latecalcarata* possui distância intertegral, comprimento do olho e área do olho maiores do que aqueles encontrados para *Melipona bicolor* ($p=0,012$, $p=0,017$ respectivamente) (Tabela 2, Figura 6 e 7).

Megommation insigne e *Melipona bicolor* possuem distâncias intertegulares bastante semelhantes, assim como o comprimento do olho composto, porém a área dos olhos de *M. insigne* é 1,29 vezes maior do que em *M. bicolor*. Enquanto *Megalopta sodalis* que também apresenta a distância intertegular semelhante possui o comprimento do olho 1,25 e a área 1,44 vezes maior do que em *M. bicolor* (Tabela 2, Figura 6 e 7).

Figura 6. Relação do comprimento do olho composto e distância intertegular por espécie de abelha estudada. Sendo os pontos em vermelho referentes às abelhas crepusculares/noturnas e em azul às abelhas diurnas.

Figura 7. Relação da área do olho composto e distância intertegular por espécie de abelha estudada. Sendo os pontos em vermelho referentes às abelhas crepusculares/noturnas e em azul às abelhas diurnas.

Os diâmetros dos omatídeos ventrais são maiores em abelhas crepusculares/noturnas quando comparadas às abelhas diurnas ($p=0,001$) (Figura 8, Tabela 3). *Ptiloglossa latecalcarata* apresenta a maior medida de diâmetro dos omatídeos ventrais, sendo maior do que em *Bombus brasiliensis* ($p=0,013$), *Bombus morio* ($p=0,012$), *Euglossa cordata* ($p=0,03$) e *Melipona bicolor* ($p=0,011$). Mesmo que as espécies de abelhas diurnas *Bombus* spp. tenham a distância intertegular e a área do olho maiores do que as abelhas crepusculares/noturnas *Megalopta sodalis* e *Megommation insigne*, essas quatro espécies de abelhas apresentam o diâmetro dos omatídeos ventrais com os valores bastante próximos (Figura 8, Tabela 3). *Melipona bicolor* e *Euglossa cordata* possuem os menores diâmetros de omatídeos ventrais e também os menores comprimentos intertegulares. Há indícios de que o diâmetro dos omatídeos ventrais além de variar devido ao período de forrageamento da abelha esteja correlacionado à distância intertegular ($\rho=0,628$, $p=0,001$).

Tabela 3. Médias e desvio padrão (dp) do diâmetro dos omatídeos ventrais, do centro e dorsais por espécie medidos em micrometros (μm), sendo que as abelhas crepusculares/noturnas estão em negrito, n= número de espécimes.

Espécie de abelha	N	Omatídeo ventral ($\mu\text{m} \pm \text{dp}$)	Omatídeo centro ($\mu\text{m} \pm \text{dp}$)	Omatídeo dorsal ($\mu\text{m} \pm \text{dp}$)
<i>B. brasiliensis</i>	4	22,15 $\pm$ 1,41	17,45 $\pm$ 1,85	14,77 $\pm$ 0,63
<i>B. morio</i>	4	23,88 $\pm$ 0,76	20,48 $\pm$ 1,54	15,30 $\pm$ 1,39
<i>E. cordata</i>	4	14,64 $\pm$ 2,30	13,97 $\pm$ 0,84	11,20 $\pm$ 0,51
<i>M. bicolor</i>	4	16,16 $\pm$ 2,06	13,63 $\pm$ 1,38	11,50 $\pm$ 1,53
<i>M. insigne</i>	2	21,02 $\pm$ 0,52	20,55 $\pm$ 2,91	11,62 $\pm$ 3,89
<i>M. sodalis</i>	1	22,26	22,04	17,38
<i>P. latecalcarata</i>	4	27,98 $\pm$ 1,29	20,05 $\pm$ 2,25	15,97 $\pm$ 1,44

A abelha crepuscular/noturna *Megalopta sodalis* possui os maiores diâmetros para omatídeos centrais (Figura 9, Tabela 3) mesmo sendo uma abelha com tamanho corporal menor do que a abelha crepuscular/noturna *Ptiloglossa latecalcarata* e a abelha diurna *Bombus* spp. A abelha crepuscular/noturna *Megamotion insigne* possui essa medida bem próxima à *Ptiloglossa latecalcarata*, que por sua vez não apresentou diferença estatisticamente significativa quando compara às abelhas diurnas *Bombus brasiliensis* ($p=0,58$) e *B. morio* ($p=0,381$). As abelhas diurnas *Euglossa cordata* e *Melipona bicolor*

apresentaram as menores medidas, sendo estatisticamente significativa a diferença quando comparadas à *P. latecalcarata* ($p=0,004$ e $p=0,012$ respectivamente). Há indícios de que o diâmetro dos omatídeos centrais esteja fracamente correlacionado ao tamanho corporal das abelhas analisadas ($p=0,474$, $p=0,022$) e que varie conforme o período de forrageamento da abelha, sendo maior em abelhas crepusculares/noturnas ($p<0,001$).

Figura 8. Relação dos diâmetros dos omatídeos ventrais e distância intertegular por espécie de abelha estudada. Sendo os pontos em vermelho referentes às abelhas crepusculares/noturnas e em azul às abelhas diurnas.

Figura 9. Relação dos diâmetros dos omatídeos centrais e distância intertegular por espécie de abelha estudada. Sendo os pontos em vermelho referentes às abelhas crepusculares/noturnas e em azul às abelhas diurnas.

Megalopta sodalis possui a maior medida para diâmetro dos omatídeos dorsais, tendo praticamente duas vezes o diâmetro das abelhas diurnas de tamanho correspondente (Figura 10, Tabela 3). Em seguida esta medida foi maior em *Ptiloglossa latecalcarata* que não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparada às abelhas diurnas *Bombus brasiliensis* ($p=0,077$) e *B. morio* ($p=0,23$). *Ptiloglossa latecalcarata* tem o diâmetro dos omatídeos dorsais maiores do que *Euglossa cordata* ($p=0,022$) e *Melipona bicolor* ($p=0,013$). *Megommation insigne* têm essa medida bem próxima às abelhas diurnas *M. bicolor* e *E. cordata* (Figura 10, Tabela 3). Os diâmetros dos omatídeos dorsais não tiveram diferença estatisticamente significativa entre as abelhas diurnas e noturnas ($p=0,073$) mas há indícios de que esteja correlacionado à distância intertegular para as espécies de abelhas estudadas ($p=0,499$, $p=0,015$).

Figura 10. Relação dos diâmetros dos omatídeos dorsais e distância intertegular por espécie de abelha estudada. Sendo os pontos em vermelho referentes às abelhas crepusculares/noturnas e em azul às abelhas diurnas.

Houve diferença estatisticamente significativa para o número de omatídeos por olhos compostos entre abelhas crepusculares/noturnas e diurnas, sendo menor em abelhas crepusculares/noturnas ($p=0,033$) (Figura 11, Tabela 4). A abelha crepuscular/noturna *Megalopta sodalis* foi a abelha estudada que possui o menor número de omatídeos, seguida da abelha crepuscular/noturna *Megommation insigne*. A abelha crepuscular/noturna *Ptiloglossa latecalcarata* por sua vez, não apresenta diferença estatisticamente significativa para o número de omatídeos do olho composto quando comparada às abelhas diurnas *Bombus brasiliensis* ($p=0,338$) e *Melipona bicolor* ($p=0,487$). Porém quando comparada à *B. morio* e

E. cordata possui menos omatídeos por olho composto ($p=0,019$ e $p=0,014$ respectivamente). A abelha diurna *Bombus morio* possui a maior quantidade de omatídeo no olho composto, seguida por *E. cordata*. *Euglossa cordata* tem mais que o dobro de omatídeos presentes na abelha crepuscular/noturna *Megalopta sodalis* e praticamente o dobro presente na abelha crepuscular *Megommation insigne* (Tabela 4, Figura 11). Há indícios de que o número de omatídeos esteja correlacionado com a distância intertegular ($p=0,609$, $p=0,002$).

Figura 11. Relação entre o número de omatídeos e a distância intertegular (mm) por espécie de abelha estudada. Sendo os pontos em vermelho referentes às abelhas crepusculares/noturnas e em azul às abelhas diurnas.

Tabela 4. Médias do número de omatídeos e número de omatídeos por área de olho em milímetro por espécie, sendo que as abelhas crepusculares/noturnas estão em negrito. n= número de espécimes.

Espécie de abelha	n	Número omatídeos $\pm$ dp	N omatídeos / área do olho (mm) $\pm$ dp
<i>B. brasiliensis</i>	4	5873,75 $\pm$ 1091,63	1326,55 $\pm$ 90,67
<i>B. morio</i>	4	8056,5 $\pm$ 2482,93	1178,62 $\pm$ 124,38
<i>E. cordata</i>	4	7970,25 $\pm$ 282,07	1619,96 $\pm$ 119,98
<i>M. bicolor</i>	4	4536,25 $\pm$ 122,19	1911,34 $\pm$ 100,43
<i>M. insigne</i>	2	4026,5 $\pm$ 548,01	1309,45 $\pm$ 216,53
<i>M. sodalis</i>	1	3472,00	1008,72
<i>P. latecalcarata</i>	4	6113,5 $\pm$ 78,85	940,34 $\pm$ 25,73

Quando analisamos a quantidade de omatídeos por área de olho, podemos observar que *Ptiloglossa latecalcarata* é a abelha que apresenta essa menor relação (Tabela 4, Figura 12). Seguida de *Megalopta sodalis*, *Bombus* spp. e *Megommation insigne*. As abelhas diurnas *Melipona bicolor* e *Euglossa cordata* apresentam essa relação maior quando comparada às outras abelhas. Houve diferença estatisticamente significativa entre abelhas crepusculares/noturnas e diurnas, sendo o número de omatídeos por área de olho menor em abelhas crepusculares/noturnas ($p < 0,001$). *Ptiloglossa latecalcarata* teve menor número de omatídeos por área de olho quando comparada a *Bombus brasiliensis* ($p = 0,003$), *B. morio* ($p = 0,003$), *Euglossa cordata* ($p = 0,012$) e *Melipona bicolor* ($p = 0,012$). Há indícios de que o número de omatídeos por área de olho composto tenha correlação negativa com a distância intertegular ($p = -0,508$, $p = 0,013$). Se observamos o gráfico da figura 12 podemos notar que o número de omatídeos por área de olho composto entre as abelhas diurnas diminui conforme aumenta a distância intertegular e que o mesmo não ocorre para as abelhas crepusculares/noturnas. Refazendo a correlação de Spearman somente para as abelhas crepusculares/noturnas e depois para as abelhas diurnas encontramos resultados diferentes. As abelhas diurnas possuem uma forte correlação negativa entre a quantidade de omatídeos por área de olho composto e a distância intertegular ($\rho = -1$, $p < 0,001$) enquanto entre as abelhas noturnas não há indícios de que estas duas variáveis estejam correlacionadas ($\rho = -0,5$, $p = 0,667$).

Figura 12. Relação entre o número de omatídeos por área de olho composto (mm) por espécie de abelha estudada. Sendo os pontos em vermelho referentes às abelhas noturnas e em azul às abelhas diurnas.

A abelha com hábito crepuscular/noturno *Megalopta sodalis* possui as maiores medidas para diâmetro dos ocelos centrais e dorsais e também possui a menor quantidade de omatídeos no olho composto esquerdo. Enquanto *Ptiloglossa latealcarata* possui as maiores medidas para diâmetro do ocelo e dos omatídeos ventrais e a menor quantidade de omatídeos por área de olho composto. Das abelhas crepusculares/noturnas *Megammotion insigne* possui a menor área de olho e também a menor distância intertegular, porém esta última medida é bem próxima àquela apresentada por *M. sodalis*. *Megommation insigne* possui os menores omatídeos ventrais e apesar de possuir a menor quantidade de omatídeos no olho composto, entre as noturnas é a que mais possui omatídeos por área de olho, valores bem próximos às abelhas diurnas *Bombus spp*, que possuem aproximadamente o dobro de sua distância intertegular. O diâmetro dos omatídeos centrais de *M. insigne* têm valor intermediário ao das demais abelhas crepusculares/noturnas deste estudo, o seu ocelo apresenta o menor diâmetro, mas ainda assim maior do que os pertencentes às abelhas diurnas, mesmo que essas tenham distâncias intertegulares expressivamente maiores.

