

GEORGE MACHADO TABATINGA FILHO

**FENOLOGIA, BIOLOGIA REPRODUTIVA E ECOLOGIA DA
POLINIZAÇÃO DE *Calotropis procera* Ait. R. Br.
(APOCYNACEAE-ASCLEPIADOIDEAE)**

**RECIFE - PE
2008**

GEORGE MACHADO TABATINGA FILHO

**FENOLOGIA, BIOLOGIA REPRODUTIVA E ECOLOGIA DA
POLINIZAÇÃO DE *Calotropis procera* Ait. R. Br.
(APOCYNACEAE-ASCLEPIADOIDEAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como parte dos requisitos à obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Cristina Machado

Co-orientadora: Profa. Dra. Ariadna Valentina Lopes

**RECIFE - PE
2008**

AC. 317757

Ed. 8679305

Ed. 1 BC

Tabatinga Filho, George Machado

Fenologia, biologia reprodutiva e ecologia da polinização
Calotropis procera Ait. R. Br. (APOCYNACEAE-ASCLEPIADOIDEAE)
George Machado Tabatinga Filho. – Recife: O Autor, 2008.

68 folhas : il., fig., tab.

Orientadora: Isabel Cristina Machado

Co-orientadora: Ariadna Valentina Lopes

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas. Biologia
Vegetal, 2008.

Inclui bibliografia e anexo

1. Apocynaceae 2. Biologia vegetal 3. Reprodução de plantas l.
Título.

583.93

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2011-206

GEORGE MACHADO TABATINGA FILHO

**“FENOLOGIA, BIOLOGIA REPRODUTIVA E
ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE
Calotropis procera Ait. R. Br. ASCLEPIADOIDEAE
-Apocynaceae)”**

BANCA EXAMINADORA

Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado (Orientadora) - UFPE

Dra. Isabel Alves dos Santos - USP

Dra. Cláudia Maria Jacobi - UFMG

**RECIFE - PE
2008**

DEDICO

**Aos meus pais, que sempre
investiram em meus estudos
e confiaram em minhas
decisões.**

AGRADECIMENTOS

À professora Isabel Cristina Machado, pela orientação neste trabalho e na minha formação acadêmica, bem como por me servir de exemplo de ética profissional e responsabilidade.

À professora Ariadna Lopes pelo acolhimento, acessibilidade, minha formação profissional e apoio sempre que necessário.

Aos meus pais George Machado Tabatinga e Mary Teles Tabatinga pela confiança e apoio aos meus estudos.

Às meninas do Ceará, Sandra Freitas, Luciana Coe, Jacira Rabelo, Fernanda Vaz, Helen Barros, Mellissa Sobrinho e Laís Borges pela recepção acolhedora e, no mínimo, engraçada. Em especial às duas últimas pelo apoio no campo, na faculdade e nos bastidores.

Aos amigos que dividiram o cotidiano de minha casa, Eric Caldas, Lucas Moitinho e Zezinho Seagal.

Aos colegas de curso, em especial a Marcos Meiado, Kimba e Airton Torres, pelas conversas nos bastidores e apoio durante o mestrado.

À professora Arlete Aparecida Soares, da Universidade Federal do Ceará pelo auxílio na realização de cortes anatômicos nas flores de *C. procera* e montagem de um laminário que permitiu análises microscópicas de suas flores.

À professora Cláudia Jacobi, pela contribuição ao avaliar meu projeto, pelo estágio realizado em Minas Gerais e por aceitar participar de minha banca de defesa da dissertação.

À professora Ana Virginia Leite, pela contribuição ao avaliar meu projeto.

Ao Professor Marcelo Guerra, do Laboratório de Citogenética da Universidade Federal de Pernambuco, pela utilização de aparelhagem de seu laboratório.

Aos membros do projeto PROCAD/ CAPES, em especial à professora Jarcilene Cortez e ao professor Geraldo Wilson, pelo apoio fornecido à realização deste trabalho e pelo estágio que realizei em Minas Gerais.

Às professoras Márcia Rego e Patrícia Albuquerque da Universidade Federal do Maranhão, pela identificação das abelhas encontradas.

Ao professor Orlando Tobias Silveira, do Museu Paraense Emílio Goeldi pela identificação das espécies de vespas encontradas.

Ao professor Alessandro Rapini, do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana, pela confirmação da identificação da espécie em questão.

Ao Gilcean, motorista da FADE (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco), pelo apoio nos trabalhos de campo e conversas ao longo das viagens.

A CAPES pela concessão de bolsas de estudo durante todo o período do mestrado.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

ARTIGO

- Figura 1.** *Calotropis procera* em ambiente de Caatinga, Serra Talhada-PE. A- Hábito da planta; B- Inflorescência; C- Flor em vista frontal mostrando a cabeça estigmática (ce), retináculo (re) e coronas (co). D- Cabeça estigmática em detalhe. E- Frutos imaturos de diversas idades; D- Fruto maduro, deiscente, expondo sementes anemocóricas. 40
- Figura 2.** Fenologia reprodutiva de *Calotropis procera* durante o período de agosto de 2006 a julho de 2007 em Serra Talhada, PE. 41
- Figura 3.** Detalhes anatômicos da flor de *Calotropis procera*. A- Porção superior da cabeça estigmática (ce) evidenciando o retináculo (re). B- Porção mediana da cabeça estigmática (ce) mostrando as alas das anteras (al), Polínia (po), tubos polínicos (tp) entrando nas câmaras estigmáticas (cg). C- Tubos polínicos (tp) no interior de polínias, em botões florais (escala: 200x); D- Polínia (po) germinando na antera e tubos polínicos (tp) adentrando a câmara estigmática (50x); E- porção central da cabeça estigmática evidenciando os cinco agrupamentos de tubos polínicos; a linha central pontilhada foi colocada dividindo os dois carpelos (cp), mostrando o direcionamento de dois agrupamentos de tubos polínicos para um ovário, e de três para o outro (50x); F- Tubo polínico (tp) penetrando óvulo (ov) em flor de segundo dia de antese (200x). 42
- Figura 4.** Visitantes e remoção de políneas de *Calotropis procera*. A- *Polybia* (Myrapetra) sp. na flor de *C. procera*. B- *Apis mellifera* portando várias polínias (po) aderidas aos pêlos dos três pares de pernas; C- Em detalhe a fixação de um translador (tr) com um par de polínias (po) na perna posterior de *Trigona spinipes*; D- Polinário completo, composto por translador-tr (retináculo- re e caudículas - ca) e um par de polínias (po). 43
- NOTA**
- Figura 1.** Presença de formigas em inflorescências de *Calotropis procera* na Caatinga de Serra Talhada-PE, Brasil. A- *Dorymyrmex thoracicus* tentando acessar o néctar protegido nas estruturas de armazenamento (coronas-co); B- *Camponotus blandus* Fr. Smith e sua interação com afídeos (af) na base das inflorescências. 59

LISTA DE TABELA**Pág.**

Tabela 1. Experimentos de biologia reprodutiva realizados em flores de <i>Calotropis procera</i> no município de Serra Talhada-PE, durante os anos de 2006 e 2007.	45
Tabela 2. Visitantes florais de <i>Calotropis procera</i> na Caatinga de Serra Talhada, PE, ressaltando as espécies em que foram encontrados polinários aderidos ao corpo.....	46

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	IV
AGRADECIMENTOS	V
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELA	VIII
APRESENTAÇÃO	1
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
Informações gerais da espécie	2
Morfologia floral em Asclepiadoideae	2
Aspectos fenológicos	4
Sistema reprodutivo em Asclepiadoideae	4
Biologia floral e polinização em Asclepiadoideae	5
Formigas x polinização.....	7
Aspectos reprodutivos de espécies invasoras	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO 1	14
MANUSCRITO A SER ENVIADO AO PERIÓDICO BIOTROPICA	15
RESUMO	17
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS	21
ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE ESTUDADA	21
FENOLOGIA	22
BIOLOGIA E ANATOMIA FLORAIS	23
SISTEMA E SUCESSO REPRODUTIVOS	24
ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO	24
RESULTADOS	25
FENOLOGIA	25
BIOLOGIA E ANATOMIA FLORAIS	26
SISTEMA E SUCESSO REPRODUTIVOS	26
ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO	27

DISCUSSÃO	28
FENOLOGIA	28
BIOLOGIA FLORAL	29
VISITANTES FLORAIS.....	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
LEGENDA DAS FIGURAS	39
LEGENDA DAS TABELAS	44
CAPÍTULO 2	47
MANUSCRITO A SER ENVIADO AO PERIÓDICO BIOTROPICA	48
RESUMO	50
NOTA	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
FIGURA	59
RESUMO	60
ABSTRACT	61
ANEXO	62

APRESENTAÇÃO

Calotropis procera Ait. R. Br., conhecida no Brasil principalmente com o nome de “Algodão-de-seda”, pertence à subfamília Asclepiadoideae (Apocynaceae), antigamente denominada Asclepiadaceae *strictu sensu*. É uma espécie oriunda da África tropical e Índia, sendo exótica no Brasil e encontrada principalmente associada à vegetação de Caatinga, ambiente com características ambientais similares ao seu local de origem.

Embora bastante utilizada em alguns países da Ásia e África para os mais diversos fins, entre eles o uso de fibras na tecelagem e confecção de roupas, do látex e da casca da raiz na medicina caseira e das flores no paisagismo, no Brasil esta espécie tem sido utilizada apenas como ornamental, nada sendo conhecido sobre seu processo reprodutivo em áreas de Caatinga, onde é considerada uma planta invasora.

Neste cenário, esta dissertação apresenta e discute resultados acerca da fenologia, biologia reprodutiva e ecologia da polinização de *Calotropis procera*, visando conhecer a dinâmica do seu processo reprodutivo, fundamental para entender sua disseminação no Nordeste do Brasil, em áreas de Caatinga. Este estudo integra um projeto maior intitulado “Interações Tróficas em Caatinga: plantas invasoras como modelo” (PROCAD/ CAPES).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Informações gerais da espécie

Calotropis procera Ait. R. Br. pertence atualmente à família Apocynaceae, subfamília Asclepiadoideae, tribo Asclepiadeae (Endress & Bruyns 2000; Endress & Stevens 2001; Sennblad & Bremer 2002). Durante muito tempo esta espécie pertenceu a Asclepiadaceae *strictu sensu*, a qual, a partir dos trabalhos citados acima foi incluída inteiramente dentro de Apocynaceae, correspondendo à subfamília Asclepiadoideae.

