

Mecanismo explosivo de polinização em *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (Fabaceae) na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil

Andressa Cavalcante Meireles^{1*}

Joel Araújo Queiroz²

Zelma Glebya Maciel Quirino³

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecótonos, Núcleo de Estudos Ambientais
Universidade Federal do Tocantins, Rua Três, QD. 17 s/n
Caixa Postal 136, CEP 77500-000, Porto Nacional – TO, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica
Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, Brasil

³ Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Centro de Ciências Aplicadas e Educação
Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto – PB, Brasil

* Autor para correspondência
andressaecologia@gmail.com

Submetido em 10/03/2015
Aceito para publicação em 21/09/2015

Resumo

A espécie *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. apresenta flores papilionáceas e bilabiadas o que proporciona um complexo mecanismo de polinização. A polinização e a reprodução de *P. mediterranea* foram estudadas no período de novembro/2009 a outubro/2011 na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. As pétalas são modificadas em uma quilha, que protege os estames e o estigma; duas alas, que envolvem a quilha, e um estandarte, que serve de plataforma de pouso para o visitante floral. O mecanismo de polinização é o explosivo, no qual as abelhas *Xylocopa frontalis*, *Acanthopus excellens* e *Epicharis* sp. apresentavam o comportamento de pousar no estandarte e, auxiliadas pelo seu peso, eram capazes de expor os órgãos reprodutivos que se encontram inclusos no complexo alas-quilha. Como consequência, os órgãos reprodutivos da flor contatavam a região dorsal do corpo da abelha, onde o pólen ficava depositado, caracterizando a polinização nototribica. Testes reprodutivos demonstraram frutificação de 20% em autopolinização espontânea, 33% em autopolinização manual, 33% em polinização cruzada manual e 100% no grupo controle, enquanto que em apomixia não houve sucesso reprodutivo. Os resultados demonstraram que a espécie é autocompatível, mas depende de polinizadores para garantir o seu sucesso reprodutivo.

Palavras-chave: Autocompatibilidade; Flores com quilha invertida; Melitofilia

Abstract

Explosive pollination mechanism in *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (Fabaceae) in the Guaribas Biological Reserve, Paraíba, Brazil. *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. has papilionaceous flowers with a complex pollination mechanism. This study examined pollination and reproduction in *P. mediterranea* from

November 2009 to October 2011 at the Guaribas Biological Reserve, Paraíba, Brazil. The petals are modified in a keel that protects the stamens and stigma; two wings surround the keel, and a standard that serves as landing platform for floral visitors. *Periandra mediterranea* exhibits an explosive type pollination mechanism in which the bee species *Xylocopa frontalis*, *Acanthopus excellens* and *Epicharis* sp., land on the standard and, due to body weight, expose the reproductive organs in the wing-keel complex. As a result, the reproductive organs of the flower come into contact with the dorsal region of the bee body, depositing pollen (i.e., nototribic pollination). Reproductive assays showed 20% fruiting in spontaneous auto-pollination, 33% in manual auto-pollination, 33% in manual cross-pollination, and 100% in the control group, with no reproductive success while in apomixis. These results demonstrate self-compatibility in this species, however it depends on pollinators to ensure reproductive success.

Key words: Inverted keel flowers; Melittophily; Self-compatibility

Introdução

A subfamília Papilionoideae compreende cerca de 400 gêneros, sendo a maior entre as subfamílias das Fabaceas (JOLY, 1991). As espécies desta subfamília apresentam características florais distintas e bem elaboradas, que resultaram em uma diversidade de mecanismos de polinização (STIRTON, 1981). Dentro dessas características são destacadas as adaptações de suas flores para serem visitadas por insetos, como: perfume adocicado, antese diurna, cores vistosas e variada oferta de recursos (néctar, pólen) (ENDRESS, 1994). Esses atributos estão relacionados à melitofilia, síndrome de polinização por abelhas (FAEGRI; VAN DER PIJL, 1979).

Além dessas características, a maioria das Papilionoideae (aproximadamente 30 tribos) apresenta flores zigomórficas e pentâmeras (TUCKER, 2003), com pétalas diferenciadas em: duas alas; duas pétalas unidas que formam a quilha e uma pétala que forma o estandarte (ARROYO, 1981; TUCKER, 2003). Neste tipo floral, denominado flor bilabiada (*sensu* WESTERKAMP; CLABEN-BOCKHOFF, 2007), as partes florais (alas e quilhas) são ativamente manuseadas pelos visitantes durante a busca de recursos florais, sendo relacionadas com o comportamento e morfologia de espécies de abelhas (FAEGRI; VAN DER PIJL, 1979; ARROYO, 1981; TUCKER, 1987; 2003; WESTERKAMP; WEBER, 1999). Nessa subfamília a deposição e a remoção de pólen podem acontecer por intermédios de quatro mecanismos: valvular, bomba, escova e explosiva (ARROYO, 1981; YEO, 1993; WESTERKAMP, 1997;

WESTERKAMP; WEBER, 1999; GALLONI et al., 2007; LE ROUX; VAN WYK, 2012; ALEMÁN et al., 2014).