3.2 Interações entre plantas e abelhas noturnas e crepusculares

Foram encontrados 106 registros de interações entre espécies de abelhas noturnas e crepusculares, e espécies de plantas, sendo 28 espécies de abelhas pertencentes a quatro famílias: Andrenidae (2), Apidae (5), Coletidae (9) e Halictidae (12) que visitaram 68 espécies de plantas distribuídas em 24 famílias (Tabela 5). Dos registros encontrados na literatura somente as abelhas pertencentes ao gênero *Sphecodogastra* interagiu com somente uma família de plantas, Onagraceae, enquanto as demais interagiram com 3 ou mais famílias (Tabela 5).

Os três caracteres florais foram encontrados somente para 27 espécies de plantas. Todas as flores possuem antese noturna ou crepuscular, das 27 espécies 26 são odoríferas e de cor clara (Tabela 6). Somente *Bombax ceiba* não possui duas das características esperadas, sua flor é vermelha e não odorífera, mas possui antese noturna. *Oroxylum indicum* possui flor branca internamente, porém vermelha externamente, é odorífera e possui antese noturna. Estas duas espécies de plantas são visitadas pela abelha noturna *Xylocopa tranquebarica*. Portanto 100% das flores possuem antese noturna (77,77%) ou crepuscular (33,33%), 92,6% possuem cores claras e 3,70% não é odorífera. Das flores analisadas 92,6% possuem conjuntamente antese noturna ou crepuscular, cores claras e são odoríferas e são visitadas por 90% das abelhas registradas para estas plantas.

Tabela 5. Interação entre espécies de abelhas crepusculares e noturnas e espécies de plantas. C é o código da abelha.

C	Espécies de abelhas	Família de plantas	Espécies de plantas
Andrenidae			
1	<i>Caupolicana ocellata</i> Michener, 1966	Fabaceae	<i>Psorothamnus scoparius</i> A.Gray (A.Gray) Rydb.
2	<i>Caupolicana yarrowi</i> Cresson, 1875	Solanaceae Zygophyllaceae	<i>Datura innoxia</i> DC. ex Dunal Mill. <i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville
Apidae			
3	<i>Apis dorsata</i> Fabricius, 1793	Combretaceae Lythraceae Oleaceae	<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb. <i>Lagerstroemia parviflora</i> Roxb. <i>Olea dioica</i> Roxb.
4	<i>Bombus (Fervidobombus) pennsylvanicus</i> De Geer, 1773	Fabaceae	<i>Psorothamnus scoparius</i> A.Gray (A.Gray) Rydb.
5	<i>Martinapis (Martinapis) luteicornis</i> Cockerell, 1896		
6	<i>Xylocopa (Nyctomelitta) tranquebarica</i> (f) Fabricius, 1804	Anacardiaceae Bignoniaceae Malvaceae Sonneratiaceae Ulmaceae	<i>Spondias pinnata</i> (L. f.) Kurz <i>Oroxylum indicum</i> (L.) Kurz <i>Bombax ceiba</i> L. <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. <i>Duabanga grandiflora</i> (DC.) Walp. <i>Trema orientalis</i> (L.) Blume
7	<i>Xylocopa tenuicapa</i> Westwood, 1840	Bignoniaceae	<i>Heterophragma quadriloculare</i> (Roxb.) K.Schum.
Coletidae			
8	<i>Ptiloglossa arizonensis</i> Timberlake, 1946	Cucurbitaceae Fabaceae Sapindaceae Solanaceae Zygophyllaceae	<i>Cucurbita foetidissima</i> Kunth <i>Calliandra schottii</i> Torr. ex S. Watson <i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. <i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville
9	<i>Ptiloglossa cf. pretiosa</i> Friese, H. 1898	Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba</i> Jacq.
10	<i>Ptiloglossa dubia</i> Moure, 1945	Passifloraceae Melastomataceae	<i>Passiflora pohlii</i> Mast. <i>Cambessedesia wurdackii</i> A.B. Martins
11	<i>Ptiloglossa goffergei</i> Moure, 1953	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.
12	<i>Ptiloglossa jonesi</i> Timberlake, 1946	Cucurbitaceae Solanaceae	<i>Cucurbita foetidissima</i> Kunth <i>Datura innoxia</i> Mill. <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.
13	<i>Ptiloglossa latecalcarata</i> Moure, 1945	Passifloraceae Myrtaceae	<i>Passiflora pohlii</i> Mast. <i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum

Tabela 5. Interação entre espécies de abelhas crepusculares e noturnas e espécies de plantas. C é o código da abelha (continuação).

Espécies de abelhas		Família de plantas	Espécies de plantas
14	<i>Ptiloglossa pretiosa</i> Friese, 1898		<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.
15	<i>Ptiloglossa styphlaspis</i> Moure 1945	Passifloraceae	<i>Passiflora pohlii</i> Mast.
16	<i>Zikanapis seabrai</i> Moure, 1953	Myrtaceae	<i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg
Halictidae			
17	<i>Megalopta aeneicollis</i> Friese, 1926	Sapindaceae	<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke
18	<i>Megalopta amoena</i> Spinola, 1853	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L. <i>Spondias mombin</i> L.
		Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire <i>et al.</i>
		Arecaceae	<i>Bactris major</i> Jacq.
		Euphobiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.
		Hypericaceae	<i>Vismia macrophylla</i> Kunth
		Malvaceae	<i>Cavanillesia platanifolia</i> (Humb. & Bonpl.) Kunth <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb. <i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand <i>Quararibea asterolepis</i> Pittier
		Marantaceae	<i>Calathea crotalifera</i> S.Watson
		Myrtaceae	<i>Calycolpus moritzianus</i> McVaugh (O.Berg) Burret
		Passifloraceae	<i>Passiflora auriculata</i> Kunth
		Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.
		Solanaceae	<i>Solanum torvum</i> Sw.
19	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo, 1916	Euphobiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.
		Hypericaceae	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana <i>Vismia macrophylla</i> Kunth
		Lecythidaceae	<i>Gustavia augusta</i> L.
		Malvaceae	<i>Cavanillesia platanifolia</i> (Humb. & Bonpl.) Kunth <i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand <i>Quararibea asterolepis</i> Pittier <i>Calycolpus moritzianus</i> McVaugh (O.Berg) Burret
		Myrtaceae	
		Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.
		Arecaceae	<i>Bactris major</i> Jacq.
		Passifloraceae	<i>Passiflora auriculata</i> Kunth
		Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.
		Malvaceae	<i>Pachira quinata</i> (Jacq.) W.S. Alverson <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.

Tabela 5. Interação entre espécies de abelhas crepusculares e noturnas e espécies de plantas. C é o código da abelha (continuação).

Espécies de abelhas		Família de plantas	Espécies de plantas
20	<i>Megalopta sodalis</i> Vachal, J. 1904	Melastomataceae	<i>Cambessedesia wurdackii</i> A.B. Martins
21	<i>Megommation insigne</i> Smith, 1853	Myrtaceae	<i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum
		Asteraceae	<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.
		Melastomataceae	<i>Leandra carassana</i> (DC.) Cogn.
			<i>Miconia cinerascens</i> Miq.
		Myrtaceae	<i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum
		Rubiaceae	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.
22	<i>Sphecodogastra aberrans</i> Crawford 1903	Onagraceae	<i>Camissonia tanacetifolia</i> (Torr. & A.Gray) P.H.Raven
			<i>Clarkia pulchella</i> Pursh
			<i>Oenothera elata</i> Kunth
			<i>Oenothera villosa</i> Thunb.
23	<i>Sphecodogastra antiochensis</i> McGinley, 2003		<i>Oenothera deltoides</i> Torr. & Frém.
24	<i>Sphecodogastra danforthi</i> McGinley 2003		<i>Calylopohus hartwegii</i> (Benth.) Raven
25	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872		<i>Chylismia claviformis</i> (Torr. & Frém.) A.Heller
			<i>Gaura coccinea</i> Nutt. ex Pursh
			<i>Gaura suffulta</i> Engelm.
			<i>Oenothera albicaulis</i> Pursh
			<i>Oenothera caespitosa</i> Gillies ex Hook. & Arn.
			<i>Oenothera deltoides</i> Torr. & Frém.
			<i>Oenothera grandis</i>
			<i>Oenothera latifolia</i> (Rydb.) Munz
			<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.
			<i>Oenothera pallida</i> Lindl
26	<i>Sphecodogastra noctivaga</i> Linsley & MacSwain, 1962		<i>Calylopohus hartwegii</i> (Benth.) Raven
			<i>Gaura villosa</i> Torr.
			<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.
27	<i>Sphecodogastra oenotherae</i> Stevens, 1920		<i>Oenothera biennis</i> L.
			<i>Oenothera fruticosa</i> L.
			<i>Oenothera laciniata</i> Hill
			<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.
			<i>Oenothera pilosella</i> Raf.
28	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872		<i>Oenothera drummondii</i> Hook.
			<i>Oenothera engelmannii</i> (Small) Munz
			<i>Oenothera laciniata</i> Hill
			<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.
			<i>Oenothera nuttallii</i> Sweet
			<i>Oenothera pallida</i> Lindl
			<i>Oenothera rhombipetala</i> Nutt. ex Torr. & A. Gray
			<i>Oenothera villosa</i> Thunb.

Tabela 6. Características florais das espécies de plantas visitadas por abelhas crepusculares e noturnas, S indica presença e N ausência de odor. C é o código da abelha.

Nome científico	Cor da flor	Antese	Odor	C
Anacardiaceae				
<i>Spondias mombin</i>	Branca	Crepuscular	S	18, 11
Bignoniaceae				
<i>Heterophragma quadriloculare</i>	Branca	Noturna	S	7
<i>Oroxylum indicum</i>	Vermelho pupura externamente, Branca internamente	Noturna	S	6
Malvaceae				
<i>Bombax ceiba</i>	Vermelha	Noturna	N	6
<i>Ceiba pentandra</i>	Branca	Noturna	S	6, 19
Melastomaceae				
<i>Cambessedesia wurdackii</i>	Amarela	Noturna	S	11, 20
Myrtaceae				
<i>Campomanesia phaea</i>	Branca	Crepuscular	S	14, 16, 20, 21
Onagraceae				
<i>Oenothera albicaulis</i>	Branca	Crepuscular	S	25
<i>Oenothera biennis</i>	Amarela	Crepuscular	S	27
<i>Oenothera caespitosa</i>	Branca	Crepuscular	S	25
<i>Oenothera deltoides</i>	Branca	Crepuscular	S	23, 25
<i>Oenothera drummondii</i>	Amarela	Crepuscular	S	28
<i>Oenothera elata</i>	Amarela	Crepuscular	S	22
<i>Oenothera engelmannii</i>	Amarela	Crepuscular	S	28
<i>Oenothera fruticosa</i>	Amarela	Crepuscular	S	27
<i>Oenothera grandis</i>	Amarela ou branca rosacea	Crepuscular	S	25
<i>Oenothera laciniata</i>	Amarela	Crepuscular	S	27, 28
<i>Oenothera latifolia</i>	Amarela	Crepuscular	S	25
<i>Oenothera macrocarpa</i>	Amarela	Crepuscular	S	25, 26, 27, 28
<i>Oenothera nuttallii</i>	Amarela	Crepuscular	S	
<i>Oenothera pallida</i>	Branca	Crepuscular	S	25, 28
<i>Oenothera pilosella</i>	Amarela	Crepuscular	S	27
<i>Oenothera rhombipetala</i>	Amarela	Crepuscular	S	28
<i>Oenothera villosa</i>	Amarela	Crepuscular	S	22, 28
Passifloraceae				
<i>Passiflora pohlii</i>	Branca	Crepuscular	S	10, 13, 15
Sapindaceae				
<i>Paullinia cupana var. sorbilis</i>	Branca	Noturna	S	17
Solanaceae				
<i>Datura innoxia</i>	Branca	Crepuscular	S	2, 13

Quando adicionamos à tabela as flores com somente uma característica encontrada podemos observar que além de *Xylocopa tranquebarica* algumas espécies de abelhas com hábito noturno ou crepuscular interagiram com flores de cor forte. As abelhas facultativa-crepuscular *Bombus pennsylvanicus*, *Caupolicana ocellata* e a abelha crepuscular *Martinapis luteicornis* interagiram com *Psorothamnus scoparius* que possui flor roxa. As abelhas noturnas *Megalocta amoena* e *Megalocta genalis* visitaram *Hura creptans* que possui flor vermelha e *Mangifera indica* que possui antese diurna. *Clarkia pulchella* também apresentou antese diurna sendo *Sphecodogastra aberrans* a abelha crepuscular com registro de interação (Tabela 7).

