

# A interação entre *Cuphea brachiata* Koehne (Lythraceae) e seus visitantes florais nas dunas litorâneas de Abaeté, Salvador, Bahia

Camila Magalhães Pigozzo<sup>1,2</sup>, Blandina Felipe Viana<sup>1</sup> & Fabiana Oliveira da Silva<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Biologia e Ecologia de Abelhas (LABEA), Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia. Rua Barão de Geremoabo s/n, Campus Universitário de Ondina, Salvador, BA. 40170-110. Brasil. E-mail: blandefv@ufba.br

<sup>2</sup> Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Superior de Educação, Faculdades Jorge Amado. Av. Luís Viana Filho, 6775, Paralela, Salvador, BA. 41.745-130. Brasil. E-mail: camilapigozzo@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Bacharelado em Ciências Biológicas, Faculdade de Tecnologia e Ciências. Av. Luís Viana Filho, 8812, Paralela, Salvador, BA. 41.820 - 785. Brasil. E-mail: fabia714@hotmail.com

<sup>1</sup> Endereço para envio de correspondências

## Abstract

**The interaction among *Cuphea brachiata* Koehne (Lythraceae) and floral visitors in a coastal sand dune in Salvador, Bahia.** The floral biology, flowering behavior and plant breeding system of *C. brachiata* were investigated in a coastal sand dune ecosystem (12°55'33"S e 38°20'08"W) in Salvador, Bahia state, Northeast Brazil. The behavior of the predominant visiting bees *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* Ducke 1910 and *Centris* (*Centris*) *leprieuri* Spinola 1841 was recorded with the aim of identifying their role as potential pollinators. The corolla is yellow, small, zigomorphic and homogamic. Anthesis is diurnal and longevity reaches ca 2 d (n=58); flowering synchrony is low (0.43) at the population level, resulting in a long flowering period. Mean nectar volume for first (2.13 ± 0.93 mL, n=27) and second day (0.96 ± 0.60 mL, n=26) flowers differed significantly (t=5.741, p<0.0001). Nectar concentration was lower in first day flowers (20%) than in second day flowers (26%), probably due to the reduction in volume caused by evaporation. Fruit formation was low in manual self-pollination (7%) and absent for spontaneous self-pollination. The highest percentage of fruit formation (89%) was found in control (natural conditions), suggesting that pollen vectors are important for the reproduction of *C. brachiata*. *X. cearensis* and *C. leprieuri* collect nectar by landing on the four lower petals and introducing their head into the corolla tube. Pollen adheres to the bee's forehead at the same place that contact the reproductive structures of the flower. *X. cearensis* is the most efficient pollinator of *C. brachiata*, considering its local abundance, pattern of foraging activity, frequency of contact with reproductive structures and pollen transport.

**Keywords:** floral biology, *Cuphea brachiata*, pollination

## Introdução

Nas dunas costeiras de Abaeté, na Bahia, os Apoidea são abundantes e ca 80% das espécies vegetais apresentam características melitófilas, sendo potencialmente polinizadas por abelhas (Viana *et al.*, 2006). Outro aspecto relevante é a predominância de interações generalistas entre a fauna de abelhas e estas espécies vegetais embora, de um modo geral, poucas espécies atuem como polinizadores eficientes (Silva *et al.*, 2005). Abelhas de grande porte, especialmente dos gêneros

*Centris* e *Xylocopa* constituem importantes polinizadores de plantas das dunas (Costa & Ramalho, 2001), sendo visitantes freqüentes de um elevado percentual de espécies vegetais (Viana *et al.*, 2002).

A despeito da alta relevância da polinização por abelhas para a conservação dos ecossistemas de restinga, são escassos os estudos com esse enfoque para esses ambientes (Gottsberger *et al.*, 1988; Costa & Ramalho, 2001; Silva *et al.*, 2005). Nesse contexto, o entendimento sobre os sistemas de polinização de espécies chaves constitui ponto de partida para a adoção de medidas de conservação eficientes das interações entre plantas e polinizadores nos ecossistemas (Endress, 1994; Kearns *et al.*, 1998). Essa questão é particularmente relevante para a área das dunas de Abaeté, devido à sua fragilidade e da perda acentuada de área natural decorrente da ocupação humana (Viana *et al.*, 2006).

Received: 14.IV.05

Accepted: 25.IX.06

Distributed: 30.XII.06

Espécies de Lythraceae destacaram-se quanto ao número de visitantes em áreas de campo rupestre, na Serra do Cipó, MG (Faria & Camargo, 1996), de cerrado com elementos de campos rupestres, em Lençóis, Bahia (Martins, 1994) e restinga (Madeira da Silva & Martins, 1999; Viana et al., 2006). Nestes estudos, o percentual de visitantes das espécies do gênero *Cuphea*, em relação ao total de visitantes, oscilou entre 6,1 a 56%.

*Cuphea brachiata* Koehne está representada na flora brasileira nos Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas. Nos Herbários do IBGE-Salvador, Alexandre Leal Costa - UFBA (ALCB) e Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC) encontram-se registros de *C. brachiata* na Bahia para as dunas de Abaeté, Centro Administrativo de Salvador e para os municípios de Camaçari, Belmonte, Santa Cruz de Cabrália, Porto Seguro, Nova Viçosa, Prado e Caetité. Os exemplares foram coletados, na sua maioria, em ambientes de restinga. Nas dunas litorâneas de Abaeté *C. brachiata* é a única representante da família Lythraceae. Em Abaeté, esta espécie geralmente coloniza áreas abertas, sendo importante nos estádios iniciais da sucessão. Sua ocorrência propicia o estabelecimento de outras espécies, sendo por isso considerada fixadora de dunas.