As flores de quilha invertida foram incluídas no grupo funcional de flores bilabiadas devido à sua organização ressupinada e transferência de pólen nototribica, ou seja, na região dorsal do corpo dos visitantes florais (WESTERKAMP; CLABEN-BOCKHOFF, 2007; AMARAL-NETO et al., 2015). Flores de quilha invertida, que possuem o mecanismo explosivo de abertura e liberação de pólen, precisam que uma pressão seja aplicada na pétala estandarte, esta pressão é exercida pelo peso corporal em conjunto com os movimentos do visitante floral, que por sua vez utiliza esta pétala como plataforma de pouso, como consequência, as pétalas do complexo alas-quilha se separam liberando os elementos reprodutivos repentinamente, lançando o pólen contra o polinizador (BAKER, 1970), dessa forma apenas alguns visitantes florais podem ativar eficientemente este mecanismo de polinização. Após a exposição dos órgãos reprodutivos o mecanismo explosivo é desativado podendo perder sua funcionalidade, e as pétalas não mais retornam a sua posição original (ARROYO, 1981; GALLONI; CRISTOFOLINI, 2003; GALLONI et al., 2007; ALEMÁN et al., 2014). No entanto, existem casos em que as pétalas podem retornar à sua posição original (GALLONI; CRISTOFOLINI, 2003; SOLOMON RAJU; PURNACHANDRA RAO, 2006).

A espécie *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub., da tribo Phaseoleae, apresenta flores tipicamente

papilionáceas (FUNCH; BARROSO, 1999). Esta espécie é nativa do Brasil, com distribuição em todas as regiões, sendo encontrada principalmente nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (QUEIROZ, 2015).

Para o presente trabalho, selecionamos como objeto de estudo a espécie *Periandra mediterranea*, com o objetivo de investigar o mecanismo de polinização explosivo nessa planta. A espécie apresenta flores bilabiadas, com o estandarte assumindo o papel de estrutura de pouso e o complexo alas-quilha conferindo proteção às anteras (pólen) e ao estigma e tendo função importante no mecanismo de exposição dessas partes reprodutivas durante o contato com o visitante floral. Buscou-se responder as seguintes questões: (1) como ocorre o mecanismo explosivo de polinização em *P. mediterranea*? (2) quais visitantes florais são capazes de acionar eficientemente o mecanismo explosivo de polinização? (3) qual é o sistema de reprodução? e (4) há dependência de vetores de pólen para a formação de frutos?

Material e Métodos

Área de estudo

O trabalho foi realizado durante o período de novembro de 2009 a outubro de 2011 na Reserva Biológica Guaribas, localizada nos municípios de Rio Tinto e de Mamanguape (6°40'53"S e 35°09'59"W), litoral norte da Paraíba. A reserva possui uma área superfície total de 4.321 ha, sendo dividida em três áreas. A área II foi o local escolhido como área do estudo e está localizada em Mamanguape, com 3.378 ha, onde está situada a sede da reserva, apresenta manchas de cerrado também conhecidos como tabuleiros paraibanos, entretanto, conta com uma cobertura vegetal predominante de Mata Atlântica.

Espécie estudada

Periandra mediterranea (Vell.) Taub. é um arbusto ereto ou escandente, podendo apresentar até 3,5 m de altura; indumento esparso a densamente pubérulo ou pubérulo e seríceo, ocasionalmente subvelutino,

canescente, recobrando as partes vegetativas, ou às vezes ausente; apresenta inflorescências terminais ou axilares, com pedúnculo variando de subséssil até 10 cm comprimento; papilionáceas, com ápice assimétrico (FUNCH; BARROSO, 1999).

Materiais botânicos da espécie estudada foram depositados no Herbário Lauro Pires Xavier/JPB da Universidade Federal da Paraíba, sob o número de registro 52.225.

Morfologia floral

Foram coletados flores e frutos para análise da morfometria e biologia floral. As medidas do comprimento da base para o ápice das pétalas (alas, quilha e estandarte) e dos órgãos reprodutivos (estames e pistilos) (n = 30) foram realizadas com o auxílio de paquímetro digital. A razão pólen/óvulo (CRUDEN; HERMANN-PARKER, 1979) foi determinada através da contagem direta do número de grãos de pólen e de óvulos por flor (n = 20). A viabilidade polínica foi estimada pela contagem de grãos de pólen corados em solução de carmin acético 2% (RADFORD et al., 1974). Para determinar a razão semente/óvulo dividiu-se o número médio de sementes maduras encontradas nesses frutos (n = 30) pelo número de óvulos por flor (n = 30) (WIENS, 1984).

Estimou-se a quantidade média de flores produzidas por indivíduo (n = 20) e o número médio de frutos por indivíduo (n = 20) em duas subpopulações acompanhadas. A razão fruto/flor foi estimada pela divisão do número médio de flores/indivíduo pelo número médio de frutos/indivíduos (n = 20).

Antese

A antese floral foi acompanhada em flores (n = 30) devidamente marcadas e enumeradas.

Para determinação da presença/ausência de néctar e pólen, botões florais em pré-antese (n = 30) foram encobertos com sacos de tule e monitorados durante toda duração da antese.

Para determinar o período de receptividade estigmática, foi utilizada solução de peróxido de

hidrogênio (ZEISLER, 1938) no estigma de flores durante todo período de antese ($n = 80$).

Mecanismo de polinização e visitantes florais

Os animais visitantes foram observados diretamente no campo, em plantas focais ($n = 30$) somando 375 h de observações diurnas. Foram registrados o horário e a duração das visitas, a frequência (número de visitas por intervalo de tempo) e o comportamento dos animais, ou seja, se a visita provocava exposição das estruturas reprodutivas das flores e contato de tais estruturas com a parte dorsal do corpo do visitante floral.

Sendo assim, os visitantes florais foram classificados em três categorias baseadas em critérios sugeridos por Inouye (1980): (1) *Polinizador efetivo*: quando a visita ativou o mecanismo de polinização explosiva, possibilitando contato da parte dorsal do corpo do visitante com as estruturas reprodutivas da flor, promovendo assim polinização efetiva; (2) *Polinizador ocasional*: quando a visita ativou o mecanismo de polinização explosiva, mas, devido ao posicionamento inadequado do animal na flor, não ocorria o contato das estruturas reprodutivas da flor com a parte dorsal do corpo do visitante, promovendo polinização apenas ocasionalmente; e (3) *Pilhadores*: quando a visita proporcionou a exploração dos recursos florais sem a ativação do mecanismo explosivo de polinização, dessa forma não promovendo contato entre o corpo do visitante e as estruturas reprodutivas da flor. Sendo também considerados pilhadores os animais que apresentavam o comportamento de explorar o néctar realizando perfurações na corola das flores, sem acionar o mecanismo explosivo.