Encontramos registros de cor da flor para 61 espécies de plantas, sendo que destas 56 possuem cores claras (91,80%) e 5 possuem cores fortes (8,20%). Para antese foram encontrados 31 registros, sendo 24 (77,41%) flores com antese crepuscular, 2 (6,45%) com antese diurna e 5 (16,12%) com antese noturna. Para presença ou ausência de odor encontramos 28 registros na literatura, sendo 27 (96,43%) plantas odoríferas e 1 (3,57%) não odorífera.

Além das abelhas citadas na tabela anterior *Sphecodogastra aberrans* interagiu com *Clarkia pulchella* que possui antese diurna, e além disso possui flor roxa. *Caupolicana ocellata*, *Bombus (Fervidobombus) pennsylvanicus*, *Martinapis (Martinapis) luteicornis*, *Megalocta genalis*, *Megalocta amoena*, *Xylocopa tranquebarica* e *Sphecodogastra aberrans* forragearam em flores com cores fortes. São 7 das 25 espécies de abelha para este registro, que representam 28% da amostra.

Tabela 7. Características florais das espécies de plantas visitadas por abelhas crepusculares e noturnas, **S** indica presença e **N** ausência de odor e * indica que a característica não foi encontrada na literatura.

Nome científico	Cor da flor	Antese	Odor	C
Anacardiaceae				
<i>Mangifera indica</i>	Branca	Diurna	*	18, 19
<i>Spondias mombin</i>	Branca	*	S	18, 11
Araliaceae				
<i>Schefflera morototoni</i>	Verde clara	*	*	18
Arecaceae				
<i>Bactris major</i>	Creme	*	*	18, 19
Asteraceae				
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	Lilás	*	*	21
Bignoniaceae				
<i>Heterophragma quadriloculare</i>	Branca	Noturna	S	6
<i>Oroxylum indicum</i>	Vermelha externamente e branca internamente	Noturna	S	6
Combretaceae				
<i>Terminalia bellirica</i>	Amarelo esverdeada	*	*	3
Cucurbitaceae				
<i>Cucurbita foetidissima</i>	Amarela	*	*	8, 12
Euphobiaceae				
<i>Hura crepitans</i>	Vermelha	*	*	18, 19
Fabaceae				
<i>Psoralea scoparius</i>	Roxa	*	*	1, 4, 5
Hypericaceae				
<i>Vismia baccifera</i>	Amarela	*	*	18
<i>Vismia macrophylla</i>	Branca	*	*	18, 19
Lecythidaceae				
<i>Gustavia augusta</i>	Rosa	*	*	19
Malvaceae				
<i>Pachira quinata</i>	Branca	Crepuscular	*	19
Malvaceae				
<i>Bombax ceiba</i>	Vermelha	Noturna	N	6
<i>Cavanillesia platanifolia</i>	Rosa com filamentos creme	*	*	18, 19
<i>Ceiba pentandra</i>	Branca	Noturna	S	5, 19
<i>Ochroma pyramidale</i>	Creme	*	*	18, 19
<i>Pseudobombax septenatum</i>	Rosa	*	*	18, 19
<i>Quararibea asterolepis</i>	Creme	*	*	18, 19
Marantaceae				
<i>Calathea crotalifera</i>	Creme	*	*	18
Melastomataceae				
<i>Cambessedes wurdackii</i>	Amarela	Crepuscular	S	11, 21
<i>Leandra carassana</i>	Branca	*	*	21
<i>Miconia cinerascens</i>	Branca	*	*	21

Tabela 7. Características florais das espécies de plantas visitadas por abelhas crepusculares e noturnas, **S** indica presença e **N** ausência de odor e * indica que a característica não foi encontrada na literatura (continuação).

Nome científico	Cor da flor	Antese	Odor	C
Myrtaceae				
<i>Campomanesia phaea</i>	Branca	Crepuscular	S	13, 16, 20, 21
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Branca	*	S	16
<i>Myrcia pubipetala</i>	Branca	*	*	14
<i>Calycolpus moritzianus</i>	Branca	*	*	18, 19
Onagraceae				
<i>Chylismia claviformis</i>	Amarela	Crepuscular	*	25
<i>Camissonia tanacetifolia</i>	Amarela	*	*	22
<i>Clarkia pulchella</i>	Roxa	Diurna	*	22
<i>Gaura coccinea</i>	Branca	Crepuscular	*	25
<i>Gaura villosa</i>	Branca	Crepuscular	*	26
<i>Gaura suffulta</i>	Branca	Crepuscular	*	25
<i>Oenothera albicaulis</i>	Branca	Crepuscular	S	25
<i>Oenothera biennis</i>	Amarela	Crepuscular	S	27
<i>Oenothera caespitosa</i>	Branca	Crepuscular	S	25
<i>Oenothera deltoides</i>	Branca	Crepuscular	S	23, 25
<i>Oenothera drummondii</i>	Amarela	Crepuscular	S	28
<i>Oenothera elata</i>	Amarela	Crepuscular	S	22
<i>Oenothera engelmannii</i>	Branca	Crepuscular	S	28
<i>Oenothera fruticosa</i>	Amarela	Crepuscular	S	27
<i>Oenothera grandis</i>	Amarela ou branca rosacea	Crepuscular	S	25
<i>Oenothera laciniata</i>	Amarela	Crepuscular	S	27, 28
<i>Oenothera latifolia</i>	Amarela	Crepuscular	S	25
<i>Oenothera macrocarpa</i>	Amarela	Crepuscular	S	25, 26, 27, 28
<i>Oenothera nuttallii</i>	Branca	Crepuscular	S	28
<i>Oenothera pallida</i>	Branca	Crepuscular	S	25, 28
<i>Oenothera pilosella</i>	Amarela	Crepuscular	S	27
<i>Oenothera rhombipetala</i>	Amarela	Crepuscular	S	28
<i>Oenothera villosa</i>	Amarela	Crepuscular	S	22, 28
Passifloraceae				
<i>Passiflora auriculata</i>	Branca	*	*	18, 19
<i>Passiflora pohlii</i>	Branca	Crepuscular	S	10, 13, 15
Rubiaceae				
<i>Genipa americana</i>	Amarela	*	*	18, 19
<i>Psychotria vellosiana</i>	Branca	*	*	21
Sapindaceae				
<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i>	Branca	Noturna	S	17
Solanaceae				
<i>Datura innoxia</i>	Branca esverdeada	Crepuscular	S	2, 13
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Roxa ou branca	*	*	8, 12
<i>Solanum torvum</i>	Branca	*	*	18
Sonneratiaceae				
<i>Duabanga grandiflora</i>	Branca	*	*	6
Zygophyllaceae				
<i>Larrea tridentata</i>	Amarela	*	*	8, 2

4 DISCUSSÃO

As abelhas crepusculares / noturnas *Ptiloglossa latecalcarata*, *Megalopta sodalis* e *Megommation insigne* apresentaram adaptações morfológicas no sistema visual que favorecem o voo em períodos de pouca luminosidade. Entre as adaptações observadas estão ocelos maiores, omatídeos ventrais e centrais maiores e maior investimento em sensibilidade que se traduz em menos omatídeos nos olhos compostos. Observamos que os tamanhos das estruturas do sistema visual estão relacionados ao tamanho corporal e ao hábito de forrageamento. A não ser o ocelo, que só está relacionado ao período de forrageamento da abelha, mas não ao tamanho.

O tamanho dos omatídeos centrais é maior nas abelhas com hábito crepuscular / noturno *Megalopta sodalis* e *Megommation insigne*, apesar destas abelhas terem tamanho corporal menor do que *Ptiloglossa latecalcarata*. E o tamanho dos omatídeos dorsais em *M. sodalis* é maior do que em todas as outras abelhas e expressivamente maior do que em *Megommation insigne*, que possui tamanho corporal correspondente e também é crepuscular / noturna. *Ptiloglossa latecalcarata* apresenta os omatídeos ventrais maiores do que as demais abelhas deste estudo. A quantidade de omatídeos presentes no olho composto é menor em abelhas crepusculares / noturnas, sendo que a menor quantidade de omatídeos por área de olho foi da abelha crepuscular / noturna *Ptiloglossa latecalcarata*. Isto deve ocorrer devido a esta espécie ter o olho composto maior do que as demais abelhas com hábito crepuscular / noturno, o que favorece um maior investimento em sensibilidade. Quando o tamanho do omatídeo aumenta, aumenta-se também o ângulo interomatidal e consequentemente o ângulo interomatidal global (Land 1992). Em olhos compostos grandes o ângulo interomatidal não será tão afetado quanto em olhos compostos menores, portanto o prejuízo na resolução provenientes de omatídeos maiores é atenuada em olhos compostos maiores (Snyder, 1977; Land 1992).

Alguns autores sugerem que o hábito noturno ou crepuscular ocorre somente em abelhas de tamanho corporal médio ou grande, pois tamanhos menores de abelha não comportariam olhos com o tamanho que tornassem viáveis as adaptações morfológicas necessárias para a visão noturna (Wcislo & Tierney 2009). Não se encontra na literatura nenhum registro de abelhas crepusculares ou noturnas de tamanho pequeno (Anexo 3). O tamanho do olho composto está bastante relacionado ao tamanho corporal das abelhas analisadas neste estudo. Os autores a seguir encontraram resultados semelhantes aos nossos.

Jander & Jander (2002) fizeram um estudo sobre alometria dos olhos em relação ao tamanho corporal (comprimento cabeça - tórax) com 15 espécies de abelhas, sendo que três delas noturnas. As abelhas analisadas eram fêmeas coletoras de pólen, noturnas ou diurnas, provenientes de regiões temperadas ou tropicais com tamanho do corpo, ecologia e história evolutiva diferente e pertenciam aos dois grupos de abelhas de língua curta e longa. As abelhas noturnas apresentaram a superfície dos olhos 1,8 vezes maiores do que o predito para abelhas diurnas. Jander & Jander (2002) verificaram também que o número de omatídeos por olho composto varia numa graduação ajustada ao tamanho do corpo, tanto para abelhas diurnas quanto para abelhas noturnas. O tamanho das facetas dos olhos compostos das abelhas analisadas eram maiores no centro e menores próximo às bordas dorsais. As facetas dos olhos das noturnas / crepusculares eram 1,35 vezes maiores do que nas abelhas diurnas. Os resultados encontrados por Jander & Jander (2002) para o parâmetro ocular foram maiores para as abelhas noturnas com relação às diurnas.

Kelber *et al* (2006) utilizaram 18 espécies de abelhas pertencentes as famílias Andrenidae, Augochlorini e Halictini (Halictidae) para análise do tamanho dos olhos compostos, dos omatídeos da região ventral, dos ocelos e tamanho do corpo. Entre as abelhas analisadas 7 eram noturnas. Encontraram resultados semelhantes aos de Jander & Jander (2002). As abelhas noturnas apresentaram os maiores ocelos (duas vezes maiores do que em diurnas), olhos compostos pouco maiores e omatídeos maiores com relação ao tamanho do corpo, sendo que o número de omatídeos nas abelhas noturnas aumentou com o tamanho do corpo (Kelber *et al.* 2006). Diferente do presente estudo, o tamanho dos ocelos nas abelhas noturnas do estudo de Kelber *et al.* (2006) eram relativamente constante e praticamente não variou de acordo com o tamanho do corpo, já em abelhas diurnas estas duas medidas correlacionavam-se.

Recentemente estudos têm avançado na compreensão da função do ocelo no sistema visual de abelhas noturnas (e.g. Berry *et al.* 2007a; Warrant *et al.* 2006a) e em outros insetos (Stange *et al.* 2002; Berry *et al.* 2007b; Warrant *et al.* 2006a). Até pouco tempo atrás acreditava-se que os ocelos eram apenas sensores de intensidade luminosa, mas recentemente Stange *et al.* (2002) descreveu o ocelo médio de libélulas como capazes de detectar a posição do horizonte e de torna-lo visível. Warrant *et al.* (2006) fez um estudo comparativo entre duas espécies de vespas, uma noturna e outra diurna, e a abelha noturna *Megalopta genalis*. O ocelo central das duas espécies de vespas parece ter resolução espacial grosseira. Enquanto o ocelo médio da abelha noturna *Megalopta genalis* funciona mais como um detector de

luminosidade, forma uma imagem bastante desfocada, pois possui a lente bastante curvada e rabdomeros compactados e fracamente organizados. Isto indica que assim como nos olhos compostos a resolução é sacrificada em favor da sensibilidade (Warrant *et al.* 2006a).