*Cuphea brachiata* constitui importante fonte de recurso trófico para a fauna apícola das dunas de Abaeté, sendo uma espécie-chave para a manutenção da fauna entomófila local. Esta espécie foi a mais visitada por abelhas, apresentando maior riqueza e abundância de visitantes, especialmente abelhas de grande porte do gênero *Xylocopa* e *Centris*, representando 86,38% do total de visitantes (Viana et al., 2002).

As características florais e o padrão de florescimento de *C. brachiata* associado ao alto percentual de abelhas visitantes nas dunas do Abaeté, sugere que estes insetos desempenham papel importante na sua biologia reprodutiva. Assim, visando a melhor compreensão dessa interação foram investigados aspectos referentes a (1) biologia floral, (2) comportamento de floração em nível populacional; (3) sistema reprodutivo e o (4) comportamento das abelhas visitantes visando identificar os polinizadores de *C. brachiata*.

## Material e métodos

Área de estudo - A população de *C. brachiata* estudada distribui-se em uma área de ca três hectares, na Área de Proteção Ambiental das Lagoas e Dunas de Abaeté, no Bairro de Stella Maris, município de Salvador, Bahia (12°55'33"S e 38°20'08"W). O sítio de estudo localiza-se em uma depressão úmida, podendo estar temporariamente alagada, entremeada por dunas de pequeno porte e distante cerca de 1000 m do mar. O clima local é tropical quente e úmido (classificação de Köppen). A normal climatológica (1961-1990) registra temperatura média anual de 25,28°C, precipitação de 175,03 mm mensais e umidade relativa do ar de 81%.

A vegetação das dunas forma um tipo distinto de "restinga", distribuindo-se em manchas separadas por áreas abertas e exibindo baixa diversidade por família e/ou gênero e elevada diversidade taxonômica (Morawetz, 1983; Britto et al., 1993). As dunas do Abaeté não possuem solo propriamente dito, e, sim, uma camada superficial de matéria orgânica sobre sedimento arenoso, condição adequada para

suportar a cobertura vegetal presente, em conformidade com o clima local (Avanzo, 1988).

*C. brachiata* é um subarbusto, alcançando 50 cm de altura, e que apresenta distribuição espacial agregada na área de estudo (E.L. Neves & B.F. Viana, dados não publicados), formando manchas de densidades variadas. A flor é monoclina, com corola gamopétala, de cor amarela e simetria bilateral (Barroso, 1954; Graham & Cavalcanti, 1999). O principal recurso floral é o néctar e a floração é prolongada, com dois picos anuais de floração, de fevereiro a maio e outubro a dezembro (Viana et al., 2006). A exsicata n. 50.776 está depositada no Herbário Alexandre Leal Costa, UFBA.

Biologia floral - As observações sobre a biologia floral de *C. brachiata* foram realizadas em campo, no período de agosto a janeiro de 2002, por observação direta utilizando-se lupa de mão (20 x), e em amostras de flores (n = 20) fixadas em álcool a 70%, sob microscópio estereoscópio. A caracterização morfológica das flores baseou-se nas medidas da profundidade e o diâmetro da corola (n = 15), das estruturas reprodutivas e sua disposição no interior da flor. Os resultados são apresentados em termos de médias e DP.

Botões florais (n = 22) foram marcados em campo e monitorados durante 15 dias consecutivos, até a formação de frutos. Foram registrados o horário e duração da antese, longevidade da flor, período de receptividade estigmática, disponibilidade e viabilidade polínica, seguindo procedimentos descritos por Dafni et al. (2005). A receptividade estigmática (n = 121) e viabilidade polínica foram testadas com gotas de peróxido de hidrogênio (água oxigenada) 3%, com observação direta em campo com lupa (Dafni et al., 2005). A disponibilidade de grãos de pólen aos insetos forrageadores foi avaliada mediante observação direta, utilizando-se lupa de mão (20%). Os grãos foram considerados disponíveis quando se desprendiam em um pequeno bastão de vidro. O número médio de grãos de pólen em uma única flor foi obtido a partir da contagem de todas as anteras de 10 flores. As amostras foram obtidas a partir de grãos de pólen montados em lâminas semi-permanentes.

O nectário foi localizado utilizando-se corante vermelho neutro diluído (10%) em água destilada, segundo Kearns & Inouye (2003). Amostras de flores mantidas imersas na solução durante algumas horas foram, em seguida, dissecadas sob equipamento estereoscópico para a visualização da estrutura corada.

O néctar foi extraído das flores ensacadas desde a pré-antese com o uso de microcapilares, com capacidade de 1 ml. A coleta de néctar, para cálculo do volume e concentração, foi realizada em dois momentos: (1) no final da antese (separação total das pétalas) (n = 27) e (2) 24 horas após a primeira coleta (n = 26). O volume de néctar foi calculado a partir de uma regra de 3 simples, relacionando a altura da coluna formada pelo líquido coletado e a altura total do microcapilar. Objetivando verificar possíveis variações no volume, as médias obtidas foram submetidas ao teste *t* de Student (Zar, 1999). A concentração foi obtida a partir do volume acumulado das amostras de flores de cada período, com auxílio de refratômetro de bolso (ATAGO - 0~90%).