Experimentos de polinização

A análise do sistema reprodutivo foi realizada através de testes de polinização em flores de diferentes indivíduos ($n = 10$ indivíduos) de *P. mediterranea*, sendo realizados os seguintes tratamentos: polinização cruzada manual ($n = 30$) (flores no período de pré-antese foram emasculadas e a polinização foi feita esfregando-se sobre os estigmas receptores as anteras de uma flor recém aberta de outro indivíduo), autopolinização manual

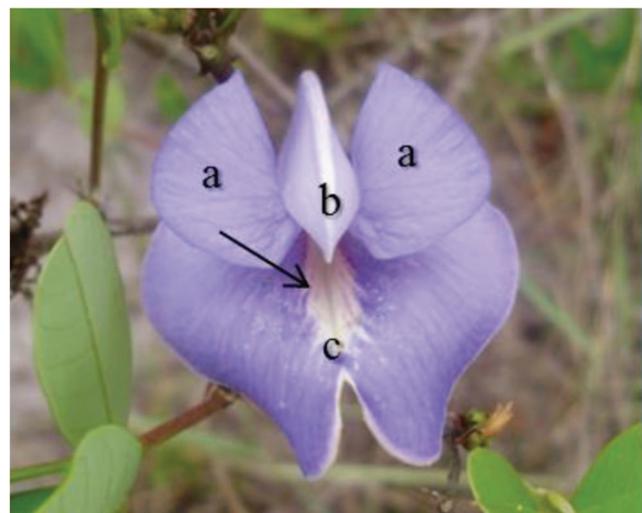
($n = 30$) (o estigma da flor em período de pré-antese recebeu o pólen das anteras da própria flor com auxílio de um pincel), autopolinização espontânea ($n = 30$) (botões florais foram isoladas até a possível formação do fruto) e apomixia ($n = 30$) (as anteras foram eliminadas em flores no período de pré-antese). Para quantificar a polinização natural (controle), flores ($n = 30$) visitadas pelo polinizador efetivo (INOUE, 1980; FREITAS, 2013), foram marcadas e acompanhadas quanto à formação ou não de frutos. As flores de todos os tratamentos foram ensacadas com tule para evitar contato com possíveis visitantes florais e acompanhadas até a formação ou não dos frutos.

Resultados

Morfologia floral

Periandra mediterranea apresenta inflorescências cimosas com flores tipicamente papilionáceas com cerca de 2-3 botões por inflorescência sendo que 1-2 se encontram abertos a cada dia e 1-2 inflorescência por ramo. As pétalas são de colorações violáceas e modificadas em quilha ($22,99 \pm 0,43$ mm comprimento) que envolve e protege os órgãos reprodutivos estames e estigma; alas ($24,11 \pm 0,13$ mm comprimento) que envolvem a quilha e a estandarte ($32,51 \pm 0,74$ mm comprimento) que serve de plataforma de pouso para o visitante floral (Figura 1).

FIGURA 1: Vista frontal da flor caracteristicamente melitófila de *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (Fabaceae), destacando-se as pétalas modificadas: a – Alas; b – Quilha; c – Estandarte; seta – guia de néctar.



Os recursos florais consistem em pólen e néctar (ENDRESS, 1994). O nectário nesta espécie encontra-se entre a base da coluna estaminal e do ovário, sendo esse último súpero, o pistilo e estames apresentaram tamanhos de $30 \pm 0,63$ e $26 \pm 0,51$ mm respectivamente, o que proporcionaram hercogamia, por conseguinte, durante a visita os polinizadores tocavam primeiro o estigma e depois as anteras. O androceu é diplostêmone, gamostêmone e diadelfo.

A razão pólen/ovulo foi de aproximadamente $2220/8 = 277,5$ indicando a espécie como xenogama facultativa. A viabilidade polínica foi de 98%. A razão entre o número de sementes e o número de óvulos foi de $6/8 = 0,75$. A razão entre o número de flores e a produção de frutos por indivíduo foi de $5/3 = 1,66$.

Antese

Na fase de pré-antese, o estandarte encobre as alas, a quilha e os órgãos reprodutivos. A antese é diurna e sincrônica tendo início às 04h00min sendo que as 05h00min todas as flores se encontravam abertas. A antese inicia com a distensão lenta dos lobos da corola, ocasião em que as anteras iniciam a deiscência,

permanecendo inclusas na quilha sendo expostas apenas após a visita do polinizador efetivo. O estigma encontra-se receptivo apenas durante o primeiro dia de antese entre às 04h00min e 16h00min, ocasião em que os grãos de pólen estão disponíveis, existindo também a presença de néctar e perfume. A partir das 04h00min do segundo dia as flores começam a fechar, a duração da antese é, portanto, de um dia ou 24 h. Logo após ocorre um processo de mudança da corola, que se torna completamente murcha e de coloração amarronzada após 48 horas do início do processo da antese, em seguida as pétalas começam a cair, sendo possível observar a inicial formação do fruto.