Warrant *et al.* (2006a) constataram que a morfologia do ocelo da vespa noturna está mais relacionada com a morfologia do ocelo médio da vespa diurna do que com da abelha noturna *Megalopta genalis*. No entanto as duas espécies noturnas possuem o campo de visão dos ocelos bastante dorsal (Warrant *et al.* 2006a). A vespa diurna assim como as libélulas do estudo de Stange (2002) possuem o campo de visão mais voltado para o horizonte. Warrant *et al.* (2006a) sugerem que *Megalopta genalis* e a vespa noturna possuem campo de visão do ocelo voltado para a região dorsal, pois assim estariam aptas a perceberem o padrão espacial das manchas no dossel e a utilizarem a luz polarizada que penetra nessas manchas como guias durante o voo. No caso de *Megalopta genalis* que não possui poder de resolução do ocelo, esta habilidade de identificar os padrões no dossel seria feita pela parte dorsal dos olhos compostos, que possuem poder de resolução o suficiente para esta tarefa (Warrant *et al.* 2006a).

Os estudos disponíveis sobre adaptações da morfologia interna do sistema visual foram feitos utilizando-se a espécie de abelha noturna *Megalopta genalis*. Seus olhos compostos absorvem 28 vezes mais fótons por um determinado tempo sob a mesma intensidade luminosa do que a abelha diurna *Apis mellifera* (Warrant *et al.* 2004). *Megalopta genalis* possui os rabdomeros maiores quando comparados ao da abelha diurna *Lasioglossum leucozonium* (Warrant, 2008). Assim como os ocelos possuem adaptações na morfologia interna que aumenta a sensibilidade em detrimento da resolução (Greiner *et al.* 2006). A abelha noturna *Megalopta genalis* também possui adaptações neurofisiológicas que configuram para uma maior sensibilidade dos olhos compostos e contribuem para tornar possível o voo em ambientes com baixa incidência de luz (Theobald 2006, 2007).

Algumas espécies de abelhas forrageiam tanto em horas claras do dia quanto durante o crepúsculo. No levantamento feito no presente estudo as abelhas *Xylocopa tenouiscapa* (Somanathan & Borges 2001; Somanathan *et al.* 2008a), *Bombus pensylcanicus* (Lynslei & Cazier 1970) e *Caupoliana yarrowi* (Lynslei & Cazier 1970, Rozen & Rozen 1986) são abelhas diurnas facultativa-crepusculares. Além das espécies anteriormente descritas *Apis dorsata* é uma espécie que forrageia durante o dia e durante a noite quando a Lua está presente (Dyer 1985). Segundo Weislo & Tierney (2009) abelhas facultativas crepusculares

não apresentam adaptações morfológicas no sistema visual que lhes permitam o voo noturno. A não ser *Apis dorsata* que possui o ocelo um pouco mais alargado que sua correspondente diurna *Apis laboriosa* Smith (Maa 1953; Sakagami, Matsumura & Ito 1980 apud Wcislo & Tierney 2009), mas ainda assim um aumento não tão expressivo quanto em abelhas crepusculares e noturnas (Wcislo & Tierney 2009).

Caupolicana ocellata, *Bombus* (*Fervidobombus*) *pennsylvanicus*, *Martinapis* (*Martinapis*) *luteicornis*, *Megalopta genalis*, *Megalopta amoena*, *Sphecodogastra aberrans* e *Xylocopa tranquebarica* forragearam em flores com cores fortes, diferente do predito para outros visitantes noturnos (mariposas e morcegos). Isto pode se dar ao fato destas abelhas possuírem alguma adaptação que lhes permite distinguir cores no escuro. A habilidade de distinguir cores em ambientes com baixa incidência luminosa foi descrita para *Xylocopa tranquebarica* por Somanathan *et al.* (2008b). No experimento realizado os autores colocaram marcas coloridas e marcas com maior reflexão de luz próximas ao ninho. Ao invés das abelhas utilizarem as marcas com maior reflexão elas usavam as marcas coloridas para encontro do ninho. Este foi o primeiro registro de distinção de cores para olhos de aposição (Somanathan *et al.* 2008b). *Xylocopa tranquebarica* também utilizou pólen para aprovisionamento de seu ninho uma espécie de planta que além de ter cor forte não é odorífera (Burgett *et al.* 2005). O que pode ser mais um indicativo de que esta abelha reconhece cores durante as horas de baixa incidência luminosa, pois pôde encontrar a flor mesmo na ausência de seu perfume.

A plasticidade fenotípica em algumas espécies pode ser um caminho para que ocorra evolução de caracteres (West-Eberhard 1989). Wcislo & Tierney (2009) sugere que abelhas diurnas com comportamento facultativo-crepuscular ou abelhas crepusculares com comportamento facultativo-noturno podem abrir espaço para que haja a seleção de caracteres para a ocupação de um novo nicho. As abelhas com comportamento estritamente crepuscular estão presentes em sua maioria nos trópicos (Anexo 3). Isto pode ser devido ao fato de que em temperaturas mais baixas como na zona temperada as abelhas não resistiriam ao frio durante a noite e o crepúsculo. Shelly *et al.* (1993) observaram que a temperatura é um fator limitante para o forrageamento durante as horas de pouca intensidade luminosa, período do dia que coincide com menores temperaturas.

Kerfoot (1967) e Kelber (2006) sugerem que as abelhas que adquiriram hábito noturno e crepuscular têm como vantagem maior quantidade de recursos florais disponíveis.

Como as abelhas crepusculares e noturnas forrageiam nas primeiras horas do dia haveria mais recursos florais disponíveis e menor competitividade, pois a maioria das espécies de abelhas está ativa durante o dia (Kerffot 1967; Kelber *et al.* 2006). A revisão das plantas associadas mostrou que a maioria das abelhas crepusculares / noturnas interage com plantas com antese noturna ou crepuscular. No entanto nesta revisão da literatura não foi encontrado nenhum estudo que avaliou a quantidade de pólen e/ou néctar disponível nas flores antes e depois da chegada das abelhas crepusculares/noturnas.

As espécies *Megalopta amoena* e *Ptiloglossa goffergei* são os primeiros visitantes de *Spondia mobin*, em seguida outras espécies de abelhas diurnas passam a forragear nesta planta (Carneiro & Martins 2012). *Passiflora pohlli* possui antese noturna e tem como polinizadores três espécies pertencentes ao gênero *Ptiloglossa* apesar de receber visitas de outras espécies de abelha (Faria & Stehmann 2010). O período de antese de *Paullinia cupana* inicia às 2:00h, e seus primeiros visitantes são abelhas noturnas pertencentes aos gêneros *Ptiloglossa* e *Megalopta* (Krug *et al.* 2015). O mesmo ocorre para *Campomanesia phaea* sendo que neste trabalho Cordeiro (2015) verificou que o pólen fica disponível na flor desde o momento da antese, até o fim da manhã do dia que a flor abre.

Shelly *et al.* (1993) apesar de não medirem diretamente a quantidade de pólen nas flores inferiu através do comportamento da segunda abelha visitante, *Bombus (Fervidobombus) pennsylvanicus*, que a quantidade de pólen disponível nas flores de *Solanum elaeagnifolium* é muito reduzida por *Ptiloglossa arizonenses*, a primeira abelha a chegar na flor. *B. (F.) pennsylvanicus* é uma abelha crepuscular facultativa e neste caso apresentou comportamento diurno. Portanto há indícios de que a ocupação deste novo nicho representado pela mudança no período de forrageamento diminua a competitividade para as abelhas noturnas.

Para as plantas serem identificadas por abelhas crepusculares e noturnas e as terem como polinizadores efetivos pode ser uma vantagem adaptativa. Assim evita-se que abelhas diurnas pouco efetivas na polinização ou abelhas diurnas pilhadoras disperdissem o pólen disponível, sendo este um importante investimento em reprodução. Algumas espécies do gênero *Sphecodogastra* Ashmead 1899 são pilhadoras de pólen (Wagner *et al.* 1985 apud McGinley 2003), outras se comportam como polinizadoras (Kerfoot 1967). Espécies do gênero *Megalopta* Smith 1853, *Megommation* Moure 1943 e *Ptiloglossa* Smith 1853 conforme descrito acima são polinizadoras efetivas de algumas espécies de plantas. Porém

essas descrições são para poucas espécies, são necessários mais estudos para concluir se pode haver vantagem adaptativa para as plantas terem seus recursos florais utilizados por abelhas noturnas e crepusculares.

Alguns gêneros de abelhas crepusculares ou noturnas utilizam recursos florais de muitas famílias de plantas como *Megalopta* e *Ptiloglossa*, assim como as abelhas pertencentes às espécies *Xylocopa tranquebarica* e *Megommation insigne* (Tabela 5). No entanto *Megalopta genalis* e *M. amoena* apesar de coletarem pólen de mais de 60 espécies de plantas para aprovisionar seus ninhos, utilizam preferencialmente algumas poucas espécies, especialmente *Hura creptans* e *Pseudobombax septenatum* (Smith *et al.* 2012). Estas abelhas voam centenas de metros para encontrar o recurso polínico destas plantas no lugar de utilizar espécies de planta mais abundantes ou próximas aos seus ninhos. A espécie de planta utilizada para aprovisionamento larval por *M. genalis* e *M. ecuadoria* flutua conforme a viabilidade temporal do pólen (Smith *et al.* 2012).

Somente o gênero *Sphecodogastra* utiliza como recurso polínico espécies de plantas pertencentes somente a família Onagraceae, mas utiliza outras plantas para a obtenção de néctar (McGinley 2003). As abelhas deste gênero possuem pelos na escopa que são eficientes na extração de grandes quantidades de pólen. Segundo McGinley (2003) a dependência de *Sphecodogastra* em Onagraceae afeta sua atividade durante o dia.

A ocupação do novo nicho por abelhas que forrageiam em ambientes pouco iluminados, como proposto por Kerfoot (1967) e Kelber *et al.* (2006), parece estar associado a diminuição da competição durante o forrageamento. Estudos de interações entre abelhas noturnas / crepusculares e plantas que avaliem a quantidade de recursos disponíveis durante o período que as flores permanecem abertas podem contribuir para melhor compreensão da ocupação deste novo nicho representado por ambientes pouco iluminados. As abelhas crepusculares / noturnas do presente estudo possuem adaptações da morfologia externa do sistema visual, que podem ter sido selecionadas através da ocupação deste novo nicho. Estudos da morfologia interna do sistema visual de *Megalopta sodalis*, *Megommation insigne* e *Ptiloglossa latecalcarata* podem contribuir para uma melhor compreensão da visão noturna em abelhas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, G. H., & Kielpinski, K. A. (2000). Reproductive Phenology of a Tropical Canopy Tree, *Spondias mombin* L. *Biotropica*, 32(4a), 686-692.
- Altner, H., Sass, H., & Altner, I. (1977). Relationship between structure and function of antennal chemo-, hygro-, and thermoreceptive sensilla in *Periplaneta americana*. *Cell and tissue research*, 176(3), 389-405.
- Baker, H. G. (1961). The adaptation of flowering plants to nocturnal and crepuscular pollinators. *Quarterly Review of Biology*, 64-73.
- Bawa, K. S. (1990). Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual review of Ecology and Systematics*, 399-422.
- Bhattacharya A, Mandal S (2000) Pollination biology in *Bombax ceiba* Linn. *Current Science* 79(12):1706-1712.
- Bland, R. G. (1991). Antennal and mouthpart sensilla of Tetrigidae (Orthoptera). *Annals of the Entomological Society of America*, 84(2), 195-200.
- Berry, R., Van Kleef, J., & Stange, G. (2007a). The mapping of visual space by dragonfly lateral ocelli. *Journal of Comparative Physiology A*, 193(5), 495-513.
- Berry, R. P., Stange, G., & Warrant, E. J. (2007b). Form vision in the insect dorsal ocelli: an anatomical and optical analysis of the dragonfly median ocellus. *Vision research*, 47(10), 1394-1409.
- Berry, R. P., Wcislo, W. T., & Warrant, E. J. (2011). Ocellar adaptations for dim light vision in a nocturnal bee. *The Journal of experimental biology*, 214(8), 1283-1293.
- Buchmann, S. L., & Cane, J. H. (1989). Bees assess pollen returns while sonicating *Solanum* flowers. *Oecologia*, 81(3), 289-294.
- Bullock, S. H., Ayala, R., Baker, I., & Baker, H. G. (1987). Reproductive biology of the tree *Ipomoea wolcottiana* (Convolvulaceae). *Madroño*, 304-314.
- Bullock, S. H. (1999). Relationships among body size, wing size and mass in bees from a tropical dry forest in Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 426-439.
- Burgett, M., Sukumalanand, P., & Vorwohl, G. (2005). Pollen species resources for *Xylocopa* (*Nyctomelitta*) *tranquebarica* (F.), a night-flying carpenter bee (Hymenoptera: Apidae) of

Southeast Asia. *Science Asia*, 31, 65-68.