Comportamento de floração - A sincronia da floração ao nível populacional foi calculada com base no monitoramento de 25 indivíduos, marcados aleatoriamente, durante 15 dias consecutivos (03 a 17/dez de 2002). A sincronia individual

indica o período de sobreposição da floração de um indivíduo em relação aos demais, na mesma população. A sincronia da população é uma média composta pelo total de sobreposição de cada indivíduo em relação aos demais (Augspurger, 1983). O valor do índice de sincronia entre indivíduos é dado pela fórmula:

$$X_i = (1/n-1)(1/f_i) \sum_{j=1}^n e_j \neq i$$

Onde:

$e_j$  = número de dias em que a floração dos indivíduos  $i$  e  $j$  se sobrepõem,  $j = i$ ;

$f_i$  = número de dias de florescimento do indivíduo  $i$ ;

$n$  = número de indivíduos da população.

Os valores de  $X$  variam de 0 a 1: quando  $X = 1$ , há sincronia perfeita e quando  $X = 0$ , não há sobreposição no período de florescimento dos indivíduos.

A sincronia populacional é dada pela fórmula:

$$Z = 1/n \sum_{j=1}^n X_j$$

Onde:

$X_i$  = é a sincronia entre o indivíduo  $i$  em relação aos demais, conforme cálculo anterior.

Experimentos de polinização - As flores foram submetidas a três tratamentos ( $n = 100$  flores por tratamento): Controle (flores expostas à visitação); Autopolinização espontânea (botões ensacados, sem manipulação); Autopolinização manual (botões ensacados, abertos temporariamente para a transferência do pólen e novamente ensacados). A pequena dimensão da flor, a dificuldade de manipulação do pólen e deposição sobre o estigma impediram a realização do experimento de polinização cruzada. Devido às perdas de flores no teste de autopolinização manual, em virtude da manipulação, a amostra utilizada para esse tratamento se reduziu a 28 flores. As flores submetidas aos experimentos foram inspecionadas periodicamente (a cada dois dias) até o desenvolvimento do ovário, sendo este o parâmetro utilizado para medir o sucesso na polinização.

Visitantes florais - Os visitantes florais foram coletados com rede entomológica, pelo método de Sakagami & Laroca (1971), durante o levantamento da fauna e flora apícola. Dois coletores percorreram um transecto das 06:00h às 17:00h, a cada dez dias, ao longo do ano de 1996 (Viana et al., 2006). As abelhas estão depositadas na coleção de referência do Laboratório de Biologia e Ecologia de Abelhas (LABEA), do Instituto de Biologia da UFBA. As espécies de abelhas predominantes nas flores de *C. brachiata* foram determinadas pelo método de probabilidade de Kato (Laroca, 1995).

As abelhas foram agrupadas em cinco classes de tamanho de acordo com o comprimento total do corpo e largura do tórax (Michener et al., 1994; Viana & Kleinert, 2005). As categorias de porte corporal utilizadas foram: grande (comp. > 14 mm x larg. tórax > 6 mm), médio robusto (comp. entre 10 e 14 mm x larg. tórax entre 4 e 6 mm), médio delgado (comp. entre 10 e 14 mm x larg. tórax máxima de 3,7 mm), pequeno a médio (comp. entre 7 e 10 mm x larg. tórax máxima de 3 mm) e pequeno (comp. máximo de 7 mm x larg. tórax < 2 mm). Quanto ao comprimento da probóscide, utilizaram-se as classes definidas

por Viana & Kleinert (2005) considerando a medida da ponta da glossa até a base da paraglossa. As categorias de comprimento da probóscide (CL) utilizadas são: intermediária (entre 3 e 6,9 mm), longa (entre 8 e 12 mm), curta (<3 mm). A classificação de cada espécie baseou-se nas medidas realizadas em amostras de 15 a 25 indivíduos.

O comportamento de forrageio de *Centris (Centris) leprieuri* (Spinola) e *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis* Ducke nas flores foram realizadas entre agosto e janeiro de 2002, em ocasiões esporádicas. As observações incluíram a estratégia e local de pouso na flor, frequência e local de contato com as estruturas sexuais, tempo de visita estimado, comportamento de coleta de néctar.

Com um pincel fino, grãos de pólen foram removidos da porção ventral da cabeça dos exemplares de *C. leprieuri* e *X. cearensis* ( $n = 10$  indivíduos de cada espécie) depositados na coleção. Para cada espécime foram montadas dez lâminas com gelatina glicerínada pura para a contagem dos grãos de pólen. As lâminas estão depositadas no laboratório de Biologia e Ecologia de Abelhas (LABEA), do IB-UFBA.

Os indivíduos foram agrupados nas classes modificadas de Clinebell & Bernhardt (1998), de acordo com o percentual de grãos de *C. brachiata* encontrado: > 75%; entre 75% e 50%, entre 50% e 25% e sem grãos de pólen (indivíduos portadores de menos de 50 grãos). Esse critério objetivou amenizar o erro causado por eventuais contaminações dos grãos de pólen pelo contato entre os corpos dos espécimes e a superfície da câmara mortífera.