As espécies desta subfamília são constantemente chamadas na literatura em inglês de “milkweeds” (Wyatt & Broyles 1994), por muitas delas serem ervas daninhas, e pela presença de látex branco em diversas estruturas da planta. *Calotropis procera* é originária da África Tropical, Índia e Pérsia (Corrêa 1939), tendo sido introduzida há mais de um século no Brasil com fins ornamentais (Ferreira & Gomes 1974). Entre seus nomes populares no Brasil, Ferreira & Gomes (1974) citaram: Algodão de Seda, Flor de seda, Paininha de Seda, Ciúme, Ciumeira. Ocorrem neste país em beiras de estradas, ambientes urbanos, proximidades de edificações e áreas de pasto, principalmente associadas a áreas de Caatinga do Nordeste e porção norte do estado de Minas Gerais (Corrêa 1932; Ferreira & Gomes 1974).

Suas fibras são utilizadas para a fabricação de tecidos, a casca da raiz é tida como tônica e estimulante, as cerdas das sementes são usadas para enchimento de travesseiros, o látex é utilizado para curar verminoses e doenças de pele (Corrêa 1939). Na África e na Ásia, principalmente na Índia, fazem-se vastas plantações desta espécie visto seus mais diversos usos, embora no Brasil esta seja cultivada apenas como ornamental (Corrêa 1939). Como inimigos naturais podem ser citadas uma espécie de Hemiptera e a lagarta da borboleta Monarca, *Danaus plexippus*, ocorrendo principalmente durante o período de chuvas no Nordeste e na região norte de Minas Gerais (Ferreira & Gomes 1974).

Morfologia floral em Asclepiadoideae

A subfamília Asclepiadoideae possui vasta distribuição no globo, compreendendo aproximadamente 3000 espécies, a maioria oriunda de regiões tropicais e subtropicais (Endress 1994). Esta subfamília apresenta as mais elaboradas e complicadas flores dentre

as Angiospermae (Kunze 1991; Endress 1994), com longevidade intermediária, variando de dois a sete dias (Primack 1985) e tamanhos variando de poucos milímetros até 40 centímetros (Endress 1994). As flores apresentam os verticilos convencionais como sépalas, pétalas, estames e carpelos, em números extremamente estáveis: 5, 5, 5, 2, respectivamente (Endress 1994). Entretanto, ocorrem várias fusões das partes florais de um mesmo verticilo e também entre partes de diferentes verticilos, sendo um padrão bastante fora do convencional (Endress 1994).

A fusão de parte da corola com parte do androceu deu origem à corona e aos complicados canais de deposição de néctar (Endress 1994). A fusão de parte do androceu com parte do gineceu deu origem ao ginostégio e ao polinário, o qual compreende as duas polínias associadas a estruturas acessórias, as quais freqüentemente se reorientam gradualmente após serem retiradas das anteras (Peter & Johnson 2006). As paredes das polínias protegem o pólen do meio ambiente, que pode interferir na perda de proteínas e outros compostos, tornando os grãos inviáveis (Cruden 2000).

As flores apresentam não somente a corola gamopétala e estames fundidos, mas também fusão pós-genital do ápice do gineceu (que é apocárpico) no interior do ginostégio e fusão pós-genital das anteras com o mesmo. O gineceu das espécies desta subfamília consiste inicialmente de cinco carpelos, dos quais três são perdidos totalmente na região do ovário. Esta característica é dita como derivada dentro do grupo, pois inicialmente os membros mais primitivos teriam os cinco carpelos completos (Endress 1994). Uma das evidências disto é o fato das espécies de outras subfamílias de Apocynaceae terem o número de carpelos variando de um a cinco (Prakash & Singh 1993). A subfamília apresenta também flores com complicadas câmaras internas, e suas partes férteis ficam escondidas no interior destas (Kunze 1991).

Ali & Ali (1989) descreveram a morfologia floral de *C. procera* subsp. *Hamiltonii* a qual segue o padrão geral descrito para a subfamília. Em cada flor existem 5 polinários e cinco câmaras estigmáticas. Cada polinário é formado por duas polínias, cada uma de uma antera adjacente e um translador que liga as duas polínias. O retináculo (estrutura do translador que se prende ao corpo do inseto durante a polinização) localiza-se acima da entrada das câmaras estigmáticas, as quais ficam localizadas no interior do ginostégio, de formato pentagonal.

Aspectos fenológicos

Estudos fenológicos em vegetação de Caatinga são escassos (Barbosa *et al.* 1989, Pereira *et al.* 1989, Machado *et al.* 1997, Barbosa *et al.* 2003), todos estes mostrando a sazonalidade climática como principal fator que influencia o comportamento fenológico das plantas neste ambiente, onde a disponibilidade hídrica tem papel fundamental nos padrões fenológicos destas plantas. Nestes trabalhos pode ser observado que ao longo de todos os meses do ano são encontradas espécies florescendo, porém, apenas poucas florescem na estação seca.

Estudando plantas de deserto, Guazanfar (1997) encontrou que curtos períodos de crescimento e floração sazonal são características de regiões áridas e semi-áridas e que espécies lenhosas apresentam normalmente o período de floração ocorrendo em torno de um mês após o início das chuvas. O único trabalho de fenologia envolvendo *Calotropis procera* é o de El-Guani (1997), que monitorou a fenologia desta planta, entre outras, em vegetação de deserto na Arábia Saudita durante dois anos consecutivos, mencionando que esta apresentou-se perenifólia e que o período de floração foi de quatro meses no primeiro ano e de seis no segundo, ocorrendo em torno do período chuvoso, sendo a frutificação consecutiva a floração e durando três meses, no início do período seco.

Sistema reprodutivo em Asclepiadoideae

Para que ocorra fecundação cruzada, as Angiospermae precisam que haja a transferência do pólen de uma planta para o estigma de outra, processo este ocorrendo por intermédio de agentes abióticos (Ex: vento, água) ou bióticos (Ex: insetos, morcegos, pássaros) (Solbrig 1976). Para a maioria das plantas, a reprodução sexual, com a formação de genótipos recombinantes, é bem mais vantajoso do que a reprodução vegetativa ou produção assexual de sementes (Solbrig 1976). Somado a isso é conhecido que aproximadamente 80% das plantas necessitam de polinização cruzada para se reproduzirem (Brown 1990).

Peter & Johnson (2006) apresentaram três motivos pelos quais as espécies de Asclepiadoideae e Orchidaceae, as quais têm seus grãos de pólen no interior de polínias, tenham a autopolinização como algo desastroso, são eles: 1) a deposição de polínias de uma planta em suas próprias câmaras estigmáticas pode anular total ou parcialmente a

possibilidade desta de exportar seu pólen; 2) em espécies autocompatíveis, como muitas Orchidaceae, os óvulos são fecundados em massa e assim se tornam indisponíveis para polinização cruzada; 3) em alguns casos a autofecundação leva a taxas de aborto de embriões normalmente equivalentes ao dobro do observado nas sementes oriundas de polinização cruzada.

O fato das espécies de Asclepiadoideae terem suas superfícies estigmáticas receptivas restritas a cinco câmaras estigmáticas no interior das flores e de apresentarem baixas razões pólen/óvulo é tido como evolução para evitar a chegada de pólen misto, o que acarretaria em aborto para muitas espécies visto os mecanismos de auto-incompatibilidade encontrados na família (Lipow & Wyatt 1998; Wyatt *et al.* 2000).

Para seis espécies de Apocynaceae, quatro delas pertencendo a Asclepiadoideae, foi evidenciada autopolinização espontânea do tipo *in situ*, onde os grãos de pólen germinam, emitindo tubos polínicos, ainda nas anteras, são elas: *Hemidesmus indicus*, *Gymnema sylvestre* e *Tylophora hirsuta* (Chaturvedi & Pant 1986), *Tylophora* sp (Kunze 1991), *Vincetoxicum nigrum* (Lumer & Yost 1995) e *Asclepias curassavica* (Wyatt & Broyles 1997). Estes últimos autores afirmaram ainda que em *Asclepias curassavica*, embora seja possível ocorrer esse tipo de autopolinização, a fertilização por este método raramente acontece na natureza, uma vez que os visitantes florais constantemente removem o néctar, deixando as anteras secas impossibilitando a germinação do pólen, já que para germinarem nas anteras as polínias precisam ficar embebidas em néctar.

Biologia floral e polinização em Asclepiadoideae

Asclepiadoideae compreende os mais complexos mecanismos florais das angiospermas (Kunze 1991), porém, apesar do conhecimento da anatomia, morfologia e filogenia das Asclepiadoideae, ainda pouco se sabe a respeito da polinização de representantes desta subfamília (Ollerton & Liede 1997), com exceção do gênero *Asclepias*, o qual vem a mais de um século sendo estudado, principalmente na América do Norte (Wyatt & Broyles 1994). Segundo Kunze (1991), a Índia é um local onde podem ser encontradas naturalmente muitas espécies desta subfamília, sendo também o local onde foram realizados vários estudos na área de biologia floral da mesma.

Hymenoptera, Lepidoptera e Diptera são os três principais grupos de polinizadores desta subfamília, sendo Hymenoptera, seguido por Lepidoptera, os principais grupos de polinizadores encontrados tanto para *Asclepias*, um dos gêneros mais estudados (Wyatt & Broyles 1994), quanto para *Calotropis* (Endress 1994).