Carneiro, L. T., & Martins, C. F. (2012). Africanized honey bees pollinate and preempt the pollen of *Spondias mombin* (Anacardiaceae) flowers. *Apidologie*, 43(4), 474-486.

Chittka, L., & Thomson, J. D. (2001). *Cognitive ecology of pollination. Animal behaviour and floral evolution.* Cambridge University Press, Cambridge.

Clinebell II RR, Crowe A, Gregory DP, Hoch PC (2004) Pollination Ecology of *Gaura* and *Calylophus* (Onagraceae, Tribe Onagreae) in Western Texas, U.S.A. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 91(3):369-400.

Collevatti, R. G., Campos, L. A., & Silva, A. F. (1998). Pollination ecology of the tropical weed *Triumfetta semitriloba* Jacq.(Tiliaceae), in the south-eastern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 58(3), 383-392.

Cordeiro GD (2015) Fenologia reprodutiva, polinização e voláteis florais do cambuci (*Campomanesia phaea* (O. Berg) Landrum 1984 - Myrtaceae). Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. 89 pp.

Croat, T. B. (1974). A reconsideration of *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 483-490.

Dick CW, Bermingham E, Lemes MR, Gribel R (2007) Extreme long-distance dispersal of the lowland tropical rainforest tree *Ceiba pentandra* L. (Malvaceae) in Africa and the Neotropics. *Molecular Ecology* 16(14):3039-3049.

Dyer, F. C. (1985). Nocturnal orientation by the Asian honey bee, *Apis dorsata*. *Animal behaviour*, 33(3), 769-774.

Falcão, M. D. A., Ferreira, S. A., Clement, C. R., Barros, M. J. B., Brito, J., & dos Santos, T. C. (1988). Aspectos fenológicos e ecológicos do "Araça-Boi" (*Eugenia stipitata* MCVAUGH) na Amazônia Central. I. Plantas juvenis. *Acta Amazonica*, 18(3-4), 27-38.

Falin, Z. H., Arneson, L. C., & Wcislo, W. T. (2000). Night-flying sweat bees *Megalopta genalis* and *M. ecuadoria* (Hymenoptera: Halictidae) as hosts of the parasitoid beetle *Macrosiagon gracilis* (Coleoptera: Rhipiphoridae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 183-185.

Faria, F. S., & Stehmann, J. R. (2010). Reproductive biology of *Passiflora capsularis* L. e *P. pohlii* Mast.(Decaloba, Passifloraceae). *Acta Botanica Brasilica*, 24(1), 262-269.

- Franco EL, Neves SPS, Machado CS (2010) Aspectos da biologia floral de *Cambessedesia wurdackii* (A. B. Martins) (Melastomataceae) e registro da atividade dos visitantes florais. In: *Biologia e Ecologia da Polinização Cursos de Campo*. Editora da Universidade Federal da Bahia, pp. 45–50
- Franco, E. L., & Gimenesb, M. (2011). Pollination of *Cambessedesia wurdackii* in Brazilian campo rupestre vegetation, with special reference to crepuscular bees. *Journal of Insect Science*, 11(1), 97.
- Goncalves, R. B., & Santos, L. M. (2010). Notes and new species of the halictine genus *Megommation* Moure (Hymenoptera, Apidae, Augochlorini). *Zootaxa*, 2685, 57-64
- Grant V (1983) Behavior of Hawkmoths on Flowers of *Datura meteloides*. *Botanical Gazette* 144(2):280-284
- Greiner, B. (2006). Adaptations for nocturnal vision in insect apposition eyes. *International review of cytology*, 250, 1-46.
- Gribel R, Gibbs PE, Queiróz AL (1999) Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 15(3):247-263.
- Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2009). *The insects: an outline of entomology*. John Wiley & Sons.
- Hebets, E. A., & Papaj, D. R. (2005). Complex signal function: developing a framework of testable hypotheses. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 57(3), 197-214.
- Hopkins, M. J. G., Hopkins, H. F., & Sothers, C. A. (2000). Nocturnal pollination of *Parkia velutina* by Megalopta bees in Amazonia and its possible significance in the evolution of chiropterophily. *Journal of Tropical Ecology*, 16(05), 733-746.
- Jander, U., & Jander, R. (2002). Allometry and resolution of bee eyes (Apoidea). *Arthropod Structure & Development*, 30(3), 179-193.
- Janzen, D. H. (1968). Notes on nesting and foraging behavior of Megalopta (Hymenoptera: Halictidae) in Costa Rica. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 342-350.
- Junker, R. R., Gershenzon, J., & Unsicker, S. B. (2011). Floral odor bouquet loses its ant repellent properties after inhibition of terpene biosynthesis. *Journal of chemical ecology*, 37(12), 1323-1331.

- Kaczorowski, R. L., Leonard, A. S., Dornhaus, A., & Papaj, D. R. (2012). Floral signal complexity as a possible adaptation to environmental variability: a test using nectar-foraging bumblebees, *Bombus impatiens*. *Animal Behaviour*, 83(4), 905-913.
- Kelber, A., Warrant, E. J., Pfaff, M., Wallén, R., Theobald, J. C., Weislo, W. T., & Raguso, R. A. (2006). Light intensity limits foraging activity in nocturnal and crepuscular bees. *Behavioral Ecology*, 17(1), 63-72.
- Knerer, G., & MacKay, P. (1969). Bionomic notes on the solitary *Evylaeus oenotherae* (Stevens)(Hymenoptera: Halictinae), a matinal summer bee visiting cultivated Onagraceae. *Canadian Journal of Zoology*, 47(3), 289-294.
- Kerfoot, W. B. (1967). The lunar periodicity of *Sphecodogastra texana*, a nocturnal bee (Hymenoptera: Halictidae). *Animal behaviour*, 15(4), 479-486.
- Kirschfeld, K. (1974). The absolute sensitivity of lens and compound eyes. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 29(9-10), 592-596.
- Knudsen, J. T., & Mori, S. A. (1996). Floral scents and pollination in neotropical Lecythidaceae. *Biotropica*, 42-60.
- Knudsen, J. T., Eriksson, R., Gershenzon, J., & Ståhl, B. (2006). Diversity and distribution of floral scent. *The Botanical Review*, 72(1), 1-120.
- Krug, C., Garcia, M. V. B., & Gomes, F. B. (2015). A scientific note on new insights in the pollination of guarana (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). *Apidologie*, 46(2), 164-166.
- Kunze, J., & Gumbert, A. (2001). The combined effect of color and odor on flower choice behavior of bumble bees in flower mimicry systems. *Behavioral Ecology*, 12(4), 447-456.
- Land, M. F., & Fernald, R. D. (1992). The evolution of eyes. *Annual review of neuroscience*, 15(1), 1-29.
- Land, M. F. (1997). Visual acuity in insects. *Annual review of entomology*, 42(1), 147-177.
- Leonard, A. S., Dornhaus, A., & Papaj, D. R. (2011). Forget-me-not: complex floral displays, inter-signal interactions, and pollinator cognition. *Current Zoology*, 57(2), 215-224.
- Linsley, E. G., & Cazier, M. A. (1970). Some competitive relationships among matinal and late afternoon foraging activities of caupolicanine bees in southeastern Arizona (Hymenoptera, Colletidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 251-261.

- McGinley, R. J. (2003). Studies of Halictinae (Apoidea: Halictidae), II: Revision of *Sphecodogastra* Ashmead, floral specialist of Onagraceae. Smithsonian Institution Press.
- Michener, C. D. (2000). The bees of the world (Vol. 1). JHU Press.
- Munz PA (1928) Studies in Onagraceae I. A Revision of the Subgenus *Chylismia* of the Genus *Oenothera*. American Journal of Botany 15(4):223-240. | Raven PH (1964) The Generic Subdivision of Onagraceae, Tribe Onagreae. Brittonia 276-288.
- Munz PA, Hitchcock CL (1929) A Study of the Genus *Clarkia*, with Special Reference to Its Relationship to *Godetia*. Bulletin of the Torrey Botanical Club 56(4):181-197.
- Praagh, J. V., Ribi, W., Wehrhahn, C., & Wittmann, D. (1980). Drone bees fixate the queen with the dorsal frontal part of their compound eyes. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, 136(3), 263-266.
- Proença, C. E. (1992). Buzz pollination—older and more widespread than we think?. Journal of Tropical Ecology, 8(01), 115-120.
- Raguso RA, Henzel C, Buchmann SL, Nabhan GP (2003) Trumpet Flowers of the Sonoran Desert: Floral Biology of *Peniocereus* Cacti and Sacred *Datura*. International Journal of Plant Sciences 164(6):877-892.
- Raguso, R. A. (2004a). Why are some floral nectars scented?. Ecology, 85(6), 1486-1494.
- Raguso, R. A. (2004b). Flowers as sensory billboards: progress towards an integrated understanding of floral advertisement. Current opinion in plant biology, 7(4), 434-440.
- Raguso, R. A. (2008). Wake up and smell the roses: the ecology and evolution of floral scent. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 549-569.
- Raven PH (1964) The Generic Subdivision of Onagraceae, Tribe Onagreae. Brittonia 276-288
- Raven PH, Gregory DP (1972) A Revision of the Genus *Gaura* (Onagraceae). Memoirs of the Torrey Botanical Club 23(1):1-96
- Roulston, T. A. H. (1997). Hourly capture of two species of Megalopta (Hymenoptera: Apoidea; Halictidae) at black lights in Panama with notes on nocturnal foraging by bees. Journal of the Kansas Entomological Society, 189-196.
- Rozen Jr, J. G., & Rozen, B. L. (1986). Bionomics of crepuscular bees associated with the plant *Psoralea scoparius* (Hymenoptera: Apoidea). Journal of the New York

Entomological Society, 472-479

- Sarzetti, L., Genise, J., Sanchez, M. V., Farina, J., & Molina, A. (2013). Nesting behavior and ecological preferences of five Diphaglossinae species (Hymenoptera, Apoidea, Colletidae) from Argentina and Chile. *Journal of Hymenoptera Research*, 33, 63.
- Shelly, T. E., Villalobos, E. M., Buchmann, S. L., & Cane, J. H. (1993). Temporal patterns of floral visitation for two bee species foraging on *Solanum*. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 319-327.
- Smith, A. R., Lopez Quintero, I. J., Moreno Patino, J. E., Roubik, D. W., & Wcislo, W. T. (2012). Pollen use by Megalopta sweat bees in relation to resource availability in a tropical forest. *Ecological Entomology*, 37(4), 309-317.
- Snyder, A. W. (1977). Acuity of compound eyes: physical limitations and design. *Journal of comparative Physiology*, 116(2), 161-182.
- Somanathan, H., & Borges, R. M. (2001). Nocturnal Pollination by the Carpenter Bee *Xylocopa tenuiscapa* (Apidae) and the Effect of Floral Display on Fruit Set of *Heterophragma quadriloculare* (Bignoniaceae) in India. *Biotropica*, 33(1), 78-89.
- Somanathan, H., Borges, R. M., Warrant, E. J., & Kelber, A. (2008a). Visual ecology of Indian carpenter bees I: light intensities and flight activity. *Journal of Comparative Physiology A*, 194(1), 97-107.
- Somanathan, H., Borges, R. M., Warrant, E. J., & Kelber, A. (2008b). Nocturnal bees learn landmark colours in starlight. *Current Biology*, 18(21), R996-R997.
- Srithongchuay, T., Bumrungsri, S., & Sripao-aya, E. (2008). The pollination ecology of the late-successional tree, *Oroxylum indicum* (Bignoniaceae) in Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, 24(05), 477-484.
- Stoffers AL (1984) Sapindaceae. *Fl Netherl Antilles* 3(3):335-347
- Sukhvibul N, Whiley AW, Smith MK, Hetherington SE, Vithanage V (1999) Effect of temperature on inflorescence and floral development in four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 82:67-84.
- Theobald, J. C., Greiner, B., Wcislo, W. T., & Warrant, E. J. (2006). Visual summation in night-flying sweat bees: a theoretical study. *Vision research*, 46(14), 2298-2309.