## Resultados

Biologia floral - As flores de *C. brachiata* são isoladas; a corola é zigomorfa; amarela; fusionada formando um tubo estreito e longo (profundidade média de  $7,73 \pm 0,80$  mm e diâmetro médio de  $4,07 \pm 0,59$  mm) e seis pétalas livres. São monoclinas; o androceu formado por 11 estames, sendo 09 mais longos e 02 mais curtos, adnatos à corola, com anteras de deiscência longitudinal. O gineceu com ovário súpero, tricarpe-lar e trilobular, com um óvulo por lóculo; o estilete mede ca. 2 a 3 mm ( $n = 126$ ) de comprimento, sendo um pouco menor do que os estames mais longos, e o estigma possui extremidade arredondada.

A antese ocorre ao longo de todo o dia, resultando em padrão populacional assíncrono. O período transcorrido até a separação total das pétalas e exposição das estruturas reprodutivas variou de 24 a 48 h ( $X = 36$  h;  $n = 10$ ). Os grãos de pólen estão disponíveis e viáveis desde a antese ( $X = 14.892 \pm 1.109$  grãos/flor) e o estigma encontra-se receptivo ( $n = 121$ ). As flores permanecem com pétalas durante 02 dias, em média ( $n = 30$ ), em seguida suas pétalas murcham e caem. Quando mantidas ensacadas, protegidas dos visitantes, as flores ( $n = 28$ ) permaneceram por mais tempo com pétalas (2,6 dias, em média). A viabilidade polínica e a receptividade estigmática foram demonstradas ainda em flores sem pétalas. Desde o momento da antese até a formação de frutos transcorreram, em média, 15 dias ( $n = 22$ ).

O néctar é produzido e secretado durante a pré-antese pelo nectário localizado na porção lateral do ovário, de modo que as flores abrem com a quantidade de néctar total produzida. O volume médio oferecido aos visitantes no momento da antese é

de  $2,28 \pm 0,93$  ml, com concentração de 20%. Observou-se que o volume reduz-se em média à  $0,96 \pm 0,60$  µl e concentração subiu para 26%, na coleta realizada 24 horas após a antese. A diferença entre os volumes nas flores no momento de antese e 24 horas após a antese foi estatisticamente significativa ( $t = 5,741$ ;  $P < 0,0001$ ).

**Comportamento de floração** - A população em estudo apresentou sobreposição parcial na floração, com índice de sincronia de floração intermediário ( $IS = 0,43$ ), ou seja, os indivíduos possuem uma sincronia regular entre si, de forma que os indivíduos não produzem flores simultaneamente.

**Sistema reprodutivo** - Os testes de polinização resultaram na ausência de formação de frutos na autopolinização espontânea ( $n = 100$ ), baixa taxa para autopolinização manual, apenas 7% ( $n = 28$ ) e elevado grau de sucesso reprodutivo em condições naturais, 89% das flores apresentaram desenvolvimento do ovário ( $n = 100$ ) (grupo controle).

**Visitantes florais** - Foram coletados 646 indivíduos de 22 espécies de abelhas, pertencentes a 14 gêneros e quatro famílias de Apoidea (Tab. 1). O porte corporal das abelhas variou de pequeno a grande, e o tamanho da probóscide de curta a muito longa.

Uma das características de um bom polinizador dentre a fauna visitante é a sua abundância nas flores. Das as abelhas visitantes, as espécies predominantes foram *X. cearensis* e *C.*

*leprieuri*, perfazendo 86,38% do total dos visitantes florais de *C. brachiata*.

O comportamento de coleta de néctar foi semelhante entre as duas espécies de abelhas predominantes nas flores de *C. brachiata*: ao pousarem sobre as quatro pétalas inferiores para acessar o néctar, contatam os estames e o estigma, que estão aderidos ao tubo floral na parte inferior. Estes se apresentam ligeiramente curvados em direção ao centro da flor, coincidindo com o posicionamento do visitante na porção ventral. Os visitantes introduzem a parte anterior da cabeça no tubo floral para alcançar o néctar, permanecendo na flor de 2 a 5s (*C. leprieuri*  $n = 15$ ; *X. cearensis*  $n = 20$ ), sendo que *C. leprieuri* realizam visitas mais rápidas. No momento de coleta do néctar, o pólen fica aderido na porção ventral da cabeça do visitante floral, local que contata anteras e estigma da flor.

Grãos de pólen de *C. brachiata* foram encontrados na região ventral da cabeça em todos os indivíduos analisados, sendo a quantidade média de grãos foi de 100 por indivíduo. Em relação à representatividade dos grãos de pólen de *C. brachiata*, as abelhas *C. leprieuri* ( $n = 10$ ) apresentam maiores percentuais em comparação às de *X. cearensis* ( $n = 10$ ), aprox. 85% e 25%, respectivamente. Nas amostras analisadas, independentemente do percentual de grãos de *C. brachiata*, observou-se que poucos tipos polínicos aderiram na mesma região, sendo no máximo cinco tipos.

**Tabela 1** - Espécies de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes de *C. brachiata* na APA de Abaeté, Salvador, Bahia. Classificação segundo Michener et al. (2004). Espécies em negrito: visitantes significativamente predominantes.