As espécies do gênero *Calotropis*, por terem flores grandes, maciças e com o néctar fortemente protegido, são conhecidamente polinizadas por abelhas grandes do gênero *Xylocopa*, com as quais têm forte relação co-evolutiva, sendo suas flores inacessíveis para outros animais (Hagerup 1932; Pijl 1954; Wanntorp 1974; Ramakrishna & Arekal 1979; Eisikowitch 1986; Willmer 1988; Ali & ali 1989; Endress 1994). Segundo os referidos autores acima, estas abelhas pousam no ginostégio inserindo suas fortes probóscides nas coronas, para acessar o néctar e, enquanto se movem de uma corona para outra, suas pernas tocam os retináculos removendo os polinários e, posteriormente inserem-nas nas câmaras estigmáticas da mesma ou de outras flores. Muitas plantas polinizadas por grandes abelhas como *Xylocopa* são auto-incompatíveis (Bawa 1974; Frankie et al 1983). Na maioria das vezes, após a fecundação das flores de Asclepiadoideae, estas desenvolvem apenas um dos dois carpelos, resultando na formação de apenas um folículo (Sage et al. 1990 apud Vieira 1998; Morse 1993). Isto é explicado pelos autores como sendo devido à necessidade de inserção de duas polínias em câmaras estigmáticas opostas na mesma flor, para que os dois folículos sejam formados e, evidentemente, isto é menos comum do que a inserção de uma única polínia.

Hagerup (1932) observou no Sahara, uma das regiões desérticas mais quentes da terra, *Xylocopa aestuans* levando polínias aderidas às pernas e polinizando *C. procera* ao amanhecer. Pijl (1954) afirmou ainda que abelhas deste gênero são os únicos polinizadores de *C. procera*, não só em jardins, mas também em áreas onde a espécie ocorre naturalmente, próximas ao litoral. Eisikowitch (1986) observou *Xylocopa pubescens* e *X. sulcatipes* como polinizadores desta planta em Israel, enquanto que Willmer (1988) comparou a efetividade da polinização por estas duas espécies de *Xylocopa* também em Israel. No Paquistão, Ali & Ali (1989) encontraram como polinizadores principais duas espécies de *Xylocopa*, *X. pubescens* e *X. fenestrata*, enquanto que *Apis florea* teve menor papel na polinização. Os mesmos autores observaram ainda que espécies de Vespidae eram freqüentes visitantes florais porém não realizavam polinização.

Eisikowitch (1986) afirmou que pelo fato deste gênero de planta proteger o néctar em estruturas totalmente fechadas, ao contrário de várias outras espécies de Asclepiadaceae, onde o néctar é acessível, as concentrações de néctar podem ser mantidas adequadas para o consumo de polinizadores e para a germinação dos grãos de pólen depositados nas câmaras estigmáticas, visto ser ele o substrato ideal para essa germinação (Eisikowitch 1986; Ali & Ali 1996).

Formigas x polinização

As formigas são animais considerados protótipos de ladrões de néctar (Faegri & Pjil 1979; Wyatt 1980, Fritz & Morse 1981). Por terem corpos normalmente pequenos, rígidos e esguios, estas normalmente adentram as flores muitas vezes sem tocar as superfícies reprodutivas ou simplesmente não transportando pólen, sendo assim as plantas adotam diversas estratégias para impedir o acesso destas às suas flores (Faegri & Pjil 1979; Eisikowitch 1986). Entre estas estratégias estão a presença de compostos repelentes, indigestos ou tóxicos no néctar (Janzen 1977) e a presença de estruturas rígidas para armazenar o néctar, escondendo este de possíveis pilhadores como formigas (Eisikowitch 1986).

A presença de formigas pode impedir que outros visitantes florais, incluindo possíveis polinizadores, entre eles abelhas do gênero *Xylocopa*, pousem nas flores, atrapalhando assim a polinização destas (Faegri & Pjil 1979), ou influenciar negativamente a polinização por roubarem néctar, ao exemplo do observado no gênero *Asclepias* (Asclepiadaceae) por Wyatt (1980). Em *C. procera* Eisikowitch (1986) constatou que pequenas formigas da espécie *Tapinoma simrothi* eram constantemente observadas nas flores desta planta, sendo atraídas por seu néctar, porém sem conseguirem ter acesso a este devido à proteção das coronas.

Aspectos reprodutivos de espécies invasoras

Espécies invasoras são espécies que ocorrem em determinados ambientes por influência direta ou indireta do homem (exóticas) possuindo capacidade de se disseminar nestes locais (Rejmanek *et al.* 2004). Embora alguns casos de espécies invasoras na América do Norte tenham sido estudados existe pouca informação a respeito da biologia reprodutiva e ecologia da polinização de espécies invasoras em geral (Richardson *et al.*

2000). Plantas invasoras podem ter seus processos ecológicos e reprodutivos alterados em função de um novo ambiente ou mesmo modificar interações já existentes, assim como deslocar polinizadores de espécies nativas em decorrência do seu potencial de atração e recursos florais oferecidos (Chitka & Schurkens, 2001).

A ocorrência de sistemas reprodutivos simples ou flexíveis, produção maciça de sementes e autopolinização são constantemente encontrados em espécies invasoras (Baker 1974; Pannell & Barret 1998; Rejmanek *et al.* 2004). Nos estágios iniciais das invasões as espécies tendem a ser autógamas para maximizarem a fecundidade, enquanto que posteriormente, quando as populações aumentam e polinizadores não são mais escassos, a polinização cruzada se torna mais benéfica, principalmente devido ao aumento do polimorfismo genético (Pannell & Barret 1998). Richardson *et al.* (2000) afirmaram ainda que espécies que possuem mecanismos de polinização especializados podem não encontrar estes polinizadores em novos ambientes, sendo esta uma barreira à disseminação. Apenas uma pequena proporção das plantas potencialmente invasoras e não autógamas são impedidas de se disseminarem devido à ausência de polinizadores, pois conseguem atrair facilmente polinizadores adaptados nas novas áreas (Richardson *et al.* 2000). Um exemplo disto é *Gomphocarpus physocarpus*, uma Asclepiadoideae introduzida na Austrália e tida como erva invasora de pastos e áreas antropizadas próximas ao litoral, onde se propaga vegetativamente, sendo também auto-incompatível, contando com insetos nativos para realizarem eficientemente a polinização (Foster 1994).

Muitas espécies de Asclepiadoideae são auto-incompatíveis (Wyatt & Broyles, 1994), apresentando, inclusive, baixa formação de frutos em condições naturais (Wyatt & Broyles, 1994; Vieira & Shepherd, 1999; Vieira & Grabalos, 2003), características que não contribuem para o incremento do potencial de colonização em áreas invadidas (St Denis & Cappuccino, 2004).

Muitas vezes, espécies invasoras são ervas daninhas (Richardson *et al.* 2000), as quais foram definidas por Baker (1974) como espécies em que suas populações crescem predominantemente ou inteiramente em situações onde ocorrem marcadamente distúrbios causados pelo homem. Como exemplo de suas características podem ser citadas: 1) rápida chegada à fase reprodutiva; 2) contínua produção de frutos e sementes; 3)

autocompatibilidade apenas parcial (não sendo completamente autogâmica ou apomítica); e 4) polinização cruzada realizada por visitantes generalistas ou pelo vento (Baker 1974).

Muitas das relações entre plantas exóticas e nativas podem ser competitivas, onde as primeiras prejudicam a polinização das últimas, por atraírem os polinizadores destas, ou serem mutuamente benéficas, se as duas, florescendo juntas, atraem mais visitantes florais ou se as exóticas mantêm as populações de polinizadores por fornecerem a estes, recursos florais em épocas que as plantas nativas não florescem (Memmot & Waser 2002). Com relação à variabilidade genética, várias espécies de plantas que ocorrem em áreas fora de sua distribuição natural apresentam baixa variação genética dentro de populações (Hall & Bawa 1994).

Ambientes xéricos apresentam uma resistência abiótica, não sendo favoráveis à germinação e sobrevivência de plântulas da maioria das espécies introduzidas, visto as altas temperaturas e estresse hídrico (Rejmanek *et al.* 2004). Apesar disto, *Calotropis procera*, exótica no Brasil, encontra-se como subespontânea na Caatinga de toda a região nordeste (Corrêa 1939). Ferreira & Gomes em 1974 realizaram um estudo com *C. procera* o qual trazia no título as seguintes palavras: “Uma planta invasora a ser estudada e controlada no estado de Minas Gerais”. Os autores diziam ainda ter esta um intenso ritmo de dispersão e que em pouco tempo seria de difícil erradicação. Como motivos para isto citaram: grande capacidade de rebrota após corte, grande capacidade de dispersão através do vento, tolerância a ambientes com pouca pluviosidade e não terem grandes exigências em termos de solo. Esta mesma espécie foi citada como trazendo transtornos ao pasto em áreas da Austrália, onde também é exótica e bastante difundida (Foster 1994)

Baseado nas informações acima faz-se necessário o estudo do comportamento reprodutivo de *C. procera* no Brasil, esclarecendo assim alguns dos processos que a fazem ser bem sucedida em novos ambientes e ser chamada de invasora, bem como contribuindo para o conhecimento da biologia reprodutiva de espécies invasoras em geral e das mudanças evolutivas rápidas que estas podem sofrer em novos ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, T. A.; ALI, S. I. Pollination biology of *Calotropis procera* subsp. *Hamiltonii* (Asclepiadaceae). **Phyton** 29: 175-188. 1989.
- BAKER, H.G. The evolution of weeds. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** 5: 1-24. 1974.
- BARBOSA, D. C. A.; ALVES, J. L. H.; PRAZERES, S. M.; PAIVA, A. M. A. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de Caatinga (Alagoinha-PE). **Acta Bot. Brasil.** 3: 109-117. 1989.
- BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. Pp. 657-693. *In*: I. R. Leal, M. Tabarelli, and J. M. C. Silva (Orgs.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE. 2003.
- BAWA, K. S. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. **Evolution** 28: 85-92. 1974.
- CHATURVEDI, S. K.; PANT, D. D. Further studies in the pollination of some Indian Asclepiads. **Bull. Bot. Surv. India** 28: 23-30. 1986.
- CHITKA, L.; SCHÜRKEN, S. Successful invasion of a floral market. **Nature** 411: 653. 2001.
- CORRÊA, P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Imprensa Oficial. Rio de Janeiro. Vol. I, II, III e IV. 1939.
- CRUDEN, R.W. Pollen grains: why so many? **Plant Systematics and Evolution**. 222: 143-165. 2000.
- EISIKOWITCH, D. Morpho-ecological aspects on the pollination of *Calotropis procera* (Asclepiadaceae) in Israel. **Plant Systematics and Evolution** 152: 185-194. 1986.
- EL-GUANI, M. M. A. Phenology of ten common plant species in western Saudi Arabia. **Journal of Arid Environments** 35: 673-683. 1997.
- ENDRESS, P. K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge University Press: Cambridge, England. 1994.
- ENDRESS, M. E.; BRUYNS, P. V. A revised classification of the Apocynaceae *s. l.* **Bot. Rev.** 66: 1-56. 2000.