- Theobald, J. C., Coates, M. M., Wcislo, W. T., & Warrant, E. J. (2007). Flight performance in night-flying sweat bees suffers at low light levels. *Journal of Experimental Biology*, 210(22), 4034-4042.
- Warrant, E. J. (1999). Seeing better at night: life style, eye design and the optimum strategy of spatial and temporal summation. *Vision research*, 39(9), 1611-1630.
- Warrant, E. J., Kelber, A., Gislén, A., Greiner, B., Ribi, W., & Wcislo, W. T. (2004). Nocturnal vision and landmark orientation in a tropical halictid bee. *Current Biology*, 14(15), 1309-1318.
- Warrant, E. J., Kelber, A., Wallén, R., & Wcislo, W. T. (2006). Ocellar optics in nocturnal and diurnal bees and wasps. *Arthropod structure & development*, 35(4), 293-305.
- Warrant, E. J. (2008). Seeing in the dark: vision and visual behaviour in nocturnal bees and wasps. *Journal of Experimental Biology*, 211(11), 1737-1746.
- Wcislo, W. T., Arneson, L., Roesch, K., Gonzalez, V., Smith, A., & Fernández, H. (2004). The evolution of nocturnal behaviour in sweat bees, *Megalopta genalis* and *M. ecuadoria* (Hymenoptera: Halictidae): an escape from competitors and enemies? *Biological Journal of the Linnean Society*, 83(3), 377-387.
- Wcislo, W. T., & Tierney, S. M. (2009). Behavioural environments and niche construction: the evolution of dim light foraging in bees. *Biological Reviews*, 84(1), 19-37.
- Wille, A. (1963). Behavioral adaptations of bees for pollen collecting from *Cassia* flowers. *Rev. Biol. Trop*, 11(2), 205-210.
- Wilms, W., Imperatriz Fonseca, V. L., & Engels, W. (1995). Africanized honey bees: new pollinators in the neotropical rainforest? Case study Boraceia, Sao Paulo, Brazil. *Apidologie* (France).
- Winsor JA, Peretz S, Stephenson AG (2000) Pollen competition in a natural population of *Cucurbita foetidissima* (Cucurbitaceae). *American Journal of Botany* 87(4):527-532

6 ANEXOS

Anexo 1. Tabela com as referências das interações entre plantas e abelhas crepusculares e noturnas.

Espécies de plantas	Espécies de abelhas	Referência da interação
Anacardiaceae		
<i>Mangifera indica</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
<i>Spondias mombin</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853	Carneiro & Martins 2012
	<i>Ptiloglossa goffergei</i> Moure 1953	
<i>Spondias pinnata</i>	<i>Xylocopa (Nyctomelitta) tranquebarica</i> (f) Fabricius 1804	Burgett <i>et al.</i> 2005
Araliaceae		
<i>Schefflera morototoni</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
Arecaceae		
<i>Bactris major</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
Asteraceae		
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	<i>Megommation insigne</i> Smith 1853	
Bignoniaceae		
<i>Heterophragma quadriloculare</i>	<i>Xylocopa tenuiscapa</i> Westwood 1840	Somanathan & Borges 2001
<i>Oroxylum indicum</i>	<i>Xylocopa (Nyctomelitta) tranquebarica</i> (f) Fabricius 1804	Burgett <i>et al.</i> 2005
Combretaceae		
<i>Terminalia bellirica</i>	<i>Apis dorsata</i> Fabricius 1793	Dyer 1985
Cucurbitaceae		
<i>Cucurbita foetidissima</i>	<i>Ptiloglossa arizonensis</i> Timberlake 1946	Linsley & Cazier 1970
	<i>Ptiloglossa jonesi</i> Timberlake 1946	
Euphobiaceae		
<i>Hura crepitans</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
Fabaceae		
<i>Calliandra schottii</i>	<i>Ptiloglossa arizonensis</i> Timberlake 1946	Linsley & Cazier 1970
<i>Psoralea scoparius</i> * ¹	<i>Caupolicana ocellata</i> Michener 1966	Rozen & Rozen 1986
	<i>Martinapis (Martinapis) luteicornis</i> Cockerell 1896	
	<i>Bombus (Fervidobombus) pennsylvanicus</i> De Geer 1773	
Hypericaceae		
<i>Vismia baccifera</i>	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	Wcislo 2004
<i>Vismia macrophylla</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853**	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
Lecythidaceae		
<i>Gustavia augusta</i>	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	Mori & Boeke 1987 apud Kunudsen 1996
Lythraceae		
<i>Lagerstroemia parviflora</i>	<i>Apis dorsata</i> Fabricius 1793	Dyer 1985
Malvaceae		
<i>Pachira quinata</i> * ²	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1917	Wcislo 2004
<i>Bombax ceiba</i>	<i>Xylocopa (Nyctomelitta) tranquebarica</i> (f) Fabricius 1804	Burgett <i>et al.</i> 2005
<i>Cavanillesia platanifolia</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	

Anexo 1. Tabela com as referências das interações entre plantas e abelhas crepusculares e noturnas (continua).

Espécies de plantas	Espécies de abelhas	Referência da interação
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Xylocopa (Nyctomelitta) tranquebarica</i> (f) Fabricius 1804	Burgett <i>et al.</i> 2005
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1917	Wcislo 2004
<i>Ochroma pyramidale</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1917	
	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853**	Roulston 1997
<i>Pseudobombax septenatum</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853**	
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	Wcislo <i>et al.</i> 2004
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	
<i>Quararibea asterolepis</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
Marantaceae		
<i>Calathea crotalifera</i> * ³	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	Janzen 1968
	<i>Megalopta sodalis</i> Vachal J. 1904	Franco & Gimenes
	<i>Ptiloglossa dubia</i> Moure 1945	Franco & Gimenes
<i>Leandra carassana</i> ** ¹	<i>Megommation insigne</i> Smith 1853	Maia 2008 apud Goncalves e Santos 2010
<i>Miconia cinerascens</i>	<i>Megommation insigne</i> Smith 1853	
Myrtaceae		
<i>Campomanesia phaea</i>	<i>Megalopta sodalis</i> Vachal J. 1904	Cordeiro, G. D 2015
	<i>Megommation insigne</i> Smith 1853	
	<i>Ptiloglossa latecalcarata</i> Moure 1945	
	<i>Zikanapis seabrai</i> Moure 1953	
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	<i>Zikanapis seabrai</i> Moure 1953	Wilms 1995
<i>Myrcia pubipetala</i>	<i>Ptiloglossa pretiosa</i> Friese 1898	
<i>Calycolpus moritzianus</i> ** ²	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
Oleaceae		
<i>Olea dioica</i>	<i>Apis dorsata</i> Fabricius 1793	Dyer 1985
Onagraceae		
<i>Calylopohus hartwegii</i>	<i>Sphecodogastra danforthi</i> McGinley 2003	McGinley 2003
	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	Gregory 1964 apud McGinley 2003
	<i>Sphecodogastra noctivaga</i> Linsley & MacSwain 1962	
<i>Chylismia claviformis</i> ** ³	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	McGinley 2003
<i>Camissonia tanacetifolia</i>	<i>Sphecodogastra aberrans</i> Crawford 1903	
<i>Clarkia pulchella</i>	<i>Sphecodogastra aberrans</i> Crawford 1903	
<i>Gaura coccinea</i>	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	
<i>Gaura villosa</i>	<i>Sphecodogastra noctivaga</i>	Linsley & MacSwain, 1962
<i>Gaura suffulta</i>	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	McGinley 2003
<i>Oenothera albicaulis</i>	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	
<i>Oenothera biennis</i>	<i>Sphecodogastra oenotherae</i> Stevens 1920	Moure and Hurd 1987 apud McGinley 2003
<i>Oenothera caespitosa</i>	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872***	Kelber <i>et al.</i> 2006
<i>Oenothera deltoides</i>	<i>Sphecodogastra antiochensis</i> McGinley 2003	McGinley 2003
	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	

Anexo 1. Tabela com as referências das interações entre plantas e abelhas crepusculares e noturnas (continua).

Espécies de plantas	Espécies de abelhas	Referência da interação
<i>Oenothera drummondii</i>	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	
<i>Oenothera elata</i>	<i>Sphecodogastra aberrans</i> Crawford 1903	
<i>Oenothera engelmannii</i>	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	Gregory 1964 apud McGinley 2003
<i>Oenothera fruticosa</i>	<i>Sphecodogastra oenotherae</i> Stevens 1920	Knerer and MacKay 1969
<i>Oenothera grandis</i>	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	McGinley 2003
<i>Oenothera laciniata</i>	<i>Sphecodogastra oenotherae</i> Stevens 1920	
	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	
<i>Oenothera latifolia</i>	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	
<i>Oenothera macrocarpa</i>	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	
	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	
	<i>Sphecodogastra oenotherae</i> Stevens 1920	Stevens 1920 apud McGinley 2003
	<i>Sphecodogastra noctivaga</i> Linsley & MacSwain 1962	McGinley 2003
<i>Oenothera nuttallii</i>	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	Moure and Hurd 1987 apud McGinley 2003
<i>Oenothera pallida</i>	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872	McGinley 2003
	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	
	<i>Sphecodogastra lusoria</i> Cresson 1872***	Bohart & Yousef 1976 apud Kelber <i>et al.</i> 2006
<i>Oenothera pilosella</i>	<i>Sphecodogastra oenotherae</i> Stevens 1920	McGinley 2003
<i>Oenothera rhombipetala</i>	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	Kerfoot 1967 ^a
	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	McGinley 2003
<i>Oenothera villosa</i>	<i>Sphecodogastra aberrans</i> Crawford 1903	
	<i>Sphecodogastra texana</i> Cresson 1872	Moure and Hurd 1987 apud McGinley 2003
Passifloraceae		
<i>Passiflora auriculata</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola, 1853*	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
<i>Passiflora pohlii</i>	<i>Ptiloglossa dubia</i> Moure, 1945	Faria & Stehmann 2010
	<i>Ptiloglossa latealcarata</i> Moure 1945	
	<i>Ptiloglossa styphlaspis</i> Moure 1945	
Rubiaceae		
<i>Genipa americana</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola, 1853*	Smith <i>et al.</i> 2012
	<i>Megalopta genalis</i> Meade-Waldo 1916	
	<i>Megommation insigne</i> Smith 1853	
Sapindaceae		
<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i>	<i>Megalopta aeneicollis</i> Friese 1926	Krug <i>et al.</i> 2015
	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853	
Solanaceae		
<i>Datura innoxia</i> *** ^l	<i>Caupolicana yarrowi</i> Cresson 1875	Linsley & Cazier 1970
	<i>Ptiloglossa jonesi</i> Timberlake 1946	
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	<i>Ptiloglossa arizonensis</i> Timberlake 1946	Buchmann e Cane 1989
	<i>Ptiloglossa jonesi</i> Timberlake 1946	Linsley & Cazier 1970
<i>Solanum torvum</i>	<i>Megalopta amoena</i> Spinola 1853*	Janzen 1968
Sonneratiaceae		
<i>Duabanga grandiflora</i>	<i>Xylocopa (Nyctomelitta) tranquebarica</i> (f) Fabricius 1804	Burgett <i>et al.</i> 2005
Malvaceae		
<i>Triumfetta semitriloba</i>	<i>Ptiloglossa cf. pretiosa</i> Friese, H. 1898	Collevatti <i>et al.</i> 1998
Ulmaceae		
<i>Trema orientalis</i>	<i>Xylocopa (Nyctomelitta) tranquebarica</i> (f) Fabricius 1804	Burgett <i>et al.</i> 2005
Zygophyllaceae		
<i>Larrea tridentata</i>	<i>Caupolicana yarrowi</i> Cresson 1875	Linsley & Cazier 1970
	<i>Ptiloglossa arizonensis</i> Timberlake 1946	

Legenda:

- *mencionada no texto como *Megalopta centralis*
- ** mencionada no texto como *Megalopta ecuadoria*
- *** mencionada no texto como *Lasioglossum (Sphecodogastra) lusoria*
- **** mencionada no texto como *Lasioglossum (Sphecodogastra) galpinsiae*
- *¹ mencionada no texto como *Dalea scoparia*
- *² mencionada no texto como *Bombacopsis quinata*
- *³ mencionada no texto como *Calathea insignis*
- **¹ mencionada no texto como *Leandra sublanata*
- **² mencionada no texto como *Psidium caudatum*
- **³ mencionada no texto como *Camissonia claviformis*
- ***¹ mencionada no texto como *Datura meteloides*

Anexo 2. Referências das características florais das espécies de plantas visitadas por abelhas noturnas.