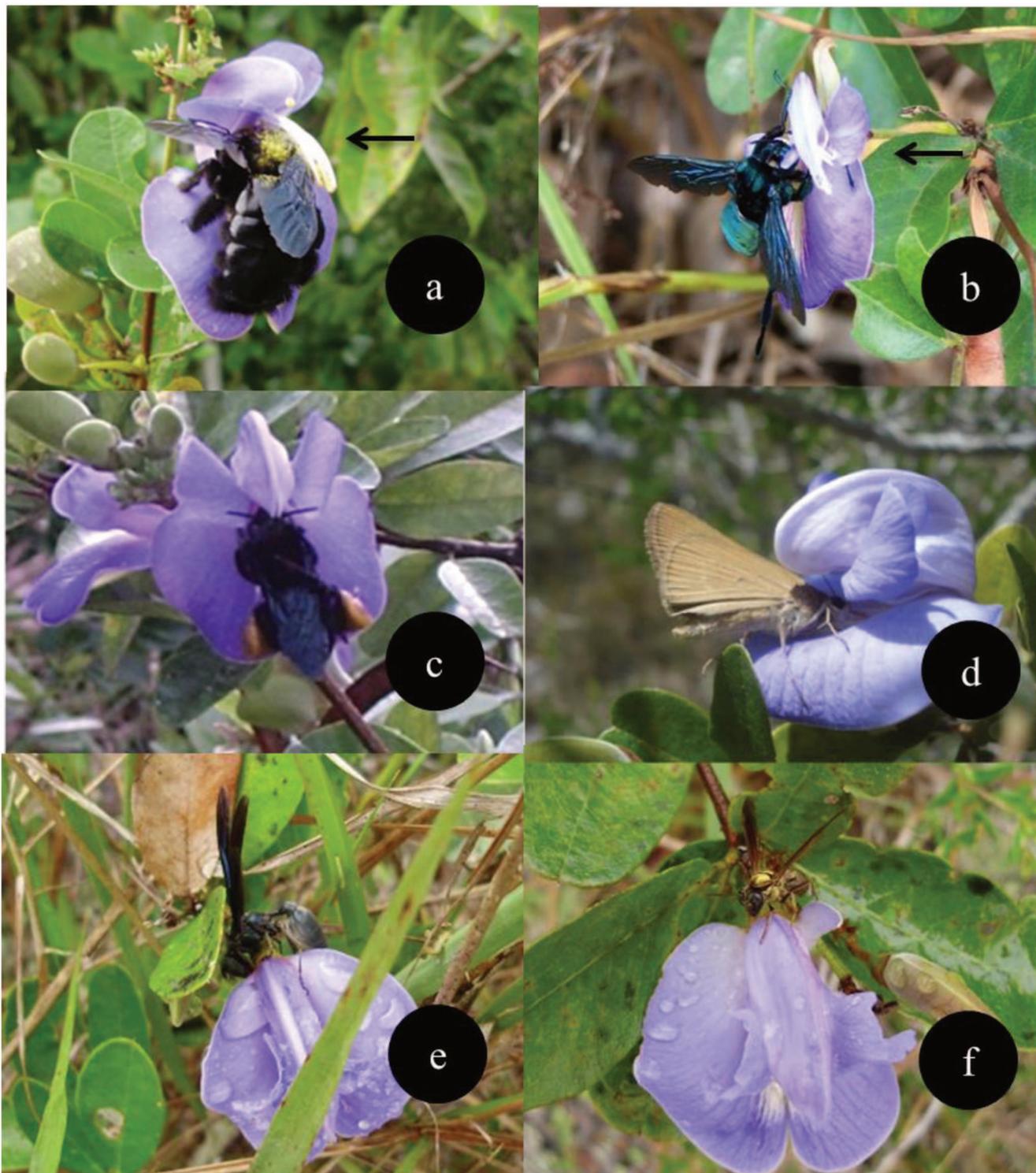
Mecanismo de polinização e visitantes florais

Muitas espécies visitaram as flores de *Periandra mediterranea* (Tabela 1) entre elas se destacaram as abelhas *Xylocopa frontalis*, *Apis mellifera*, *Epicharis* sp. e *Acanthopus excellens*. Foram registrados também o beija-flor *Phaethornis pretrei*, as vespas *Polybia* sp. 1 e *Polybia* sp. 2 e ainda o esfingídeo *Urbanus simplicius* (Figura 2).

TABELA 1: Visitantes florais de *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. F = frequente (> 35%), P = pouco frequente (16-36%), R = raro (6-15%), M = muito raro (< 5%); N = néctar; Po = pólen; Pe = polinizador efetivo, Pi = pilhador; Poc = Polinizador ocasional.

Visitantes florais	Total de visitas (n)	Total de visitas (%)	Frequência	Recurso coletado	Duração das visitas (segundos)	Eficiência da polinização
<i>Xylocopa frontalis</i> (Olivier, 1789)	79	60,76	F	N/Po	08	Pe
<i>Acanthopus excellens</i> (Schrottky, 1902)	13	10,1	R	N/Po	10	Poc/Pi
<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	05	3,84	M	N	06	Pi
<i>Epicharis</i> sp.	05	3,84	M	N/Po	08	Poc/Pi
<i>Polybia</i> sp. 1	15	11,53	M	N	150	Pi
<i>Polybia</i> sp. 2	03	2,31	M	N	160	Pi
<i>Urbanus simplicius</i> (Stoll, 1790)	03	2,31	M	N	120	Pi
<i>Phaethornis pretrei</i> (Lesson & Delattre, 1839)	07	5,38	R	N	06	Pi

FIGURA 2: Principais visitantes florais de *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (Fabaceae) na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil: a) *Xylocopa frontalis* (polinizador efetivo, seta: deposição nototribica de pólen); b) *Acanthopus excellens* (polinizador ocasional e pilhador, seta: exposição lateral dos órgãos reprodutivos da planta); c) *Epicharis* sp. (polinizador ocasional e pilhador); d) *Urbanus simplicius* (pilhador); e) *Polybia* sp. 1 (pilhador); e) *Polybia* sp. 2 (pilhador).