- ENDRESS, M. E.; STEVENS, W. D. The renaissance of the Apocynaceae *sens. lat.*: recent advances in systematics, phylogeny, and evolution: Introduction. **Ann. Missouri Bot. Gard.** 88: 517–522. 2001.
- FAEGRI, K.; PJIL, L. Van der. **The Principles of Pollination Ecology**. Pergamon Press. Third edition, 244p, London. 1979.
- FERREIRA, M. B.; GOMES, V. *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. uma invasora a ser estudada e controlada no estado de Minas Gerais. **Oreades**, UFV, 5: 68-74. 1974.
- FOSTER, P. I. Diurnal insects associated with the flowers of *Gomphocarpus physocarpus* E. Mey. (Asclepiadaceae), an introduced weed in Australia. **Biotropica** 26 (2): 214-217. 1994.
- FRANKIE, G. W.; HABER, W.A.; OPLER, P. A.; BAWA, K. S. Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rican dry forest. *In*: C. E. Jones and R. J. Little (Eds.). **Handbook of Experimental Pollination Biology**, pp 411-447. New York: Scientific and Academic Editions. 1983.
- FRITZ, R. S.; MORSE, D. H. Nectar parasitism of *Asclepias syriaca* by ants: effect on nectar levels, pollinia insertion, pollinaria removal and pod production. **Oecologia** (Berl) 50: 316-319. 1981.
- GHAZANFAR, S. H. The phenology of desert plants: a 3- Year Study in a Gravel Desert Wadi in Northern Oman. **Journal of Arid Environments** 35: 407-417. 1997.
- HAGERUP, O. On pollination in the extremely hot air at Timbuctu. **Dansk Botanisk Arkiv**, Bd. 8(1): 1-20. 1932.
- KUNZE, H. Structure and function in asclepiad pollination. **Plant Syst. Evol.** 176: 227-253. 1991.
- JANZEN, D. H. Ants visit flowers? **Biotropica** 9(4): 252. 1977.
- LIPOW, S. R.; WYATT, W. Reproductive biology and breeding system of *Gonolobus suberosus* (Asclepiadaceae). **Journal of the Torrey Botanical Society** 125(3): 183-193. 1998.
- LUMER, C.; YOST, S. E. The reproductive biology of *Vincetoxicum nigrum* (L.) Moench (Asclepiadaceae), a Mediterranean weed in New York State. **Bulletin of the Torrey Botanical Club** 122(1): 15-23. 1995.

- MACHADO, I. C. S.; BARROS, L. M.; SAMPAIO, E. V. S. B. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica** 29(1): 57-68. 1997.
- MEMMOT, J.; WASER, N. M. Integration of alien plants into a native flower-pollinator visitation web. **Proc. R. Soc. Lond.** 269: 2395-2399. 2002.
- MORSE, D. H. The twinning of follicles by common milkweed (*Asclepias syriaca*) **American Midland Naturalist** 130(1): 56-61. 1993.
- OLLERTON, J.; LIEDE, S. Pollination systems in the Asclepiadaceae: a survey and preliminary analysis. **Biological Journal of the Linnean Society** 62: 593-610. 1997.
- PANNEL, J. R.; BARRET, S. C. H. Baker's law revisited: reproductive assurance in a metapopulation. **Evolution** 52(3): 657-668. 1998.
- PEREIRA, R. M. A.; ARAÚJO FILHO, J. A.; LIMA, R. V.; PAULINO, F. D. G.; LIMA, A. O. N.; ARAÚJO, Z. B. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da Caatinga. **Ciência Agronômica** 20: 11-20. 1989.
- PETER, C. I.; JOHNSON, S. D. Doing the twist: a test of Darwin's cross-pollination hypothesis for pollinarium reconfiguration. **Biol. Lett.** 2: 65-68. 2006.
- PIJL, L. van der. *Xylocopa* and flowers in the tropics. **Proc. K. Ned. Akad. Wet.**, Amsterdam, 57: 413-562. 1954.
- PRAKASH I.; SINGH, V. Floral organogenesis in *Calotropis procera* R. Br. (Asclepiadaceae). **Proc. Indian Nat. Sci. Acad.** B59(1): 79-86. 1993.
- PRIMACK, R. B. Longevity of individual flowers. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16: 15-38. 1985.
- PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. **The natural history of pollination.** Timber Press. pp 479. 1996.
- RAMAKRISHNA, T. M.; AREKAL, G. D. Pollination biology of *Calotropis gigantea* (L.) R. Br. **Current Science** 48(5): 212-213. 1979.
- REJMÁNEK, M.; RICHARDSON, D. M.; PYSEK, P. Plant invasions and invisibility of plant communities. *In*: E. van der Maarel (Eds.). **Vegetation Ecology.** pp 332-355. Blackwell Publishers, Oxford, UK. 2005.
- RICHARDSON, D. M.; ALLSOPP, N.; D'ANTONIO, C. M.; MILTON, S. J.; REJMÁEK, M. Plant invasions - the role of mutualisms. **Biol. Rev.** 75: 65-93. 2000.

- SENNBLAD, B.; BREMER, B. Classification of Apocynaceae *s.l.* according to a new approach combining Linnaean and phylogenetic taxonomy. **Systematic Biology** 51(3): 389-409. 2002.
- SOLBRIG, O. T. On the relative advantages of cross-and self-fertilization. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 63(2): 262-276. 1976.
- ST. DENIS, M.; CAPPUCINO, N. Reproductive biology of *Vincetoxicum rossicum* (Kleo.) Barb. (Asclepiadaceae), an invasive alien in Ontario. **Journal of the Torrey Botanical Society** 131: 8-15. 2004.
- VIERA, M. F. **Biologia reprodutiva de espécies de *Oxypetalum* (Asclepiadaceae), na região de Viçosa. MG, sudeste brasileiro.** Tese. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 1998.
- VIERA, M. F.; SHEPHERD, G. J. Sistema reprodutivo de *Oxypetalum appendiculatum* Mart. e *Oxypetalum banksii* Roem. & Schult. subsp. *banksii* (Asclepiadaceae). **Acta Bot. Brasil.** 13: 237-241. 1999.
- VIERA, M. F.; GRABALOS, R. Sistema reprodutivo de *Oxypetalum mexiae* Malme (Asclepiadaceae), espécie endêmica de Viçosa, MG, Brasil, em perigo de extinção. **Acta Bot. Brasil.** 17: 137-145. 2003.
- WANNTORP, H. E. *Calotropis gigantean* (Asclepiadaceae) and *Xylocopa tenuiscapa* (Hymenoptera, Apidae) studies in flower morphology and pollination biology. **Svensk Botanisk Tidskrift**, Bd 68: 25-32. 1974.
- WILLMER, P. G. The role of insect water balance in pollination ecology: *Xylocopa* and *Calotropis*. **Oecologia** 76(3): 430-438. 1988.
- WYATT, R. The impact of nectar-robbing ants on the pollination system of *Asclepias curassavica*. **Bulletin of the Torrey Botanical Club** 107(1): 24-28. 1980.
- WYATT, R.; BROYLES, S. B. Ecology and evolution of reproduction in milkweeds. **Annual Review of Ecology and Systematics** 25: 423-441. 1994.
- WYATT, R.; BROYLES, S. B. The weedy tropical milkweeds *Asclepias curassavica* and *A. fruticosa* are self-compatible. **Biotropica** 29: 232-234. 1997.
- WYATT, R.; BROYLES, S. B.; LIPOW, S. R. Pollen-ovule ratios in milkweeds (Asclepiadaceae): an exception that probes the rule. **Systematic Botany** 25(2): 171-180. 2000.

CAPÍTULO 1

**Artigo a ser submetido
ao periódico Biotropica**

**FENOLOGIA, BIOLOGIA REPRODUTIVA E ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO
DE *Calotropis procera* Ait. R. Br.**

George Machado Tabatinga Filho*, Ariadna Valentina Lopes e Isabel Cristina Machado

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 50.372-970, Recife, PE, Brasil; e-mails: gmtfilho@yahoo.com.br; avflopes@ufpe.br; imachado@ufpe.br; fax: + 55 81 21268352

Com 4 figuras

Resumo: 357 palavras

Texto restante: 4560 palavras

*Autor para correspondência: gmtfilho@yahoo.com.br

RESUMO

Calotropis procera é uma espécie exótica e invasora, encontrada no Brasil em áreas de Caatinga e em ambientes urbanos, onde é cultivada como ornamental. Pouco é conhecido sobre seus aspectos reprodutivos, existindo apenas trabalhos enfocando sua polinização em áreas de ocorrência natural da espécie na Ásia. Esta espécie apresenta flores brancas com detalhes roxos na margem das pétalas, oferta néctar como recurso floral e apresentam uma morfologia bastante complexa, comum em Asclepiadoideae. Neste trabalho foi acompanhada a fenologia de 13 indivíduos de *C. procera* durante um ano, estudada sua ecologia da polinização em áreas de Caatinga, através do registro da riqueza, frequência e comportamento dos visitantes florais, e realizados experimentos controlados nas flores para conhecer seu sistema reprodutivo. *Calotropis procera* comportou-se como perenifólia, assim como o observado em áreas onde é nativa. Sua floração e frutificação, tendo sido contínuas, divergem tanto do observado em áreas onde é nativa quanto do observado como padrão em espécies nativas da Caatinga. A estação seca corresponde ao período em que se encontram a maior quantidade de frutos maduros dispersando, possivelmente relacionado ao fato destes serem anemocóricos. Quanto ao seu sistema reprodutivo, foi observada não só autocompatibilidade, como autogamia do tipo *in situ*, uma vez que as polínias germinam ainda nas anteras da própria planta. Este tipo de reprodução faz com que a planta não necessite de polinizadores para se propagar, facilitando assim sua disseminação, em detrimento de maior variabilidade genética. *Calotropis procera* produz néctar abundante (13,5 µl) e em concentrações de açúcares acima de 30 %. Foram observadas várias espécies de visitantes florais tentando acessar o néctar, entre eles abelhas, vespas e formigas, os quais não tiveram sucesso, visto o néctar se encontrar protegido nas flores por rígidas

estruturas (coronas). Apesar dos diversos trabalhos realizados em áreas de sua ocorrência natural indicarem que abelhas do gênero *Xylocopa* são sempre encontradas polinizando flores de *C. procera*, e de na Caatinga existirem sete espécies deste gênero, estas, embora localmente presentes, não visitaram as flores desta espécie. Os aspectos reprodutivos de *C. procera* encontrados neste trabalho são típicos de espécies invasoras e explicam seu potencial em se disseminar em áreas associadas à Caatinga.