Família	Espécies de abelhas	Porte corporal	Comprimento da glossa	Abundância (%)
Apidae	<i>Centris (Centris) caixiensis</i> Ducke, 1907	médio-robusto	longa	5,4
	<i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	grande	longa	0,3
	<b><i>Centris (Centris) leprieuri</i></b> (Spinola, 1841)	médio-robusto	longa	<b>10,4</b>
	<i>Centris (Centris) pulchra</i> Moure, Oliveira & Viana, 2003	médio-robusto	longa	1,4
	<i>Centris lutea</i> Friese, 1899	médio-robusto	longa	0,2
	<i>Centris nitens</i> Lepeletier, 1841	médio-robusto	longa	0,2
	<i>Epicharis bicolor</i> Smith, 1874	grande	muito longa	0,9
	<i>Eufriesea mussitans</i> (Fabricius, 1787)	grande	muito longa	0,2
	<i>Euglossa cordata</i> Linnaeus, 1758	médio-robusto	muito longa	0,5
	<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	grande	muito longa	1,1
	<i>Florilegus similis</i> Urban, 1970	médio-robusto	intermediária	0,2
	<i>Mesonychium littoreum</i> Moure, 1944	médio-robusto	intermediária	0,6
	<i>Mesoplia</i> sp.1	médio-robusto	intermediária	0,6
	<i>Mesoplia</i> sp.2	médio-robusto	intermediária	0,2
	<i>Trigona spinipes</i> Fabricius, 1793	pequeno	curta	0,2
	<b><i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i></b> Ducke, 1910	grande	longa	<b>76,0</b>
	<i>Xylocopa (Schonherria) subcyanea</i> Pérez, 1901	médio-robusto	longa	0,9
Colletidae	<i>Chilicola</i> sp.	pequeno	curta e bilobada	0,3
Halictidae	<i>Augochlora</i> sp.1	pequeno-médio	curta	0,2
	<i>Pseudaugochlora pandora</i> Smith, 1853	pequeno-médio	curta	0,2
Megachilidae	<i>Pseudocentrum (Pseudocentrum)</i> sp.	médio-robusto	intermediária	0,2
	<i>Dicranthidium luciae</i> Urban, 1992	pequeno-médio	curta	0,2

## Discussão

As flores de *C. brachiata* enquadram-se na síndrome de melitofilia (Faegri & van der Pijl, 1979), devido a características como simetria zigomorfa, presença de pétalas inferiores formando uma plataforma de pouso, cálice tubular, produção de néctar, e às anteras com deiscência longitudinal.

Exceto pela coloração amarela, seu padrão floral não diferiu do descrito para as estimadas 250 espécies do gênero (Graham & Cavalcanti, 1999). A disposição das estruturas reprodutivas de *C. brachiata* também se assemelha àquela observada em espécies do gênero (e.g., *C. calophylla*, *C. carthagenensis*, *C. elliptica*, *C. melanium*, *C. micrantha* e *C. parsonsia*) (Graham, 1998), diferindo apenas no fato das suas anteras ultrapassarem um pouco a margem do tubo floral e do estigma apresentar-se quase no mesmo nível das anteras, estando um pouco abaixo.

Alguns autores sugerem que a coloração das flores é um aspecto importante, pois as plantas podem competir por “nichos” de cores na memória das abelhas, as quais tendem a visitar flores que exibam colorações semelhantes (p.ex., Chittka, 1997). Como em Abaeté, uma pequena fração da flora apícola (15%) apresenta coloração amarela (Viana et al., 2006), o reconhecimento de *C. brachiata* pelos seus visitantes dentre as demais fontes de recursos pode estar sendo favorecido, evitando o fluxo heteroespecífico de grãos de pólen.

As flores de *C. brachiata* não exibem forte especialização a grupos funcionais de abelhas, em função do porte ou comprimento da língua, corroborando o caráter generalista dessa espécie em relação aos seus polinizadores potenciais, dentro da flora apícola de Abaeté (Viana et al., 2006). Em geral, as características florais de *C. brachiata* determinam estratégias diferenciadas de pouso e coleta de néctar: abelhas pequenas e com língua curta conseguem entrar na corola e obter o recurso, enquanto abelhas robustas inserem a língua longa no interior do tubo. Embora ambas tenham acesso ao néctar, as abelhas robustas obrigatoriamente contatam as anteras e estigma ao coletarem o recurso, geralmente, em uma mesma região corporal. Contudo, seriam necessárias observações mais detalhadas para inferir possíveis implicações da morfologia floral sobre a eficiência dos polinizadores.

A riqueza de abelhas visitante de *C. brachiata* reflete as tendências generalistas do ecossistema das dunas de Abaeté, e a abundância de visitantes das espécies *Xylocopa cearensis* e *Centris leprieuri* o predomínio de abelhas solitárias de grande porte e longo período de atividade (Viana & Kleinert, 2005). Devido a essa característica, as análises comportamentais se restringiram a estas espécies, já que as demais tiveram ocorrência esporádica e inexpressiva numericamente.

As abelhas *X. cearensis* e *C. leprieuri* são potenciais polinizadores de *C. brachiata* devido ao comportamento de forrageio, frequência de visitas às flores, contato com os órgãos reprodutivos, porte corporal e pilosidade, que favorece a coleta passiva de pólen no mesmo local que contata estames e estigma. Embora o pólen aderido ao corpo de *C. leprieuri* seja predominantemente de *C. brachiata*, o que sugere maior fidelidade em comparação com *X. cearensis*, esta última parece ter maior importância relativa como polinizadora devido a sua abundância local e nas flores de *C. brachiata*; e longo período de atividade anual e diária, coincidindo com a disponibilidade de flores da espécie estudada.