As visitas de *X. frontalis* ocorreram principalmente nos intervalos entre 07h00min e 08h00min período de alta receptividade estigmática e disponibilidade polínica. As abelhas *A. excellens*, *A. mellifera*, *Epicharis* sp. e as vespas *Polybia* sp. 1 e *Polybia* sp. 2 foram registrados em todo período da manhã. O beija-flor *P. pretrei* foi observado realizando visitas nas flores de *P. mediterranea* principalmente no intervalo de entre as 07h00min e 08h00min, sendo ainda realizado o seu registro entre 15h00min e 16h00min. O esfingídeo *U. simplicius* foi observado apenas no final da tarde (Figura 3).

A *Xylocopa frontalis* é o polinizador efetivo e principal de *P. mediterranea*, realizando um elevado número de visitas às flores de modo adequado e eficiente, coletando pólen de forma passiva e néctar. O mecanismo de polinização é o explosivo, no qual a abelha apresentava o comportamento de pousar no estandarte e, auxiliado pelo peso exercido com seu corpo juntamente com seus movimentos corporais vibratórios, é capaz de expor os órgãos reprodutivos que se encontram inclusos no complexo alas-quilha, posteriormente, introduziam o aparelho bucal na base

dos elementos florais para alcançar o néctar. Como consequência, os órgãos reprodutivos da flor eram liberados e contatavam a região dorsal do corpo da abelha, onde o pólen ficava depositado, caracterizando a polinização nototribica (Figura 2a).

Após a polinização efetiva, o mecanismo explosivo de polinização era desativado e as pétalas do complexo alas-quilha não mais retornavam a sua posição original (Figura 4).

A abelha *Acanthopus excellens* foi considerada como polinizador ocasional devido ao seu comportamento, realizando tanto visitas legítimas coletando pólen de forma passiva e o néctar, como também, visitas ilegítimas onde realizava apenas a pilhagem de néctar sem acionar o mecanismo explosivo de exposição dos órgãos reprodutivos da planta, além disso, foi observado que esse animal pode expor os órgãos reprodutivos da flor lateralmente sem tocá-los (Figura 2b). Quando comparado ao polinizador efetivo da espécie (*X. frontalis*), *A. excellens* realizou uma quantidade menor de visitas às flores.

FIGURA 3: Proporção de visitas por intervalos de horários às flores de *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (Fabaceae) na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil.

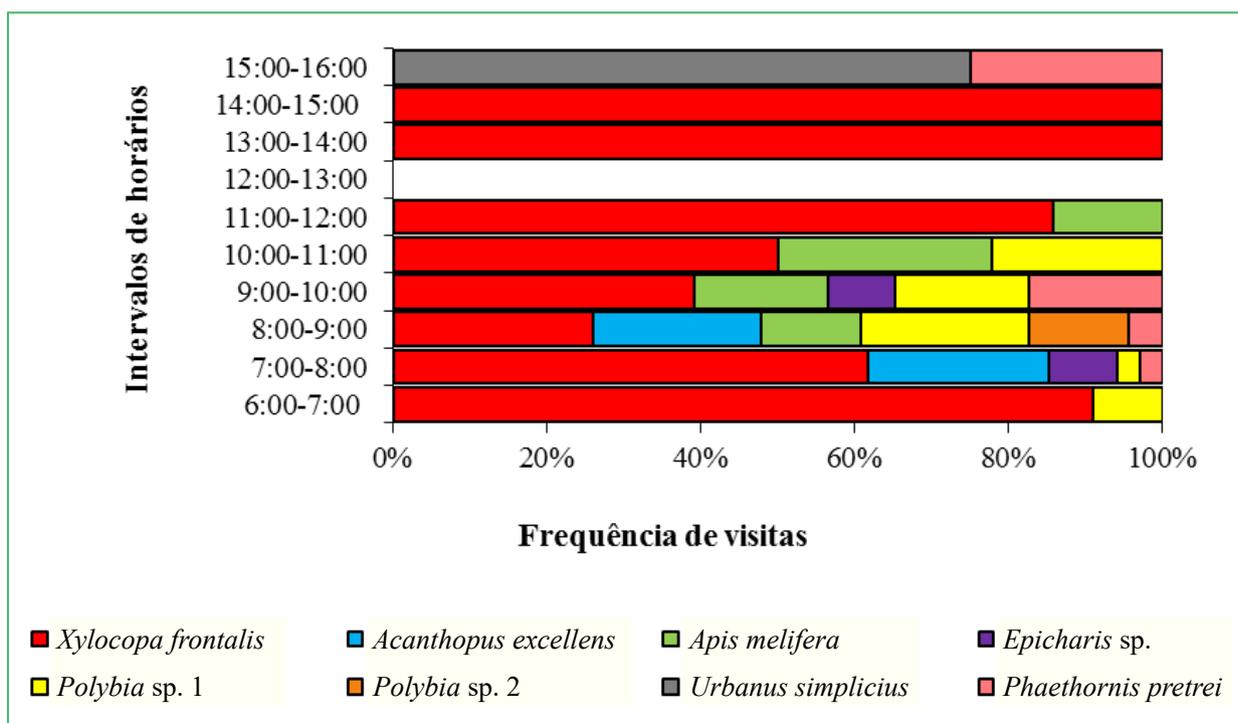


FIGURA 4: Vista lateral da flor de *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (Fabaceae), (a) antes e (b) após ativação do mecanismo explosivo de polinização pela abelha *Xylocopa frontalis*; seta – órgãos reprodutivos expostos.