Palavras-chave: biologia reprodutiva, Caatinga, espécies invasoras, polinização.

INTRODUÇÃO

ESPÉCIES INVASORAS SÃO AQUELAS QUE TÊM SUA DISTRIBUIÇÃO EM DETERMINADO AMBIENTE relacionada direta ou indiretamente ao homem, tendo a capacidade de se disseminarem nestes locais (Rejmanek *et al.* 2004). Pouco é conhecido sobre o comportamento reprodutivo destas (Richardson *et al.* 2000), embora várias alterações possam ocorrer durante a colonização das mesmas em um novo ambiente. Entre estas alterações estão mudanças na fenologia (Barret *et al.* 2007), no sistema reprodutivo (Pannel e Barret 1998; Rejmanek *et al.* 2004; Barret *et al.* 2007) e nos mecanismos de polinização (Richardson *et al.* 2000; Ghazoul 2002). Além disto, espécies invasoras podem influenciar negativamente as relações entre espécies nativas e seus polinizadores (Chitka & Schurkens 2001).

Baker (1974) citou características reprodutivas que estas espécies de fácil disseminação podem ter e que potencialmente as ajudam na colonização, entre estas estão: rápida passagem da fase vegetativa para a reprodutiva, floração e frutificação contínua,

grande produção de frutos e sementes, autocompatibilidade, autogamia e rara ocorrência de polinização cruzada, sendo esta realizada por vetores abióticos ou por animais generalistas.

A Subfamília Asclepiadoideae (Apocynaceae), a qual compreende *Calotropis procera*, possui vasta distribuição no globo, compreendendo aproximadamente 3000 espécies, a maioria oriunda de regiões tropicais e subtropicais (Endress 1994). As espécies deste grupo apresentam umas das mais elaboradas flores dentre as Angiospermae, possuindo complicados mecanismos, que segundo Peter e Johnson (2006) priorizam a polinização cruzada, baseados na transferência de polínias, unidades de dispersão de pólen típica da subfamília, principalmente por insetos da ordem Hymenoptera (Kunze 1991; Endress 1994; Wyatt e Broyles 1994; Ollerton e Liede 1997).

Apoiados principalmente em informações acerca do gênero *Asclepias*, o mais estudado da subfamília segundo Endress (1994), Wyatt e Broyles (1994) afirmaram que, embora existam algumas espécies autocompatíveis neste grupo, a maior parte das espécies desta subfamília são auto-incompatíveis geneticamente, normalmente acontecendo auto-rejeição de ação tardia no ovário. Por outro lado, algumas das espécies autocompatíveis desta subfamília podem apresentar um tipo de autogamia denominado *in situ* (Chaturvedi & Pant 1986), no qual na ausência de polinizadores, tubos polínicos oriundos de polínias da própria planta germinam ainda nas anteras, fecundando posteriormente os óvulos e originando sementes viáveis (Chaturvedi & Pant 1986; Kunze 1991; Lumer & Yost 1995; Wyatt & Broyles 1997).

Calotropis procera é um espécie oriunda da África tropical e Índia, tendo sido introduzida no Brasil a mais de um século com fins ornamentais (Corrêa 1939). Esta espécie encontrou na Caatinga da região nordeste e parte de Minas Gerais ambientes

similares ao seu habitat de origem (Corrêa 1939), se disseminado bastante nessas áreas e sendo tida como invasora e de difícil erradicação (Ferreira e Gomes 1974).

Em áreas de Caatinga são poucos os estudos abordando a fenologia, mesmo de espécies nativas (Barbosa *et al.* 1989, Pereira *et al.* 1989, Machado *et al.* 1997, Barbosa *et al.* 2003), as quais apresentam comportamento fenológico moldado segundo o regime de chuvas, visto ser a disponibilidade hídrica o recurso limitante neste ambiente. O único estudo realizado quanto à fenologia reprodutiva de *Calotropis procera* foi realizado por El-Ghani (1997) em vegetação de deserto, na Arábia Saudita e nada é conhecido a respeito do sistema reprodutivo desta espécie, existindo porém vários trabalhos relativos à ecologia da polinização da mesma em seu ambiente natural (Hagerup 1932; van der Pijl 1954; Wanntorp 1974; Ramakrishna & Arekal 1979; Eisikowitch 1986; Willmer 1988; Ali & ali 1989; Endress 1994), todos evidenciando uma estreita relação co-evolutiva entre o gênero *Calotropis* e abelhas do gênero *Xylocopa*, as quais também são encontradas em áreas de Caatinga (Zanella 2000).

Tendo em visto este cenário, o objetivo deste trabalho foi conhecer a dinâmica reprodutiva de *Calotropis procera* em áreas de Caatinga no nordeste do Brasil, através do estudo da fenologia, sistema reprodutivo e ecologia da polinização da mesma, esclarecendo assim alguns dos processos que a fazem bem sucedida neste país, onde a espécie é exótica e tida como invasora de áreas de Caatinga. De maneira mais ampla, este estudo adiciona informações acerca de possíveis modificações evolutivas no comportamento reprodutivo de espécies invasoras.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE ESTUDADA.— As observações de campo com *Calotropis procera* foram realizadas no período de abril de 2006 a agosto de 2007, na estação experimental do IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária), localizada no município de Serra Talhada (7°59'00"S, 38°19'16"W), Sertão de Pernambuco. Esta área dista 426 km de Recife, estando a 650 metros de altitude e apresenta precipitação média anual de 650 mm (Machado e Lopes 2003), tendo um período seco, normalmente ocorrendo de junho a dezembro, e outro chuvoso, de janeiro a maio. A vegetação local é de caatinga, dominada por arbustos, a maioria variando de 3-4m de altura e com diâmetro do tronco de 3-6cm, com poucas árvores alcançando 15m de altura e 60 cm de diâmetro (Ferraz 1994). O estrato herbáceo é pouco denso e é principalmente composto por ervas anuais que aparecem somente durante a estação chuvosa.

Na estação do IPA, semelhante ao que ocorre em outras áreas de Caatinga, *Calotropis procera* é encontrada em proximidades de estradas, edificações e em áreas de pasto ou plantio (Fig. 1A). Observações relativas aos visitantes florais e biologia reprodutiva de *C. procera* foram realizadas também em indivíduos localizados em duas outras áreas, a primeira com vegetação litorânea, localizada no município de Caucaia, (3°41'36.34"S / 38°38'40.76"W), zona metropolitana de Fortaleza-CE, e a segunda na Floresta decídua do Parque Estadual da Mata Seca (14°51'02"S, 43°56'33"W), região de transição entre Caatinga e Cerrado, localizada no município de Manga-MG.

As flores de *Calotropis procera* são gamopétalas e gamossépalas, apresentando um número padrão de verticilos, semelhante ao encontrado de forma geral para sua subfamília, sendo extremamente estáveis: 5, 5, 5, 2, respectivamente relativos ao cálice, corola, gineceu

e androceu (Endress 1994). O pólen destas flores é agrupado em polínias, as quais são suas unidades de polinização e tipicamente encontradas nesta subfamília e em Orchidaceae (Endress 1994; Peter e Johnson 2006). Ocorrem várias fusões das partes florais de um mesmo verticilo e também entre partes de diferentes verticilos, formando novas estruturas na flor, sendo este um padrão bastante fora do convencional para Angiospermas (Endress 1994). Como exemplo destas estruturas podem ser citadas: 1) corona, que se constitui em um reservatório de néctar na flor, oriunda da fusão de uma porção da corola com parte do androceu; 2) ginostégio ou cabeça estigmática, disco que serve para o pouso dos polinizadores e que é formado pela fusão de partes do androceu e do gineceu. O gineceu é apocárpico com dos dois estiletos na porção superior.

Ali e Ali (1989) descreveram a morfologia floral de *Calotropis procera* subsp. *Hamiltonii*, a qual segue o padrão geral descrito acima para Asclepiadoideae e é semelhante ao das plantas deste estudo. Suas flores são brancas com detalhes roxos nas margens das pétalas e das coronas (Fig. 1B) e em cada flor existem cinco pares de polínias e a região estigmática é subdividida em cinco câmaras interiorizadas na flor, cada uma localizada entre um par de polínias. Cada polinário é formado por duas polínias, cada uma destas oriundas de uma antera adjacente e unidas por uma estrutura associada ao transporte destas, o translador. Este último é formado de um retináculo (Figura 1C,D), estrutura que se prende ao corpo do inseto durante a polinização, e de duas caudículas, que ligam o retináculo às duas polínias. Logo abaixo dos retináculos localizam-se as entradas das câmaras estigmáticas, as quais ficam localizadas no interior do ginostégio, de formato pentagonal.