Nome científico	Referência das características florais
Anacardiaceae	
<i>Mangifera indica</i>	Sukhvibul <i>et al.</i> 1999
<i>Spondias mombin</i>	Adler & Kielpinski 2000; Croat 1974; Carneiro & Martins 2012
Araliaceae	
<i>Schefflera morototoni</i>	Winsor <i>et al.</i> 2000
Arecaceae	
<i>Bactris major</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Asteraceae	
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Bignoniaceae	
<i>Heterophragma quadriloculare</i>	Somanathan & Borges 2001
<i>Oroxylum indicum</i>	Srithongchuay <i>et al.</i> 2008
Combretaceae	
<i>Terminalia bellirica</i>	http://www.splink.org.br/ acessado em 03-04-2016
Cucurbitaceae	
<i>Cucurbita foetidissima</i>	http://www.splink.org.br/ acessado em 03-04-2016
Euphobiaceae	
<i>Hura crepitans</i>	http://www.splink.org.br/ acessado em 03-04-2016
Fabaceae	
<i>Psoralea scoparius</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Hypericaceae	
<i>Vismia baccifera</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Vismia macrophylla</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Lecythidaceae	
<i>Gustavia augusta</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Malvaceae	
<i>Pachira quinata</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Malvaceae	
<i>Bombax ceiba</i>	Bhattacharya & Mandal 2000
<i>Cavanillesia platanifolia</i>	
<i>Ceiba pentandra</i>	Gribel <i>et al.</i> 1999, Dick <i>et al.</i> 2007
<i>Ochroma pyramidale</i>	http://www.splink.org.br/ acessado em 03-04-2016
<i>Pseudobombax septenatum</i>	http://www.splink.org.br/ acessado em 03-04-2016
<i>Quararibea asterolepis</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Marantaceae	
<i>Calathea crotalifera</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Melastomataceae	
<i>Cambessedesia wurdackii</i>	Franco <i>et al.</i> 2010
<i>Leandra carassana</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Miconia cinerascens</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Myrtaceae	
<i>Campomanesia phaea</i>	Cordeiro 2015
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Myrcia pubipetala</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Calycolpus moritzianus</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024

Anexo 2. Referências das características florais das espécies de plantas visitadas por abelhas noturnas.

Nome científico	Referência das características florais
Onagraceae	
<i>Chylismia claviformis</i>	Munz 1928
<i>Camissonia tanacetifolia</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Clarkia pulchella</i>	Munz & Hitchcock 1929
<i>Gaura coccinea</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Gaura villosa</i>	Raven & Gregory 1972; Clinebell <i>et al.</i> 2004
<i>Gaura suffulta</i>	Raven & Gregory 1972; Clinebell <i>et al.</i> 2004
<i>Oenothera albicaulis</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera biennis</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera caespitosa</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera deltoides</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera drummondii</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera elata</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera engelmannii</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera fruticosa</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera grandis</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera laciniata</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera latifolia</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera macrocarpa</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera nuttallii</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera pallida</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera pilosella</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera rhombipetala</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Oenothera villosa</i>	Raven 1964, http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Passifloraceae	
<i>Passiflora auriculata</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Passiflora pohlii</i>	Faria & Stehmann 2010
Rubiaceae	
<i>Genipa americana</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
<i>Psychotria vellosiana</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Sapindaceae	
<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i>	Stoffers 1984; Krug <i>et al.</i> 2015
Solanaceae	
<i>Datura innoxia</i>	Grant 1983; Raguso <i>et al.</i> 2003, http://www.splink.org.br/ acessado em 03-04-2016
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	
<i>Solanum torvum</i>	http://www.discoverlife.org/ acessado em 03-04-2024
Sonneratiaceae	
<i>Duabanga grandiflora</i>	http://www.splink.org.br/ acessado em 03-04-2016
Zygophyllaceae	
<i>Larrea tridentata</i>	http://www.splink.org.br/ acessado em 03-04-2016

Anexo 3. Tabela de interações entre abelhas e plantas na qual consta o recurso utilizado pela abelha (RU) podendo ser pólen (P) ou néctar (N), período de forrageamento da abelha (PF), podendo ser diurna facultativa-noturna (DFN), diurna facultativa-crepuscular (DFC), crepuscular (C), noturna (N) crepuscular matutina (CM), crepuscular vespertina (CV) ou crepuscular facultativa noturna (CFN). O local onde foi registrada a interação e a referência da interação. Os espaços em * são aqueles em que não consta a informação no artigo.

Família	Nome científico	Espécies de abelhas	RU	PF	Referência da interação	País
Combretaceae	<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.	<i>Apis dorsata</i>	p	DFN	Dyer 1985	Índia
Lythraceae	<i>Lagerstroemia parviflora</i> Roxb.					
Oleaceae	<i>Olea dioica</i> Roxb.					
Fabaceae	<i>Psoralea scoparius</i> (A.Gray) Rydb.	<i>Bombus pennsylvanicus</i>		C	Rozen & Rozen 1986	USA
		<i>Caupolicana ocellata</i>				
Solanaceae	<i>Datura innoxia</i> Mill.	<i>Caupolicana yarrowi</i>		CM	Linsley & Cazier 1970	
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville					
Fabaceae	<i>Psoralea scoparius</i> (A.Gray) Rydb.	<i>Martinapis luteicornis</i>		C	Rozen & Rozen 1986	
Sapindaceae	<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke	<i>Megalopta aeneicollis</i>		N	Krug <i>et al.</i> 2015	Brasil
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	<i>Megalopta amoena</i>		CM	Carneiro & Martins 2012	
Sapindaceae	<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke			N	Krug <i>et al.</i> 2015	
Marantaceae	<i>Calathea crotalifera</i> S.Watson			CM	Janzen 1968	Costa Rica
Solanaceae	<i>Solanum torvum</i> Sw.					
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L. sp. R.Br.			C	Smith <i>et al.</i> 2012	Panamá
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.					
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire <i>et al.</i>					
Arecaceae	sp. Bercht. & J.Presl					
	<i>Bactris major</i> Jacq.					
	<i>Chamaedorea</i> Willd.				Wcislo <i>et al.</i> 2004	
	<i>Roystonea</i> sp. O.F. Cook				Smith <i>et al.</i> 2012	
Asteraceae	sp. Bercht. & J.Presl					
Boraginaceae	sp. Juss.					
	<i>Cordia</i> sp. L.					
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> Loefl				Wcislo <i>et al.</i> 2004	
Connaraceae	sp. R.Br.				Smith <i>et al.</i> 2012	
Euphobiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.					
Fabaceae	<i>Acacia</i> sp. Mill.				Wcislo <i>et al.</i> 2004; Smith <i>et al.</i> 2012	
	sp. Lindl.				Smith <i>et al.</i> 2012	
Flacourtiaceae	sp. Rich. Ex DC.					
Hypericaceae	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana				Wcislo <i>et al.</i> 2004	
	<i>Vismia macrophylla</i> Kunth				Smith <i>et al.</i> 2012	
Lamiaceae	<i>Aegiphila</i> Jacq.				Wcislo <i>et al.</i> 2004	

Anexo 3. Tabela de interações entre abelhas e plantas na qual consta o recurso utilizado pela abelha (RU) podendo ser pólen (P) ou néctar (N), período de forrageamento da abelha (PF), podendo ser diurna facultativa-noturna (DFN), diurna facultativa-crepuscular (DFC), crepuscular (C), noturna (N) crepuscular matutina (CM), crepuscular vespertina (CV) ou crepuscular facultativa noturna (CFN). O local onde foi registrada a interação e a referência da interação. Os espaços em * são aqueles em que não consta a informação no artigo. (continuação)

Família	Nome científico	Espécies de abelhas	RU	PF	Referência da interação	País
Malvaceae	<i>Cavanillesia platanifolia</i> (Humb. & Bonpl.) Kunth				Smith <i>et al.</i> 2012	
	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.					
	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.			CM	Roulston 1997	
	<i>Ochroma</i> sp. Sw.			C	Wcislo <i>et al.</i> 2004	
	<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand				Roulston 1997, Wcislo <i>et al.</i> 2004, Smith <i>et al.</i> 2012	
	<i>Quararibea asterolepis</i> Pittier				Smith <i>et al.</i> 2012	
	<i>sp.</i> Juss.					
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. Ruiz & Pav.				Wcislo <i>et al.</i> 2004; Smith <i>et al.</i> 2012	
	<i>sp.</i> Juss.				Smith <i>et al.</i> 2012	
Meliaceae	<i>Trichilia</i> sp. P. Browne					
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp. L.					
	<i>Calycolpus moritzianus</i> (O.Berg) Burret					
	<i>sp.</i> Juss.					
Onagraceae	<i>sp.</i> Juss.					
Passifloraceae	<i>Passiflora auriculata</i> Kunth					
Rubiaceae	<i>Coussarea</i> sp. Aubl.					
	<i>Faramea</i> sp. Aubl.					
	<i>Genipa americana</i> L.					
	<i>Citrus</i> sp. L.					
	<i>Zanthoxylum</i> sp. L.					
Sapindaceae	<i>sp.</i> Juss.					
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	<i>Megalopta genalis</i>				
Onagraceae	<i>Lasioglossum (Sphecodogastra) galpinsiae</i> Douglas ex Lindl.		*		Bohart & Youssef 1976 apud Kelber <i>et al.</i> 2006	*
Anacardiaceae	<i>sp.</i> R.Br.		p		Smith <i>et al.</i> 2012	Panamá
Malvaceae	<i>Pachira quinata</i> (Jacq.) W.S. Alverson			CN	Wcislo 2004	
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.			C	Wcislo <i>et al.</i> 2004	
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.				Smith <i>et al.</i> 2012	
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire <i>et al.</i>					
Arecaceae	<i>sp.</i> Bercht. & J.Presl					
	<i>Bactris major</i> Jacq.					
	<i>Chamaedorea</i> Willd.				Wcislo <i>et al.</i> 2004	
	<i>Roystonea</i> sp. O.F. Cook				Smith <i>et al.</i> 2012	
Asteraceae	<i>sp.</i> Bercht. & J.Presl					
Boraginaceae	<i>sp.</i> Juss.					
	<i>Cordia</i> sp. L.					

Anexo 3. Tabela de interações entre abelhas e plantas na qual consta o recurso utilizado pela abelha (RU) podendo ser pólen (P) ou néctar (N), período de forrageamento da abelha (PF), podendo ser diurna facultativa-noturna (DFN), diurna facultativa-crepuscular (DFC), crepuscular (C), noturna (N) crepuscular matutina (CM), crepuscular vespertina (CV) ou crepuscular facultativa noturna (CFN). O local onde foi registrada a interação e a referência da interação. Os espaços em * são aqueles em que não consta a informação no artigo. (continuação)

Família	Nome científico	Espécies de abelhas	RU	PF	Referência da interação	País
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> Loefl				Wcislo <i>et al.</i> 2004	
Connaraceae	<i>sp.</i> R.Br.				Smith <i>et al.</i> 2012	
Euphobiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.					
Fabaceae	<i>Acacia sp.</i> Mill.				Wcislo <i>et al.</i> 2004; Smith <i>et al.</i> 2013	
	<i>sp.</i> Lindl.				Smith <i>et al.</i> 2012	
Flacourtiaceae	<i>sp.</i> Rich. Ex DC.					
Hypericaceae	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana				Wcislo <i>et al.</i> 2004	
	<i>Vismia macrophylla</i> Kunth				Smith <i>et al.</i> 2012	
Lamiaceae	<i>Aegiphila</i> Jacq.				Wcislo <i>et al.</i> 2004	
Lecythidaceae	<i>Gustavia augusta</i> L.		*		Mori & Boeke 1987 apud Kunudsen 1996	*
Malvaceae	<i>Cavanillesia platanifolia</i> (Humb. & Bonpl.) Kunth		p		Smith <i>et al.</i> 2012	Panamá
	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.					
	<i>Ochroma sp.</i> Sw.				Wcislo <i>et al.</i> 2004	
	<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand				Wcislo <i>et al.</i> 2004; Smith <i>et al.</i> 2012	
	<i>Pseudobombax sp.</i> Dugand				Falin <i>et al.</i> 2000	
	<i>Quararibea asterolepis</i> Pittier				Smith <i>et al.</i> 2012	
	<i>sp.</i> Juss.					
Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i> Ruiz & Pav.				Wcislo <i>et al.</i> 2004; Smith <i>et al.</i> 2012	
	<i>sp.</i> Juss.				Smith <i>et al.</i> 2012	
Meliaceae	<i>Trichilia sp.</i> P. Browne					
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i> L.					
	<i>Calycolpus moritzianus</i> <i>sp.</i> Juss.					
Onagraceae	<i>sp.</i> Juss.					
Passifloraceae	<i>Passiflora auriculata</i> Kunth					
Rubiaceae	<i>Coussarea sp.</i> Aubl.					
	<i>Faramea sp.</i> Aubl.					
	<i>Genipa americana</i> L.					
	<i>Citrus sp.</i> L.					
	<i>Zanthoxylum sp.</i> L.					
Sapindaceae	<i>sp.</i> Juss.					
	<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke	<i>Megalopta</i> Smith 1853		N	Krug <i>et al.</i> 2015	Brasil
Convolvulaceae	<i>Ipomoea wolcottiana</i> Rose		n	C	Bullock & Ayala 1987	México