*Xylocopa cearensis* realiza visitas rápidas (de 2 a 5s) às flores de *C. brachiata*, tendo sido obtido resultado similar para *Eriope blanchetii* (Silva & Viana, 2002), e em outras espécies com flores pequenas (Costa & Ramalho, 2002) investigadas nas dunas de Abaeté. Contudo, a quantidade de grãos de pólen no corpo dos indivíduos analisados parece ser suficiente para promover a polinização eficiente da espécie estudada, considerando o pequeno número de óvulos. Alguns autores sugerem ainda que a baixa aderência de pólen a cada visita eleva o potencial doador das flores (Pasquale & Jacobi, 1998), aumentando as chances da polinização cruzada. Aliado a isso, o pequeno número de tipos polínicos reduz a probabilidade de deposição de pólen heteroespecífico o que poderia, eventualmente, obstruir o estigma de *C. brachiata*.

A floração prolongada observada em *C. brachiata* também foi registrada para *Cuphea flava* (Madeira da Silva & Martins, 1999), sendo este um padrão comum para as espécies de Abaeté (Morawetz, 1983; Costa & Ramalho, 2001; Silva & Viana, 2002). Esse padrão de florescimento aumenta as chances de ocorrer polinização durante os períodos de más condições de tempo ou escassez de polinizadores (Augsburger, 1983; Bawa, 1983).

*Cuphea brachiata* disponibiliza recurso trófico para a fauna local de visitantes florais, cujas populações são abundantes na área e são ativas ao longo de todo o período de florescimento da espécie (Viana et al., 2006). Embora a antese, no nível populacional, seja assíncronica, é mais frequente durante o período da manhã, coincidindo com o período de maior atividade das abelhas localmente (Viana et al., 2006).

Embora as espécies de *Xylocopa* tendam a alternar as fontes de recurso em função da densidade de floração, estas possuem atributos que as tornam potenciais polinizadores de *C. brachiata*. Outros estudos também revelaram que apesar de possuírem hábito generalista, as abelhas do gênero *Xylocopa* são consideradas polinizadores efetivos de muitas espécies nativas e cultivadas (p.ex., Sihag, 1993; Heard, 1994; Schlindwein & Wittman, 1995).

A atratividade das flores de *C. brachiata* aos polinizadores potenciais, assim como evidenciado em outros trabalhos, pode estar sendo intensificada pela longevidade floral (Navarro, 1997; Larson & Barreti, 1999; Quirino & Machado, 2001; Mejías, 1994). Em *C. brachiata*, observou-se que a queda das pétalas é acelerada em flores expostas à visitação.

A distribuição agregada dos arbustos (Costa & Ramalho, 2002) concentra o recurso floral e facilita a sua localização pelas abelhas, compensando a pequena dimensão das flores. Segundo Costa & Ramalho (2001), o predomínio de polinizadores de alta mobilidade nas dunas, não permite inferir relações diretas entre padrão de distribuição espacial e atividade de seus polinizadores.

O pequeno volume e a baixa concentração de açúcares do néctar enquadram-se na faixa de variação encontrada em outras espécies vegetais polinizadas por abelhas (17 a 63%) (Heinrich, 1975; Spira, 1980; Whitten, 1981; Ramalho et al., 1991; Médan, 1994; Roubik et al., 1995), verificada inclusive para espécies da família Lythraceae (p.ex. *Lagerstroemia speciosa*; Vitali-Veiga et al., 1999). O néctar pouco concentrado favorece o comportamento de forrageio no qual as abelhas visitam muitas flores para obter a quantidade suficiente de néctar (Janzen, 1971; Roubik, 1989; Southwick et al., 1981; Roubik et al., 1995). Segundo Waddington (1983), tal comportamento aumenta as

chances de polinização cruzada, além de reduzir os custos de produção deste recurso. O néctar produzido por flores de *C. brachiata* é disponibilizado em maior volume no primeiro dia, tendo o volume reduzido no segundo dia, provavelmente, em consequência da evaporação ou da reabsorção deste pela planta.

A acessibilidade e a previsibilidade do néctar o torna um recurso atrativo, sobretudo nos períodos de escassez de flores (Southwick *et al.*, 1981; Westerkamp, 1996) como nas dunas de Abaeté.

A ausência de separação espacial (hercogamia) e temporal (dicogamia), aliadas à autocompatibilidade, detectada pelos testes de autopolinização manual, sugerem a ocorrência de autopolinização. No entanto, o teste de autopolinização espontânea não resultou na formação de frutos, indicando que a transferência intrafloral (autogamia) de pólen não ocorre naturalmente.

Os dados sugerem, portanto, que vetores de pólen são importantes para a formação de frutos em *C. brachiata*, seja promovendo a autogamia ou a xenogamia. Porém, a devido ao teste de polinização cruzada não ter sido realizado, não é possível afirmar qual o sistema de polinização predominante. Assim, é necessário realizar experimentos de polinização cruzada para a determinar o papel dos polinizadores e a importância relativa da autogamia e da xenogamia, de modo a discutir possíveis implicações para o sucesso reprodutivo da espécie a médio e longo prazo.

## Agradecimentos

Camila M. Pigozzo agradece ao PIBIC/CNPq/UFBA pela concessão da bolsa de iniciação científica; às equipes do Laboratório de Biologia e Ecologia de Abelhas (LBEA) – UFBA e do Laboratório de Abelhas (LABE) – EBDA pela constante ajuda nos trabalhos de campo. Agradecemos também aos revisores anônimos pelas sugestões e correções que enriqueceram o trabalho.