A abelha *Epicharis* sp. foi considerada como polinizador ocasional, pois durante as visitas realizava tanto a polinização efetiva tocando os órgãos reprodutivos da planta e realizando a retirada de néctar e a coleta passiva de pólen, como também, podiam realizar apenas a pilhagem de néctar sem ativar o mecanismo explosivo.

A abelha *Apis mellifera*, as vespas *Polybia* sp. 1 e *Polybia* sp. 2 e o esfingídeo *Urbanus simplicius* são apenas pilhadores de néctar em *P. mediterranea* apresentando o comportamento de pousar sobre a estandarte e introduzir o aparelho bucal diretamente na base da corola, acessando o nectário sem ativar o mecanismo explosivo de polinização. Foi constatado ainda que as espécies de *Polybia* ssp. realizavam perfurações na corola da planta como forma de acessar o nectário floral.

O beija-flor *Phaethornis pretrei* é apenas um pilhador de néctar. Durante as visitas esta espécie introduzia o bico nas flores fazendo a retirada do néctar sem constatar nos órgãos reprodutivos da planta.

Experimentos de polinização

Testes de polinização demonstraram diferentes resultados na formação de frutos: na polinização cruzada manual o sucesso reprodutivo foi de 33%; na autopolinização manual 33%; na autopolinização

espontânea natural 20%; na polinização controle indicou 100% de sucesso na produção de frutos; na apomixia não ocorreu produção de frutos (Tabela 2). Tais resultados indicam que *P. mediterranea* é autocompatível.

TABELA 2: Características do sistema reprodutivo de *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (Fabaceae) na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil.

Tratamentos	Flores	Frutos	Sucesso (%)
Apomixia	30	0	0
Autopolinização espontânea	30	6	20
Autopolinização manual	30	10	33
Polinização cruzada manual	30	10	33
Controle	30	30	100

Discussão

As observações realizadas no campo sobre o comportamento dos visitantes florais confirmaram que o arranjo morfológico das pétalas desempenha uma importante função na ativação do mecanismo explosivo, como foi sugerido para flores bilabiadas (STIRTON, 1981; WESTERKAMP, 1997; WESTERKAMP; WEBER, 1999; ETCHEVERRY et al., 2008; LE ROUX; VAN WYK, 2012; ALEMÁN et al., 2014; AMARAL-NETO et al., 2015).

As flores de *Periandra mediterranea* apresentam diversos atributos morfológicos considerados por Endress (1994) e Faegri e van der Pijl (1979) como associados à melitofilia como forma tridimensional, zigomorfa, coloração violácea, presença de néctar, perfume adocicado e antese diurna. Essas características proporcionam um padrão de polinização capaz de restringir a diversidade de polinizadores que, além da necessidade de posicionar-se corretamente entre as peças florais, devem possuir o tamanho e peso adequados para exercer pressão suficiente para expor os órgãos reprodutivos (CÓRDOBA; COCUCI, 2011).

Além disso, *P. mediterranea* apresenta um sistema de polinização compartilhado por outras Fabaceae da subfamília Faboideae, no qual os verticilos reprodutores são encobertos e protegidos pela quilha, e sua exposição acontece somente após a visita do polinizador. Essa tendência foi registrada em *Centrosema pubescens* Benth. (BORGES, 2006), *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth. (GUEDES et al., 2009), *Abrus precatorius* L. e *Abrus Pulchellus* Wall. ex Thw. (AGBAGWA; OBUTE, 2007) e *Sophora tomentosa* L. (BRITO et al., 2010).

A transferência de pólen pelos polinizadores realizada através da deposição nototribica é comum em plantas com flores bilabiadas (WESTERKAMP; CLABEN-BOCKHOFF, 2007; AMARAL-NETO et al., 2015), isso acontece devido a inversão da quilha, de forma que o estandarte assume o papel de estrutura de pouso, ao invés do complexo alas-quilha, que se encontra em posição invertida (ARROYO, 1981), essa foi provavelmente uma evolução de suas adaptações para o ajustamento de seus mecanismos de polinização para evitar perda de pólen e dessa forma aumentar a eficiência da polinização cruzada (AMARAL-NETO et al., 2015).

Logo após da ativação do mecanismo de polinização explosiva de *P. mediterranea*, foi constatado que os órgãos reprodutivos das flores não mais retornam a posição natural (Figura 4) assim como verificado em outros estudos (ver: ARROYO, 1981; SUZUKI, 2003; GALLONI et al., 2007) e, não foram registradas outras visitas pelo polinizador efetivo, o que indica que a liberação total dos grãos de pólen e o processo de polinização são ambos efetuados na primeira visita, além disso, a exposição dos órgãos pode agir como uma

sinalização para *X. frontalis* que estas flores já foram visitadas e apresentam poucos recursos (pólen e néctar) para ofertar, estas informações também foram registradas para *Desmodium incanum* DC., *D. subsericeum* Malme e *D. uncinatum* (Jacq.) DC. (ALEMÁN et al., 2014).

O mecanismo de hercogamia observado na espécie estudada favorece a polinização cruzada realizada pelas abelhas, pois durante a visita a região dorsal dos animais toca primeiramente o estigma e depois as anteras, otimizando o aumento do fluxo polínico entre as populações (ver: ETCHEVERRY et al., 2010).

De acordo com Freitas (2013), a efetividade dos polinizadores é dada através da sua contribuição total para sucesso reprodutivo de uma determinada espécie de planta, portanto, isto pode ser refletido através da eficácia do polinizador e intensidade de visitação. A abelha *X. frontalis* foi considerada o único polinizador efetivo da espécie estudada, devido principalmente a grande eficácia de polinização e as altas taxas de visitação quando comparada aos demais polinizadores (Tabela 1).