FENOLOGIA.— O acompanhamento fenológico foi realizado durante o período de um ano (agosto de 2006 a julho de 2007), através de viagens mensais à área de estudo em Serra Talhada-PE, onde 13 indivíduos desta espécie foram monitorados quanto à quantidade de

ramos total nas plantas e quantidade de ramos que apresentavam cada uma das seguintes fenofases: emissão/queda de folhas (folhas novas, maduras ou senescentes), floração (botões ou flores) e frutificação (frutos imaturos ou maduros). Foram obtidas assim as frequências relativas de cada fenofase na população e elaborados gráficos relacionando estas à precipitação mensal do período de estudo. Para determinação do padrão de frequência de floração da espécie foi utilizada a classificação de Newstrom *et al.* (1994).

BIOLOGIA E ANATOMIA FLORAIS.— Dados acerca da biologia floral da espécie foram obtidos segundo protocolos usuais em ecologia e biologia reprodutiva de acordo com Dafni *et al.* (2005) e Kearns & Inouye (1997). Foi observada a longevidade floral, horário de abertura da flor e número total de flores produzidas por inflorescência. Com a utilização de microcapilares (5 μ m) e refratômetro foram obtidos também o volume e concentração do néctar, respectivamente.

Para a descrição anatômica das estruturas internas, evidenciando o retináculo, polínias e câmaras estigmáticas, flores de *C. procera* foram fixadas em solução Karnovsky (1965) por 24 horas, desidratadas em série etílica (Johansen 1940) e incluídas em historesina Leica. Após isso foram realizadas secções transversais e longitudinais de 5 μ m de espessura, obtidas em micrótomo rotatório Leica 2065, sendo estas montadas em 50 lâminas histológicas e coradas com azul de toluidina 0,12% em bórax 5% e fucsina básica 0,05% (Junqueira 1990). Após secagem à temperatura ambiente, foram seladas em resina sintética Entelan.

SISTEMA E SUCESSO REPRODUTIVOS.— Para análise do sistema e do sucesso reprodutivos foram efetuados experimentos de polinização controlada, quantificados através da formação

de frutos e consistindo dos seguintes tratamentos: a) Dois testes para verificação de autopolinização espontânea: um primeiro no qual foram isoladas flores na fase de pré-antese (N=583) com a utilização de sacos de “voal” e um segundo onde foi realizado o mesmo procedimento de isolamento, porém realizando também remoção de quatro dos cinco pares de polínias (N=30); b) Teste para verificação da porcentagem de formação natural de frutos, no qual foram marcadas flores sem isolamento (N=138); c) Teste para a verificação da ocorrência de agamosperma (formação de frutos sem que haja fecundação), através da emasculação de botões em pré-antese (N=44). Para os experimentos de polinizações cruzadas, visto a dificuldade de remover/inserir polínias nas flores, foi utilizado um método indireto, no qual flores emasculadas em pré-antese (N=30) foram deixadas expostas a visitantes florais por todo o período de antese.

Para evidenciar a germinação e o trajeto dos tubos polínicos até os óvulos, foram realizados cortes à mão livre em botões e flores, os quais foram coletadas em intervalos de 24h durante todo o período de antese (três a quatro dias). A metodologia utilizada foi a de Martin (1959), na qual os cortes são corados com azul de anilina, que evidencia locais de deposição de calose na flor, corando assim os tubos polínicos visualizados com a utilização de microscópio de fluorescência.

ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO.— Observações em campo foram realizadas em Serra Talhada-PE para registrar a riqueza, frequência e o comportamento dos animais visitantes, assim como o resultado das visitas (se polinização ou pilhagem) em plantas focais de *Calotropis procera*. Informações adicionais sobre riqueza e comportamento de visitantes foram obtidas também nas duas outras áreas envolvidas, no Ceará e em Minas Gerais.

Na área foco do trabalho, em Serra Talhada, para o registro da frequência de visitantes, foram observados, em campo, 13 indivíduos e em cada um destes contabilizada a

freqüência de cada uma das espécies de insetos encontradas visitando as flores, em seis ramos de cada um destes indivíduos, por dois dias de observação consecutivos (7-11h e de 14-18h) totalizando 80h de observação.

Foram identificados e coletados exemplares de cada espécie de visitante floral, bem como observada a quantidade de retináculos, polinários completos e polínias aderidas ao corpo destes, sendo também registrado seu local de deposição. Para verificação das taxas de remoção/deposição de polínias em ambiente natural foram coletadas 10 flores de 45 indivíduos em cada uma das três áreas envolvidas no estudo, totalizando 1350 flores. Após a coleta das flores, foi examinado se algum dos cinco pares de polínias havia sido removido pela ação de visitantes florais e/ou se alguma polÍNIA havia sido depositada por ação destes.

RESULTADOS

FENOLOGIA.— *Calotropis procera* é uma espécie perenifólia, sendo sempre encontradas folhas novas nos ramos, mostrando que estas são produzidas continuamente. Folhas velhas foram observadas apenas na base dos ramos, caindo em substituição às novas no ápice. A floração de *C. procera* foi contínua, sendo também produzidos frutos ao longo de todo o ano, embora em menor quantidade na estação seca do ano, época em que se encontra a maior quantidade de frutos maduros (Fig. 2) e dispersão de sementes pelo vento (Fig. 1E,F). Embora contínuas, as fenofases reprodutiva de flores, frutos verdes e frutos maduros tiveram picos seqüenciais, as duas primeiras com picos em agosto (76% e 65% respectivamente) e a última em outubro (17%) como pode ser observado na figura 2.

BIOLOGIA E ANATOMIA FLORAIS.— Durante todo o período de estudo foram realizadas 440 horas de observações de campo em indivíduos de *C. procera*. A planta produz em média 30

flores por inflorescência (N=12) e a cada dia são encontradas de uma a quatro flores abertas em cada uma destas. A antese dura de três a quatro dias, e no fim destes as pétalas se curvam para o interior da flor, fechando a mesma. A concentração média de néctar encontrada foi de 52% (N=24), e o volume deste em cada corona foi em torno de 2,7 µl (N=6), totalizando 13,5 µl por flor. Quanto à descrição das estruturas internas das flores, na figura 3 podem ser observados em detalhes o retináculo, as câmaras estigmáticas no interior das alas das anteras, as polínias nas anteras, o canal por onde passam os tubos germinados na própria antera e os canais que levam estes pelo estilete e posteriormente aos ovários.

SISTEMA E SUCESSO REPRODUTIVOS.— Os resultados dos experimentos de polinização controlada encontram-se na Tabela 1. Houve formação de fruto apenas nos tratamentos de polinização natural (controle) e de autopolinização espontânea, incluindo aquele em que foram retirados quatro dos cinco pares de polínias, restando apenas um par. Neste último, em alguns casos foi observado o desenvolvimento dos dois ovários. A necessidade das polínias para a formação de frutos foi comprovada visto estes não terem sido formados no experimento de agamospermia. Assim a espécie necessita que ocorra germinação das polínias e posterior fecundação dos óvulos para formação de frutos. No experimento que visava observar indiretamente a polinização cruzada, não foi observada deposição de polínias nas câmaras estigmáticas e conseqüentemente não houve formação de frutos. Houve variação no número de folículos formados por flor, podendo ser encontrados frutos formados por um ou dois folículos, se os dois carpelos da flor forem fecundados. Cada um destes folículos tem em média 346 sementes (N=34).

O experimento para visualização da germinação e do trajeto dos tubos polínicos mostrou que em várias flores (em alguns casos inclusive em botões florais), suas próprias polínias germinam ainda nas anteras, emitindo tubos polínicos em grande quantidade e já se

dirigindo pelo estilete em direção aos óvulos (Figura 3B). Foi observada a chegada de tubos polínicos em flores a partir do segundo dia após a antese destas (Figura 3F).

ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO.— Os visitantes florais observados em *C. procera* podem ser observados na tabela 2. O período de maior freqüência de visitantes foi no começo da manhã (7-9h) e no final da tarde (15-17h). Estas informações não incluíram a freqüência de formigas, visto que estas foram encontradas nas flores em período integral ao longo do dia. Aparentemente nenhum dos visitantes florais conseguiu ter acesso ao néctar, o qual se encontra protegido por estruturas especializadas das flores, as coronas, mas os mesmos foram observados na maioria das vezes tentando acessá-lo através das entradas das câmaras estigmáticas (Fig. 4A). Vários indivíduos de *Xylocopa grisescens* foram observados próximos ou mesmo voando entre os ramos de *C. procera*, porém estes nunca foram observados visitando as flores desta planta.

Em 10 espécimes coletados, entre abelhas e vespas, puderam ser observados polinários ou partes destes aderidos aos pêlos de suas pernas (Tabela 2), em sua maioria nos segmentos tarsais (Fig. 4B,C). As espécies que portavam estas estruturas foram: *Trigona spinipes* (dois indivíduos), *Apis mellifera* (cinco indivíduos), *Polistes* sp. (um indivíduo) e *Brachygastra lecheguana* (Latreille) (dois indivíduos). Foi encontrado um total de 60 transladores aderidos a estes animais e a espécie que apresentou um maior número destes aderidos aos pêlos de um mesmo indivíduo foi *Apis mellifera* (9 transladores). Apenas 17 destes transladores foram observados com polinários inteiros (fig. 4D), contendo um translador e um par de polínias, enquanto que na maioria dos casos as polínias já haviam se desprendido dos transladores, restando apenas o retináculo (N=23), em outros foi encontrado o translador ligado a uma única polínia (N=20). As formigas, embora sempre

presentes nas flores, ocorrendo em período integral e tocando constantemente os transladores, nunca foram vistas carregando polínias.

No experimento que visava verificar as taxas de remoção de polínias nas três áreas de estudo, em apenas cinco flores (0,4% do total) de três indivíduos do Parque Estadual da Mata Seca foi observada remoção de polínias, enquanto que nas 1345 flores relativas a 130 indivíduos das três áreas não foi observada remoção ou deposição de polínias.

DISCUSSÃO

FENOLOGIA.— O comportamento perenifólio apresentado por *Calotropis procera* neste trabalho condiz com o observado anteriormente por El-Guani (1997) em áreas de ocorrência natural desta, mostrando não haverem alterações marcantes no comportamento vegetativo desta espécie em decorrência de sua introdução no Brasil.