## Referências

- Augspurger, C. K. 1983. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. **Biotropica**, **15**: 257-267.
- Avanzo, P. E. 1988. **Importância da Geologia nos Estudos de Impacto Ambiental: Abaeté – Um Exemplo**. Salvador, Centro Editorial e Didático da UFBA.
- Barroso, G. M. 1954. Contribuição ao Estudo do Gênero *Cuphea* Adans. **Rodriguesia**, **16/17**: 193-212.
- Bawa, K. S. 1983. Patterns of flowering in tropical plants. In: Jones, C.E. & Little, R.K. (Ed.) **Handbook of Experimental Pollination Biology**. New York, Von Nostrand Reinhold. pp.394-410.
- Britto, I. C.; Queiroz, L. P.; Guedes, M. L. S.; Oliveira, N. C. & Silva, L. B. 1993. Flora Fanerogâmica das dunas e Lagoas de Abaeté, Salvador, Bahia. **Sitientibus**, **11**: 31-46.
- Chittka, L. 1997. Bee color vision is optimal for coding flower color, but flower colors are not optimal for being coded – why? **Israel Journal of Plant Science**, **45**: 115-127.
- Clinebell, R. R. & Bernhardt, P. 1998. The pollination ecology of five species of *Penstemon* (Scrophulariaceae) in the tallgrass prairie. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, **85**: 126-136.
- Costa, J. A. S. & Ramalho, M. 2001. Ecologia da polinização em ambiente de duna tropical (APA do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil). **Sitientibus**, **2**: 141-153.
- Dafni, A. & Giurfa, M. 1998. Nectar guides and insect pattern recognition – a reconsideration. In: Z.L. Paulino Simões (Ed.) **Anais do III Encontro sobre Abelhas**. Ribeirão Preto, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, pp. 55-66.
- Dafni, A.; Kevan, P. G. & Husband, B. C. (Ed). 2005. **Practical pollination biology**. Cambridge, Cambridge University Press, 590 pp.
- Endress, P. K. 1994. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge, Cambridge University Press, 511pp.
- Faegri, K. & Van der Pijl, L. 1979. **The principles of pollination ecology**. 3<sup>rd</sup> Ed. Oxford, Pergamon Press, 244pp.
- Faria, G. M. & Camargo, J. M. F. 1996. A flora melitófila e a fauna de Apoidea de um ecossistema de campos rupestres, Serra do Cipó, MG, Brasil. In: Z.L. Paulino Simões (Ed.) **Anais do II Encontro sobre Abelhas**. Ribeirão Preto, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, pp. 217-228.
- Gottsberger, G.; Camargo, J.M.F. & Silberbauer-Gottsberger, I. 1988. A bee pollinated tropical community: The beach dune vegetation of Ilha de São Luís, Maranhão, Brazil. **Botanische Jahrbücher für Systematik**, **109**: 469-500.
- Graham, S. A. & Cavalcanti, T. B. 1999. The yellow-flowered species of *Cuphea* (Lythraceae), including three new taxa. **Brittonia**, **51**: 24-30.
- Graham, S. A. 1998. Relacionamentos entre espécies autógamas de *Cuphea* P. Browe Seção Brachyandra Koehne (Lythraceae). **Acta Botanica Brasilica**, **12**: 203-214.
- Heard, T. A. 1994. Behaviour and pollinator efficiency of stingless bee and honey bees on macadamia flowers. **Journal of Apicultural Research**, **33**: 191-198.
- Heinrich, B. 1975. Bee flowers: a hypothesis variety and blooming times. **Evolution**, **29**: 325-334.
- Janzen, D. H. 1971. Euglossinae bees as long-distance pollinators of tropical plants. **Science**, **171**: 203-205.
- Kearns, C. A. & Inouye, D. W. 2003. **Techniques for Pollination Biologists**. Colorado, University Press of Colorado, 583pp.
- Kearns, C. A.; Inouye, D. W. & Waser, N. M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, **29**: 83-112.
- Laroca, S. 1995. **Ecologia: Princípios e Métodos**. Petrópolis, Vozes. 197pp.
- Larson, B. M. H. & Barret, S. C. H. 1999. The pollination ecology of buzz-pollinated *Rhexia virginica* (Melastomataceae). **American Journal of Botany**, **86**: 502-511.
- Levin, D. A. 1977. Pollination behavior and the breeding structure of plant populations. In: Richards, A. J. (Ed.) **The pollination of flowers by insects**. London, Academic Press, pp.133-150.
- Madeira da Silva, M. C. & Martins, C. F. 1999. Flora apícola e relações tróficas de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de Restinga (Praia de Intermares, Cabedelo-PB, Brasil). **Principia**, **7**: 40-51.
- Martins, C. F. 1994. Comunidade de abelhas (Hym., Apoidea) da caatinga e do cerrado com elementos de campos rupestres do estado da Bahia, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, **9**: 225-257.
- Médan, D. 1994. Reproductive biology of *Frangula alnus* (Rhamnaceae) in southern Spain. **Plant Systematics and Evolution**, **193**: 173-186.