A fauna associada de *P. mediterranea* foi semelhante a de *Vigna caracalla* (L.) Verdc. (ETCHEVERRY; TRUCCO ALEMÁN, 2008) sendo também caracterizada por abelhas do gênero *Xylocopa* que realizavam visitas legítimas enquanto a *A. mellifera* e esfingídeos restringiam a pilhar néctar.

Embora a síndrome de melitofilia seja predominante em Papilionoideae (ARROYO, 1981) espécies polinizadas por abelhas também podem ser polinizadas por aves e particularmente por beija-flores de modo legítimo apresentando um sistema de polinização generalista (ETCHEVERRY; TRUCCO ALEMÁN, 2005). Apesar de *P. mediterranea* apresentar morfologia floral papilionácea, o beija-flor *Phaethornis pretrei* registrado no estudo restringiu-se a pilhar o néctar.

Nos tratamentos de autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada e apomixia o baixo número de frutos formados é esperado para família Fabaceae devido ao alto índice de frutos abortados como já registrado em *Cliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (KILL; DRUMOND, 2001), *Senna sylvestris* (Vell.) H. S. Irwin & Barneby (CARVALHO; OLIVEIRA, 2003), *Acacia mearnsii* de Wild. (ALVES; MARINS-

GORDER, 2009), *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (LEITE; MACHADO, 2009), *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin & Barneby (WOLOWSKI; FREITAS, 2010) *Desmodium incanum*, *D. subsericeum* e *D. uncinatum* (ALEMÁN et al., 2014). Apesar de *P. mediterranea* ser uma espécie autocompatível, o baixo sucesso nos testes reprodutivos demonstrou a importância dos polinizadores para garantir uma maior produção de frutos.

Diante do exposto conclui-se que *P. mediterranea* é dependente da ação do polinizador *X. frontalis* o que suporta a ideia que a ativação do mecanismo explosivo realizado por este animal é essencial para assegurar o sucesso reprodutivo da espécie, demonstrando que a manutenção desta abelha na área de estudo é fundamental para garantir o fluxo de pólen entre indivíduos de populações distintas e até mesmo distantes, contribuindo dessa forma, na produção de frutos por polinização cruzada.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de concedida a primeira autora. A todos que compõem a Reserva Biológica Guaribas pelo apoio no campo. Ao Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Federal da Paraíba.

Referências

- AGBAGWA, O. I.; OBUTE, G. C. Breeding system and pollination ecology of two *Abrus* species (Fabaceae) from tropical West Africa. **Acta Botanica Croatica**, Zagreb, v. 66, n. 2, p. 205-216, 2007.
- ALEMÁN, M.; FIGUEROA-FLEMING, T.; ETCHEVERRY, A. SÜHRING, S. ORTEGA-BAES, P. The explosive pollination mechanism in Papilionoideae (Leguminosae): an analysis with three *Desmodium* species. **Plant Systematics Evolution**, Jena, v. 300, n. 1, p. 177-186, 2014.
- ALVES, E. M. S.; MARINS-CORDER, M. P. Biologia reprodutiva de *Acacia mearnsii* De Wild. (Fabaceae) IV: visitantes florais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 443-450, 2009.
- AMARAL-NETO, L.; WESTERKAMP, C.; MELO, G. A. R. From keel to inverted keel flowers: functional morphology of “upside down” papilionoid flowers and the behavior of their bee visitors. **Plant Systematics Evolution**, Jena, v. 301, p. n/a, 2015.
- ARROYO, M. T. K. Breeding systems and pollination biology in Leguminosae. In: POLHILL, R. M.; RAVEN, P. H. (Ed.). **Advances in legume systematics**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1981. p. 723-769.
- BAKER, H. G. Two cases of bat pollination in Central America. **Revista de Biologia Tropical**, San José, v. 17, n. 2, p. 178-197, 1970.
- BORGES, H. B. N. Biologia reprodutiva de *Centrosema pudesncens* Benth. (Fabaceae). **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 1, p. 31-38, 2006.
- BRITO, P. V. L. G.; PINHEIRO, M.; SAZIMA, M. *Sophora tomentosa* e *Crotalaria vitellina* (Fabaceae): biologia reprodutiva e interações com abelhas na restinga de Ubatuba, São Paulo. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 185-192, 2010.
- CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna sylvestris* (Vell.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae, Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 319-328, 2003.
- CÓRDOBA, A. S.; COCUCCHI, A. A. Flower power: its association with bee power and floral functional morphology in Papilionate Legumes. **Annals of Botany**, Oxford, v. 108, p. 919-931, 2011.
- CRUDEN, R. W.; HERMANN-PARKER, S. M. Butterfly pollination of *Caesalpinia pulcherrima*, with observations on a psychophilous syndrome. **Journal of Ecology**, Malden, v. 67, n. 1, p. 155-168, 1979.
- ENDRESS, P. K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flower**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 420 p.
- ETCHEVERRY, A. V.; ALEMÁN, M. M.; FIGUEROA FLEMING, T.; GOMEZ, C. A.; LOPEZ SPAHR, D. Anther-stigma separation in *Desmodium* species (Papilionoideae-Fabaceae) from Northwestern Argentina. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 918, p. 183-188, 2010.
- ETCHEVERRY, A. V.; TRUCCO ALEMÁN, C. E. Reproductive biology of *Erythrina falcata* (Fabaceae: Papilionoideae). **Biotropica**, Malden, v. 37, n. 1, p. 54-63, 2005.
- ETCHEVERRY, A. V.; TRUCCO ALEMÁN, C. E. Flower morphology, pollination biology and mating system of the complex flower of *Vigna caracalla* (Fabaceae: Papilionoideae). **Annals of Botany**, Oxford, v. 102, n. 3, p. 305-316, 2008.
- FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. 3. ed. Oxford: Pergamon Press, 1979. 244 p.
- FREITAS, L. Concepts of pollinator performance: is a simple approach necessary to achieve a standardized terminology? **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 3-8, 2013.
- FUNCH, L. S.; BARROSO, G. M. Revisão taxonômica do gênero *Periandra* Mart. ex Benth. (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae). **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v. 22 n. 3, p. 339-356, 1999.
- GALLONI, M.; CRISTOFOLINI, G. Floral rewards and pollination in *Cytiseae* (Fabaceae). **Plant Systematics Evolution**, Jena, v. 238, p. 127-137, 2003.
- GALLONI, M.; PODDA, L.; VIVARELLI, D.; CRISTOFOLINI, G. Pollen presentation, pollen-ovule ratios, and other reproductive traits in Mediterranean legumes (Fam. Fabaceae-Subfam. Faboideae). **Plant Systematics Evolution**, Jena, v. 266, n. 1, p. 147-164, 2007.
- GUEDES, R. S.; QURINO, Z. G. M.; GONÇALVES, E. P. Fenologia reprodutiva e biologia da polinização de *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth (Fabaceae). **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 27-37. 2009.