A floração contínua apresentada por *C. procera* concorda com o observado por Ferreira e Gomes (1974), os quais já indicaram que esta espécie floresce praticamente o ano todo em áreas de Caatinga. Tais observações foram diferentes do encontrado por El-Guani (1997), estudando *C. procera* em vegetação de deserto na Arábia Saudita, onde a espécie floresceu seis meses no primeiro ano de estudo e quatro no segundo, sendo esta diferença associada à variação inter-anual da intensidade e distribuição das chuvas. Este resultado diferiu também do padrão encontrado para espécies nativas de Caatinga, onde apenas raras espécies possuem floração contínua devido à forte sazonalidade das chuvas (Barbosa *et al.* 1989, Pereira *et al.* 1989, Machado *et al.* 1997, Barbosa *et al.* 2003), visto a floração requisitar uma grande quantidade de água e energia para acontecer (Larcher 2000). Uma vez que esta é uma planta bem adaptada a climas áridos e semiáridos, florescendo até seis

meses em vegetação de deserto, como citado acima, a floração continua apresentada na área de estudo pode ter sido reflexo de uma menor restrição hídrica do que a encontrada em seu ambiente natural, como no trabalho acima de El-Ghani (1997) em que a precipitação média anual na área estudada é 86,6mm.

Quanto à frutificação, embora esta tenha sido contínua ao longo do ano, o pico de ocorrência de frutos maduros ocorreu em outubro, no auge da estação seca, condizendo com o observado por El-Ghani (1997), o qual, embora tenha observado produção de frutos durante apenas dois meses do ano, este fenômeno ocorreu sempre na estação seca. Este fato pode ser explicado pela facilidade em dispersar as sementes neste período, quando a densidade das copas das árvores é baixa, deixando passar mais facilmente o vento e as sementes destes frutos, trazendo vantagens para dispersão de frutos anemocóricos (Machado *et al.* 1997; Griz & Machado 2001).

A floração e frutificação contínuas e a dispersão anemocórica são duas fortes características reprodutivas de ervas invasoras, pois dessa forma é grande a quantidade de sementes dispersas no ambiente, maximizando a exploração ocasional de recursos, pois sempre que o ambiente for favorável a germinação destas, várias delas já estarão acumuladas no solo (Baker 1974; Ghazoul 2002; Rejmánek 2000).

BIOLOGIA FLORAL.— Os resultados encontrados quanto à porcentagem natural de formação de frutos (4%) condizem com o esperado de forma geral para Asclepiadoideae, sub-família na qual as espécies têm percentuais de frutificação muito baixos, variando entre 0,3 a 5% (Wyatt & Broyles 1990). A quantidade de folículos foi sempre maior que a de frutos, em todos os tratamentos, uma vez que cada fruto pode ter até dois folículos (Sage *et al.* 1990 *apud* Vieira 1998; Morse 1993).

Plantas que possuem o pólen agrupado em polínias possuem menos grãos de pólen que plantas que apresentam estes em mônades (Cruden 1977), e isto se deve ao fato de uma única polínia normalmente já conter um número de grãos necessários para a fecundação de todos os óvulos de um ovário (Cruden 2000; Wyatt *et al.* 2000). Segundo Ali e Ali (1989) existem 350 grãos de pólen em cada polínia de *C. procera* (3500 grãos por flor) e 285 óvulos por ovário (570 por flor), sendo a razão pólen/óvulo de 6,14.

Peter e Johnson (2006) apresentaram três motivos para que as espécies de Asclepiadaceae e Orchidaceae, as quais têm seus grãos de pólen no interior de polínias, não tenham a autopolinização como algo desastroso, são eles: 1) a deposição de polínias de uma planta em suas próprias câmaras estigmáticas pode anular total ou parcialmente a possibilidade desta de exportar seu pólen; 2) em espécies autocompatíveis, como muitas Orchidaceae, os óvulos são fecundados em massa e assim se tornam indisponíveis para polinização cruzada; e 3) em alguns casos a autofecundação eleva os índices de aborto de embriões normalmente ao dobro do observado nas sementes oriundas de polinização cruzada. Em adição a isto, o fato de espécies de Asclepiadoideae possuírem suas superfícies estigmáticas receptivas restritas a cinco câmaras estigmáticas no interior das flores e terem baixas razões pólen/óvulo são tidas como evolução para evitar a chegada de pólen misto, o que acarretaria em aborto para muitas espécies visto os mecanismos de auto-incompatibilidade encontrados na subfamília (Wyatt & Broyles 1994; Lipow & Wyatt 1998; Wyatt *et al.* 2000).

Apesar de todos os indicativos acima, *Calotropis procera* mesmo representando um dos extremos nos graus de complexidade floral, mostrou-se na população estudada, ser não só autocompatível mas também de autopolinização espontânea.

Além desta ser autogâmica, pode ser observado a germinação das polínias ainda na própria antera das flores, germinação dita por Chaturvedi & Pant (1986) como *in situ*. Embora este fenômeno tenha sido observado para outras seis espécies da sub-família, *Asclepias curassavica* (Wyatt & Broyles 1997), *Gymnema sylvestre*, *Hemidesmus indicus* e *Tylophora hirsuta* (Chaturvedi & Pant 1986), *Tylophora* sp. (Kunze 1991), *Vincetoxicum nigrum* (Lumer & Yost 1995), este é o primeiro registro deste fenômeno ocorrendo ainda nos botões florais. Os autores citados acima relacionam a ocorrência deste evento à falta de polinizadores locais das espécies ou a caracteres evolutivamente primitivos na polinização da família. Segundo Barrett *et al.* (2007), durante as invasões biológicas as espécies podem apresentar mudanças evolutivas rápidas em seus sistemas reprodutivos, em função de novos ambientes e entre estas mudanças está a perda de auto-incompatibilidade. Isto ocorreria seja por terem populações normalmente pequenas no início da colonização ou pela falta de polinizadores nativos.

A ocorrência deste tipo de autogamia *in situ*, ainda em botões, faz com que este método de reprodução seja parcialmente ou totalmente obrigatório nas populações de *Calotropis procera* aqui estudadas, dificultando a potencial ocorrência de fluxo gênico (polinização cruzada) nestas, visto que no momento que as flores se tornam disponíveis para os polinizadores, tubos polínicos oriundos de suas próprias polínias já se encontram percorrendo o trajeto até os óvulos e mesmo que uma polínia de um outro indivíduo viesse a ser depositada, os seus tubos teriam dificuldade de adentrar as câmaras estigmáticas por causa do impedimento físico causado pelos tubos oriundos da própria planta, sendo este evento conhecido como “clogging”. Esta pode ter sido também a causa da dificuldade de remoção de polínias de muitas flores, para realização dos tratamentos de biologia

reprodutiva, pois como as polínias germinam ainda nas anteras, se fixam nessa região, constituindo uma resistência física a sua remoção.

Baseado nas informações encontradas na literatura, que mostram o alto grau de complexidade estrutural das flores especializadas do gênero *Calotropis* (Endress 1994; Prakash e Singh 1993), a forte relação de co-evolução existente entre suas flores e abelhas do gênero *Xylocopa* (Hagerup 1932; van der Pijl 1954; Wanntorp 1974; Ramakrishna & Arekal 1979; Eisikowitch 1986; Willmer 1988; Ali & ali 1989; Endress 1994), associado ao fato desta planta ser auto-incompatível em seu ambiente natural (D. Eisikowitch, com. pessoal), no Brasil, pode-se inferir que ela é tida como invasora, seu sistema reprodutivo se adequou às novas condições impostas pelo local.

VISITANTES FLORAIS.— Os visitantes florais mostraram-se não adaptados à polinização desta espécie, visto que os animais que removeram polínias foram raros e não apresentaram fidelidade às flores, muitas vezes nem mesmo tocando as estruturas reprodutivas, ou quando tocando raramente removiam polínias. Outro fato relevante foi que nenhum dos visitantes conseguiu acessar o néctar presente nas estruturas armazenadoras (coronas), as quais legitimam a íntima relação entre o comportamento durante as visitas e a remoção/inserção de polínias (Ali & Ali 1989; Eisikowitch 1986; Pijl 1954; Wanntorp 1974; Ramakrishna & Arekal 1979). Segundo os mesmos autores acima, os locais onde foram encontradas polínias, pêlos das pernas de abelhas e garras de vespas condizem com os resultados em ambiente natural (Ramakrishna & Arekal 1979; Eisikowitch 1986; Ali & Ali 1989).

Apesar dos vários registros mostrando a íntima relação co-evolutiva entre os gêneros *Xylocopa* e *Calotropis* em ambientes onde a planta ocorre naturalmente (Hagerup 1932; van der Pijl 1954; Wanntorp 1974; Ramakrishna & Arekal 1979; Eisikowitch 1986;

Willmer 1988; Ali & ali 1989; Endress 1994) e de haver o registro de sete espécies de *Xylocopa* ocorrendo em áreas de Caatinga (Zanella 2000), não foram observadas abelhas deste gênero visitando as plantas em nenhuma das três áreas de estudo, embora vários indivíduos de *Xylocopa grisescens* tenham sido observados no local até mesmo voando por entre ramos de *Calotropis procera*, não mostrando, entretanto, nenhum interesse por suas flores. Isto pode ser reflexo da qualidade do néctar, da necessidade das abelhas ser suprida por outras plantas nativas ou de relações co-evolutivas existentes apenas com espécies de *Xylocopa* do velho mundo.

O fato de não ter sido observada deposição de polínias em nenhuma das 1350 flores observadas e de ter sido registrado apenas 0,4% de remoção de polínias total nas três áreas, pode ser explicado pela não especificidade dos animais visitantes seja por seu comportamento durante as visitas, ou simplesmente por estes não serem adaptados para polinizar esta espécie exótica, removendo polínias apenas ocasionalmente e não sendo hábeis em depositá-las. Somado a isto está a ausência de visitas por abelhas do gênero *Xylocopa*, as quais removem e depositam eficientemente bastante polínias em áreas onde *C. procera* é nativa (Ali e Ali 1989).