- Mejías, J. A. 1994. Self-fertility and associated flower head traits in the Iberian taxa of *Lactuca* and related genera (Asteraceae: Lactuceae). **Plant Systematics and Evolution**, **191**: 147-160.
- Michener, C. D.; Mcginley, R. J. & Danforth, B. N. 1994. **The Bee Genera of North and Central America (Hymenoptera: Apoidea)**. Washington. 209pp.
- Morawetz, W. 1983. Dispersal and succession in an extreme tropical habitat: coastal sands and xeric woodland in Bahia (Brazil). **Sonderband Naturwissenschaften Revue**, **7**: 359-380.
- Navarro, L. 1997. Is the dichogamy of *Salvia verbenaca* (Lamiaceae) an effective barrier to self-fertilization? **Plant Systematics and Evolution**, **207**: 111-117.
- Pasquale, C. D. & Jacobi, C. M. 1998. Dynamics of pollination: a model of insect-mediated pollen transfer in self-incompatible plants. **Ecological Modelling**, **109**: 25-34.
- Proctor, M.; Yeo, P. & Lack, A. 1996. **The Natural history of pollination**. London, Collins, 479pp.
- Quirino, Z. G. M. & Machado, I. C. 2001. Biologia da polinização e da reprodução de três espécies de *Combretum* Loeffl. (Combretaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, **2**: 181-193.
- Ramalho, M.; Imperatriz-Fonseca, V. L. & Kleinert-Giovannini, A. 1991. Ecologia nutricional de abelhas sociais In: Panizzi, A. R. & Parra, J. R. P. (Ed.) **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Brasília, Manole. pp.225-252.
- Roubik, D. W. 1989. **Ecology and the natural history of tropical bees**. Cambridge, Cambridge University Press, 514pp.
- Roubik, D. W.; Yanega, D.; Aluja, M. S.; Buchmann, S. L. & Inouye, D. W. 1995. On optimal nectar foraging by some tropical bees (Hymenoptera: Apidae). **Apidologie**, **26**: 197 – 211.
- Sakagami, S. F.; Laroca, S. 1971. Relative abundance, phenology and flower visits of Apid bees in eastern Paraná, Southern Brazil (Hymenoptera, Apidae). **Kontyu**, **39**: 217-230.
- Schindwein, C. & Wittman, D. 1995. Specialized solitary bees as effective pollinators of South Brazilian species of *Notocactus* and *Gymnocalycium* (Cactaceae). **Bradleya**, **13**: 25-34.
- Sihag, R. C. 1993. Behaviour and ecology of the subtropical carpenter bee, *Xylocopa fenestrata* F. 6. Foraging dynamics, crop hosts and pollination potential. **Journal of Apicultural Research**, **32**: 94-101.
- Silva, F.O. & Viana, B. F. 2002. Os visitantes florais de *Eriope blanchetii* (Benth) Harley (Labiatae) nas dunas costeiras de Abaeté, Salvador, Bahia. **Sitientibus**, **2**: 3-10.
- Silva, F.O.; Viana, B.F. & Jacobi, C.M. 2005. The Floral Biology of *Eriope blanchetii* (Lamiaceae) in Coastal sand Dunes of NE Brazil. **Austral Ecology**, **30**: 243-249.
- Southwick, E. E.; Loper, G. M. & Sadwick, S. E. 1981. Nectar production, composition, energetics and pollinator attractiveness in spring flowers of western New York. **American Journal of Botany**, **68**: 994-1002.
- Spears JR., E. E. 1983. A direct measure of pollinator effectiveness. **Oecologia**, **57**: 196-199.
- Spira, T. P. 1980. Floral parameters, breeding system and pollinator type in *Trichostema* (Labiatae). **American Journal of Botany**, **67**: 278-284.
- Totland, Æ. & Matthews, I. 1998. Determinants of pollinators activity and flower preference in the early spring blooming *Crocus vernus*. **Acta Oecologica**, **19**: 155-165.
- Viana, B. F.; Kleinert, A. M. P. & Silva, F. O. 2002. Ecologia de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* (Hymenoptera, Anthophoridae) nas dunas litorâneas de Abaeté, Salvador, Bahia. **Iheringia, Série Zoológica**, **4**: 47-57.
- Viana, B. F.; Kleinert, A. M. P. 2005. A Community of Flower-visiting Bees (Hymenoptera: Apoidea) in the Coastal Sand Dunes of Northeastern Brazil. **Biota neotropica**, **5**: 5-12.
- Viana, B. F.; Silva, F. O.; Kleinert, A. M. P. 2006. A Flora apícola de uma área restrita de dunas litorâneas, Abaeté, Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Botânica**, **29**: 13-25.
- Vitali-Veiga, M. J.; Dutra, J. C. S. & Machado, V. L. L. 1999. Visitantes florais de *Lagestroemia speciosa* Pers. (Lythraceae). **Revista Brasileira de Zoologia**, **16**: 397-401.
- Waddington, K. D. 1983. Pollen flow and optimal outcrossing distance. **The American Naturalist**, **1**: 147-151.
- Westerkamp, C. H. 1996. Pollen in bee-flower relations: some considerations on melittophily. **Botanica Acta**, **109**: 325-332.
- Whitten, W. M. 1981. Pollination ecology of *Monarca didyma*, *M. clinopodia*, and hybrids (Lamiaceae) in the Southern Appalachian Mountains. **American Journal of Botany**, **68**: 435-442.
- Zar, J. H. 1999. **Biostatistical analysis**. New Jersey, Prentice-Hall, 697pp.