- INOUE, D. W. The terminology of floral larceny. **Ecology**, New York, v. 61, p. 1251-1253, 1980.
- JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 10. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1991. 462 p.
- KILL, L. H. P.; DRUMOND, M. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae-Papilionoideae) na Região de Petrolina, Pernambuco. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 597-601, 2001.
- LE ROUX, M. M.; VAN WYK, B. E. The systematic value of flower structure in *Crotalaria* and related genera of the tribe Crotalariae (Fabaceae). **Flora**, Jena, v. 207, p. 414-426, 2012.
- LEITE, A. V.; MACHADO, I. C. Biologia reprodutiva da "catingueira" (*Caesalpinia pyramidalis* Tul., Leguminosae-Caesalpinioideae), uma espécie endêmica da Caatinga. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 79-88, 2009.
- QUEIROZ, L. P. *Periandra*. In: FORZZA, R. C.; LEITMAN, P. M.; COSTA, A. F.; CARVALHO JR., A. A.; PEIXOTO, A. L.; WALTER, B. M. T.; BICUDO, C.; ZAPPI, D.; COSTA, D. P.; LLERAS, E.; MARTINELLI, G.; LIMA, H. C.; PRADO, J.; STEHMANN, J. R.; BAUMGRATZ, J. F. A.; PIRANI, J. R.; SYLVESTRE, L.; MAIA, L. C.; LOHMANN, L. G.; QUEIROZ, L. P.; SILVEIRA, M.; COELHO, M. N.; MAMEDE, M. C.; BASTOS, M. N. C.; MORIM, M. P.; BARBOSA, M. R.; MENEZES, M.; HOPKINS, M.; SECCO, R.; CAVALCANTI, T. B.; SOUZA, V. C. (Ed.). **Lista de espécies da flora do Brasil**. 2015. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB29812>>. Acesso em: 19 jun. 2015.
- RADFORD, A. E.; DICKINSON, W. C.; MASSEY, J. R.; BELL, C. R. **Vascular plant systematic**. New York: Harper & How Publishers, 1974. 891 p.
- SOLOMON RAJU, A. J.; PURNACHANDRA RAO, S. Explosive pollen release and pollination as a function of nectar-feeding activity of certain bees in the biodiesel plant, *Pongamia pinnata* (L.) Pierre (Fabaceae). **Current Science**, Bangalore, v. 90, p. 7-10, 2006.
- STIRTON, C. H. Petal sculpturing in Papilionoid legumes. In: POLHILL, R. M.; RAVEN, R. H. (Ed.). **Advances in legume systematics**. Kew: Royal Botanical Gardens, 1981. p. 771-788.
- SUZUKI, N. Significance of flower exploding pollination on the reproduction of the Scotch broom, *Cytisus scoparius* (Leguminosae). **Ecological Research**, Tokyo, v. 18, n. 5, p. 523-532, 2003.
- TUCKER, S. C. Floral initiation and development in legumes. In: STIRTON, C. H. (Ed.). **Advances in legume systematics**. Vol. 3. Kew: Royal Botanic Gardens, 1987. p. 183-239.
- TUCKER, S. C. Floral development in legumes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 131, n. 3, p. 911-926, 2003.
- WESTERKAMP, C. Keel blossoms: bee flowers with adaptations against bees. **Flora**, Jena, v. 192, n. 1, p. 125-132, 1997.
- WESTERKAMP, C.; CLABEN-BOCKHOFF, R. Bilabiate flowers: the ultimate response to bees? **Annals of Botany**, Oxford, v. 100, p. 361-374, 2007.
- WESTERKAMP, C.; WEBER, A. Keel flowers of the Polygalaceae and Fabaceae: a functional comparison. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 129, n. 3, p. 207-221, 1999.
- WIENS, D. Ovule survivorship, brood size, life story, breeding systems and reproductive success in plantes. **Oecologia**, New York, v. 64, n. 1, p. 47-53, 1984.
- WOLOWSKI, M.; FREITAS, L. Sistema reprodutivo e polinização de *Senna multijuga* (Fabaceae) em Mata Atlântica Montana. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p. 167-179, 2010.
- YEO, P. F. **Secondary pollen presentation**: form, function and evolution. *Plant Systematics and Evolution, Supplementum 6*. Wien, New York: Springer-Verlag, 1993. 268 p.
- ZEISLER, M. Über die adgrenzung der eigentlichen narbenfleche mit hilfe von reaktionen. *Beth. Botanisches Centralblatt*, Jena, v. 58, n. 1, p. 308-318, 1938.