Anexo 3. Tabela de interações entre abelhas e plantas na qual consta o recurso utilizado pela abelha (RU) podendo ser pólen (P) ou néctar (N), período de forrageamento da abelha (PF), podendo ser diurna facultativa-noturna (DFN), diurna facultativa-crepuscular (DFC), crepuscular (C), noturna (N) crepuscular matutina (CM), crepuscular vespertina (CV) ou crepuscular facultativa noturna (CFN). O local onde foi registrada a interação e a referência da interação. Os espaços em * são aqueles em que não consta a informação no artigo. (continuação)

Família	Nome científico	Espécies de abelhas	RU	PF	Referência da interação	País
Fabaceae	<i>Parkia velutina</i> Benoist		P		Hopkins <i>et al.</i> 2000	Brasil
Myrtaceae	<i>Psidium acutangulum</i> Mart. ex DC.			CM	Falcão <i>et al.</i> 1988	
Onagraceae	<i>Oenothera</i> sp. L.		*	C	McGinley 2003	*
Melastomataceae	<i>Cambessedesia wurdackii</i> A.B.Martins	<i>Megalopta sodalis</i>	P		Franco & Gimenes 2011	Brasil
Myrtaceae	<i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum			CM	Cordeiro 2015	
Asteraceae	<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	<i>Megommation insigne</i>			Maia 2008 apud Goncalves & Santos 2010	*
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp. L.				Jorgensen, 1912 apud Gonçalves e Santos 2010	*
Cucurbitaceae	<i>Cayaponia</i> sp. Silva Manso		*	*	Wilms 1985	Brasil
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> L.		*	*	Jörgensen 1912; Friese, 1926; Moure 1943 apud Gonçalves e Santos 2010	*
	<i>Inga</i> Mill.		*	C		*
Melastomataceae	<i>Leandra carassana</i> (DC.) Cogn.		*	CM	Maia 2008 apud Goncalves & Santos 2010	*
	<i>Miconia cinerascens</i> Miq.		*			*
Myrtaceae	<i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum		P		Cordeiro 2015	Brasil
Rubiaceae	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.		*	C	Wilms 1995	Brasil
Fabaceae	<i>Senna pallida</i> (Vahl) H.S.Irwin & Barneby	<i>Ptiloglossa</i> Smith 1853	P	*	Wille 1963	Costa Rica
Myrtaceae	<i>Psidium acutangulum</i> Mart. ex DC.			CM	Falcão <i>et al.</i> 1989	Brasil
	<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg			*	Proença 1992	Brasil
Sapindaceae	<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke	<i>Ptiloglossa lucernarum</i>		N	Krug <i>et al.</i> 2015	Brasil
Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	<i>Ptiloglossa arizonensis</i>		CM	Linsley & Cazier 1970, Shelly <i>et al.</i> 1993, Buchmann e Cane 1989	USA
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita foetidissima</i> Kunth		N	C	Linsley e Cazier 1970	
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville			CM		
Sapindaceae	<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke		P	N	Krug <i>et al.</i> 2015	Brasil
Fabaceae	<i>Calliandra schottii</i> Torr. ex S. Watson		*	C	Linsley e Cazier 1970	USA
Passifloraceae	<i>Passiflora pohlii</i> Mast.	<i>Ptiloglossa dubia</i>	N		Faria & Stehmann 2010	Brasil

Anexo 3. Tabela de interações entre abelhas e plantas na qual consta o recurso utilizado pela abelha (RU) podendo ser pólen (P) ou néctar (N), período de forrageamento da abelha (PF), podendo ser diurna facultativa-noturna (DFN), diurna facultativa-crepuscular (DFC), crepuscular (C), noturna (N) crepuscular matutina (CM), crepuscular vespertina (CV) ou crepuscular facultativa noturna (CFN). O local onde foi registrada a interação e a referência da interação. Os espaços em * são aqueles em que não consta a informação no artigo. (continuação)

Família	Nome científico	Espécies de abelhas	RU	PF	Referência da interação	País
Myrtaceae	<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	<i>Ptiloglossa pretiosa</i>	*	*	Wilms 1995	Brasil
Passifloraceae	<i>Passiflora pohlii</i> Mast.	<i>Ptiloglossa styphlaspis</i>	n	C	Faria & Stehmann 2010	
Onagraceae	<i>Camissonia tanacetifolia</i> (Torr. & A.Gray) P.H.Raven	<i>Sphecodogastra aberrans</i>	*		McGinley 2003	*
	<i>Clarkia pulchella</i> Pursh		*			*
	<i>Oenothera elata</i> Kunth		*			*
	<i>Oenothera</i> sp. L.		*			*
	<i>Oenothera villosa</i> Thunb.		*			*
	<i>Oenothera deltoides</i> Torr. & Frém.	<i>Sphecodogastra antiochensis</i>	*			*
	<i>Oenothera</i> sp. L.		*			*
	<i>Calylophus hartwegii</i> ***	<i>Sphecodogastra danforthi</i>	*			*
	<i>Oenothera caespitosa</i> Gillies ex Hook. & Arn.	<i>Sphecodogastra lusoria</i>	*	CV	Kelber <i>et al.</i> 2006	USA
	<i>Calylophus</i> sp. Spach		*	C		
	<i>Camissonia</i> sp. Link.		*		Bohat and Youssef apud Gibbs 2013	*
	<i>Gaura</i> L.		*	*		*
	<i>Calylophus hartwegii</i> ***		*	C	Gregory 1964 apud McGinley 2003	*
	<i>Chylismia claviformis</i> (Torr. & Frém.) A.Heller		*			
	<i>Gaura coccinea</i> Nutt. ex Pursh		*		McGinley 2003	*
	<i>Gaura suffulta</i> Engelm.		*			
	<i>Oenothera albicaulis</i> Pursh		*			*
	<i>Oenothera deltoides</i> Torr. & Frém.		*			
	<i>Oenothera grandis</i> Smyth		*			*
	<i>Oenothera latifolia</i> (Rydb.) Munz		*			
	<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.		*			*
	<i>Oenothera pallida</i> Lindl.		*			
	<i>Oenothera</i> sp. L.		*			*
	<i>Calylophus hartwegii</i> ***	<i>Sphecodogastra noctivaga</i>	*			
	<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.		*		Gregory 1964	*
	<i>Oenothera</i> sp. L.		*			
	<i>Oenothera biennis</i> L.	<i>Sphecodogastra oenotherae</i>	*	*	Moure and Hurd 1987	*
	<i>Oenothera fruticosa</i> L.		*	C		
	<i>Oenothera laciniata</i> Hill		*		Knerer and MacKay (1969)	*
	<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.		*			
					McGinley 2003	*
					Stevens 1920, McGinley 2003	*

Anexo 3. Tabela de interações entre abelhas e plantas na qual consta o recurso utilizado pela abelha (RU) podendo ser pólen (P) ou néctar (N), período de forrageamento da abelha (PF), podendo ser diurna facultativa-noturna (DFN), diurna facultativa-crepuscular (DFC), crepuscular (C), noturna (N) crepuscular matutina (CM), crepuscular vespertina (CV) ou crepuscular facultativa noturna (CFN). O local onde foi registrada a interação e a referência da interação. Os espaços em * são aqueles em que não consta a informação no artigo. (continuação)

Família	Nome científico	Espécies de abelhas	RU	PF	Referência da interação	País
Onagraceae	<i>Oenothera pilosella</i> Raf.	<i>Sphecodogastra texana</i>	*		McGinley 2003	*
	<i>Oenothera drummondii</i> Hook.		*			*
	<i>Oenothera engelmannii</i> (Small) Munz		*		Gregory 1964 apud McGinley 2003	*
	<i>Oenothera laciniata</i> Hill		*		McGinley 2003	*
	<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.		*			*
	<i>Oenothera nuttallii</i> Sweet		*		Moure and Hurd 1987	*
	<i>Oenothera pallida</i> Lindl.		*		McGinley 2003	*
	<i>Oenothera rhombipetala</i> Nutt. ex Torr. & A. Gray		*	CFN	Kerfoot 1967a; McGinley 2003	USA
	<i>Oenothera villosa</i> Thunb.		*		Moure and Hurd 1987 apud McGinley 2003	*
Acanthaceae	<i>Barleria</i> sp. L.	<i>Xylocopa tranquebarica</i>	P		Burgett <i>et al.</i> 2005	Tailândia
Anacardiaceae	<i>Spondias pinnata</i> (L. f.) Kurz					
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp. Schreb.					
Bignoniaceae	<i>Oroxylum indicum</i> (L.) Kurz					
	sp. Juss.					
Brassicaceae	sp. Burnett					
Casuarinaceae	<i>Casuarina</i> L.					
Combretaceae	sp. R.Br.					
Ericaceae	sp. L.					
Euphobiaceae	<i>Phyllanthus</i> type, small L.					
	<i>Croton</i> group L.					
	<i>Phyllanthus</i> group L.					
Fabaceae	<i>Albizia</i> group Durazz.					
	<i>Faboideae</i> ***					
	intine thick					
	<i>Castanopsis</i> group (D. Don) Spach					
	<i>Lithocarpus</i> group Blume					
	<i>Quercus</i> group L.					
	sp. Martinov					
Lamiaceae	sp. Juss.					
Lauraceae	sp. Juss.					
Loranthaceae	sp. (L.) Gaertn.					
Malvaceae	<i>Bombax ceiba</i> L.					
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.					

Anexo 3. Tabela de interações entre abelhas e plantas na qual consta o recurso utilizado pela abelha (RU) podendo ser pólen (P) ou néctar (N), período de forrageamento da abelha (PF), podendo ser diurna facultativa-noturna (DFN), diurna facultativa-crepuscular (DFC), crepuscular (C), noturna (N) crepuscular matutina (CM), crepuscular vespertina (CV) ou crepuscular facultativa noturna (CFN). O local onde foi registrada a interação e a referência da interação. Os espaços em * são aqueles em que não consta a informação no artigo.

Família	Nome científico	Espécies de abelhas	RU	PF	Referência da interação	País
Meliaceae	<i>sp.</i> Juss.					
Moraceae	<i>sp.</i> Gaudish.					
Rosaceae	<i>Prunus group</i> L.					
	<i>Pyrus group</i> L.					
Rutaceae	<i>Zanthoxylum group</i> L.					
Sapotaceae	<i>sp.</i> Juss.					
Sonneratiaceae	<i>Duabanga grandiflora</i> (DC.) Walp.					
Theaceae	<i>sp.</i> Mirb. ex Ker Gawl.					
Thymelaeaceae	<i>sp.</i> Juss.					
Ulmaceae	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume					
Bignoniaceae	<i>Heterophragma quadriloculare</i> (Roxb.) K.Schum.	<i>Xylocopa tenuicap</i>	N	FC	Somanathan & Borges 2001	Índia
Asclepiadaceae	<i>Orthosia urceolata</i> E.Fourn.	<i>Zikanapis Moure</i> 1945	*	*	Wilms 1995	Brasil
Lauraceae	<i>Ocotea glaziovii</i> Mez		*	*		
Melastomataceae	<i>Behuria semiserrata</i>		*	*		
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i> L.		*	*		
Polygonaceae	<i>Coccoloba peltata</i> Schott		P	C		
Rubiaceae	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.		*	*		
Solanaceae	<i>Solanum megalochiton</i> Mart.		*	*		
Melastomataceae	<i>Tibouchina pulchra</i> Cogn.	<i>Zikanapis rigiduscula</i> ***	*	*		
	<i>Miconia rigiduscula</i>	<i>Zikanapis rigiduscula</i> ***	*	*		
Myrtaceae	<i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum	<i>Zikanapis seabrai</i> Moure 1953	P	CM	Cordeiro 2015	
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg		*	*	Wilms 1995	
Solanaceae	<i>Solanum sp.</i> L.	<i>Zikanapis tucumana</i> Moure 1945	P	CM	Sarzetii <i>et al.</i> 2013	Argentina