Baseado nestas informações a respeito dos visitantes florais, conclui-se que a espécie não estabeleceu interações efetivas de polinização com animais locais, aparentemente não influenciando diretamente a polinização de espécies de plantas nativas por não deslocar polinizadores destas (Chitka & Schurkens 2001), mesmo florescendo continuamente e possuindo néctar como recurso floral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Calotropis procera mostrou ter características típicas de ervas invasoras ditas anteriormente por diversos autores (Baker 1974; Ghazoul 2002; Rejmánek 2000). Entre essas características estão: reprodução vegetativa, rápida passagem da fase de crescimento para fase reprodutiva, floração e frutificação contínua, visitantes florais generalistas, frutos anemocóricos, autocompatibilidade e autogamia. Todas estas características, somadas à similaridade climática da Caatinga, com seu habitat original, proporcionam a esta planta vantagens à sua disseminação e rápida colonização de novas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, T. A., AND S. I. ALI. 1989. Pollination biology of *Calotropis procera* subsp. *hamiltonii* (Asclepiadaceae). *Phyton* 29: 175-188.
- BAKER, H. G. 1974. The evolution of weeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5: 1-24.
- BARBOSA, D. C. A., J. L. H. ALVES, S. M. PRAZERES, AND A. M. A. PAIVA. 1989. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de Caatinga (Alagoinha-PE). *Acta Bot. Brasil.* 3: 109-117.
- _____, M. C. A. BARBOSA, AND L. C. M. LIMA. 2003. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. Pp. 657-693. *In*: I. R. Leal, M. Tabarelli, and J. M. C. Silva (Orgs.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife: Editora Universitária da UFPE.
- BARRET, S. C. H., R. I. COLAUTTI, AND C. G. ECKERT. 2007. Plant reproductive systems and evolution during biological invasion. *Molecular Ecology*.
- CHATURVEDI, S. K., AND D. D. PANT. 1986. Further studies in the pollination of some Indian Asclepiads. *Bull. Bot. Surv. India* 28: 23-30.

- CHITKA, L., AND S. SCHÜRKENS. 2001. Successful invasion of a floral market. *Nature* 411: 653.
- CORRÊA, P. 1939. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Imprensa Oficial. Rio de Janeiro. Vol. I, II, III e IV.
- DAFNI A., P. G. KEVAN, AND B. C. HUSBAND. 2005. Practical pollination biology. Enviroquest, Cambridge, Ontario, Canada.
- EISIKOWITCH, D. 1986. Morpho-ecological aspects on the pollination of *Calotropis procera* (Asclepiadaceae) in Israel. *Plant Syst. Evol.* 152: 185-194.
- EL-GUANI, M. M. A. 1997. Phenology of ten common plant species in western Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments* 35: 673–683.
- ENDRESS, P. K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press: Cambridge, England.
- FERRAZ, E. M. N. 1994. Variação florístico vegetacional na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. M.Sc. Dissertação. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- FERREIRA, M. B., AND V. GOMES. 1974. *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. uma invasora a ser estudada e controlada no estado de Minas Gerais. *Oreades, UFV*, 5: 68-74.
- GHAZOUL, J. 2002. Flowers at the line of invasion? *Ecological Entomology* 27: 638-640.
- HAGERUP, O. 1932. On pollination in the extremely hot air at Timbuctu. *Dansk Botanisk Arkiv*, Bd. 8(1): 1-20.
- JOHANSEN, D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw- Hill: New York.
- KARNOVSKY, M. J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of osmolality for use in electron microscopy. *Journal of Cellular Biology* 27: 137-138.

- KEARNS, C. A., AND D. W. YNOUYE. 1997. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *BioScience* 47: 297-307.
- KUNZE, H. 1991. Structure and function in asclepiad pollination. *Plant Syst. Evol.* 176: 227-253.
- LARCHER, W. 2000. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima. pp 531.
- LIPOW, S. R., AND R. WYATT. 1998. Reproductive biology and breeding system of *Gonolobus suberosus* (Asclepiadaceae). *Journal of the Torrey Botanical Society* 125(3): 183-193.
- LUMER, C., AND S. E. YOST. 1995. The reproductive biology of *Vincetoxicum nigrum* (L.) Moench (Asclepiadaceae), a Mediterranean weed in New York State. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 122(1): 15-23.
- MACHADO, I. C. S., L. M. BARROS, AND E. V. S. B. SAMPAIO. 1997. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. *Biotropica* 29(1): 57-68.
- _____, AND A. V. LOPES. 2003. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. *In*: I. R. Leal, M. Tabarelli, and J. M. C. Silva (Eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. pp. 515-563. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- MARTIN, F. W. 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technology* 34(3): 125-128.
- MORSE, D. H. 1993. The twinning of follicles by common milkweed (*Asclepias syriaca*) *American Midland Naturalist* 130(1): 56-61.
- NESTROM L. E., G. W. RANKIE, AND H. G. BAKER. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.

- OLLERTON, J., AND S. LIEDE. 1997. Pollination systems in the Asclepiadaceae: a survey and preliminary analysis. *Biological Journal of the Linnean Society* 62: 593–610.
- PANNEL, J. R., AND S. C. H. BARRET. 1998. Baker's law revisited: reproductive assurance in a metapopulation. *Evolution* 52(3): 657-668.
- PEREIRA, R. M. A., J. A. ARAÚJO FILHO, R. V. LIMA, F. D. G. PAULINO, A. O. N. LIMA, AND Z. B. ARAÚJO. 1989. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da Caatinga. *Ciência Agronômica* 20: 11-20.
- PETER, C. I., AND S. D. JOHNSON. 2006. Doing the twist: a test of Darwin's cross-pollination hypothesis for pollinarium reconfiguration. *Biol. Lett.* 2: 65-68.
- PIJL, L. VAN DER. 1954. *Xylocopa* and flowers in the tropics. *Proc. K. Ned. Akad. Wet., Amsterdam*, 57: 413-562.
- PRAKASH, I., AND V. SINGH. 1993. Floral organogenesis in *Calotropis procera* R. Br. (Asclepiadaceae). *Proc. Indian Nat. Sci. Acad.* B59(1): 79-86.
- PROCTOR, M., P. YEO, AND A. LACK. 1996. *The natural history of pollination*. Timber Press. pp 479.
- RAMAKRISHNA, T. M., AND G. D. AREKAL. 1979. Pollination biology of *Calotropis gigantea* (L.) R. Br. *Current Science* 48(5): 212-213.
- REJMÁNEK, M. 2000. Invasive plants: approaches and predictions. *Austral Ecology* 25: 497-506.
- REJMÁNEK, M., D. M. RICHARDSON, AND P. PYSEK. 2005. Plant invasions and invisibility of plant communities. *In: E. van der Maarel (Eds.). Vegetation Ecology*. pp 332-355. Blackwell Publishers, Oxford, UK.
- RICHARDSON, D. M., N. ALLSOPP, C. M. D'ANTONIO, S. J. MILTON, AND M. REJAMÁEK. 2000. Plant invasions - the role of mutualisms. *Biol. Rev.* 75: 65-93.

- VIERA, M. F. 1998. Biologia reprodutiva de espécies de *Oxypetalum* (Asclepiadaceae), na região de Viçosa. MG, sudeste brasileiro. Tese. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.
- WANNTORP, H. E. 1974. *Calotropis gigantean* (Asclepiadaceae) and *Xylocopa tenuiscapa* (Hymenoptera, Apidae) studies in flower morphology and pollination biology. Svensk Botanisk Tidskrift, Bd 68: 25-32.
- WILLMER, P. G. 1988. The role of insect water balance in pollination ecology: *Xylocopa* and *Calotropis*. Oecologia 76(3): 430-438.
- WYATT, R., AND S. B. BROYLES. 1990. Reproductive biology of milkweeds (*Asclepias*): recent advances. In: S. Kawano (Ed.). Biological approaches and evolutionary trends in plants. pp 255-272. London, Academic.
- _____, AND S. B. BROYLES. 1994. Ecology and evolution of reproduction in milkweeds. Annual Review of Ecology and Systematics 25: 423-441.
- _____, AND S. B. BROYLES. 1997. The weedy tropical milkweeds *Asclepias curassavica* and *A. fruticosa* are self-compatible. Biotropica 29: 232-234.
- _____, S. B. BROYLES, AND S. R. LIPOW. 2000. Pollen-ovule ratios in milkweeds (Asclepiadaceae): an exception that probes the rule. Systematic Botany 25(2): 171-180.
- ZANELLA, F. C. V. 2000. The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes): a species list and comparative notes regarding their distribution. Apidologie 31: 579-592.

LEGENDAS DAS FIGURAS

Figura 1. *Calotropis procera* em ambiente de Caatinga, Serra Talhada-PE. A- Hábito da planta; B- Inflorescência; C- Flor em vista frontal mostrando a cabeça estigmática (ce), retináculo (re) e coronas (co). D- Cabeça estigmática em detalhe. E- Frutos imaturos de diversas idades; D- Fruto maduro, deiscente, expondo sementes anemocóricas.

Figura 2. Fenologia reprodutiva de *Calotropis procera* durante o período de agosto de 2006 a julho de 2007 em Serra Talhada, PE.

Figura 3. Detalhes anatômicos da flor de *Calotropis procera*. A- Porção superior da cabeça estigmática (ce) evidenciando o retináculo (re). B- Porção mediana da cabeça estigmática (ce) mostrando as alas das anteras (al), Polínia (po), tubos polínicos (tp) entrando nas câmaras estigmáticas (cg). C- Tubos polínicos (tp) no interior de polínias, em botões florais (escala: 200x); D- Polínia (po) germinando na antera e tubos polínicos (tp) adentrando a câmara estigmática (50x); E- porção central da cabeça estigmática evidenciando os cinco agrupamentos de tubos polínicos; a linha central pontilhada foi colocada dividindo os dois carpelos (cp), mostrando o direcionamento de dois agrupamentos de tubos polínicos para um ovário, e de três para o outro (50x); F- Tubo polínico (tp) penetrando óvulo (ov) em flor de segundo dia de antese (200x).

Figura 4. Visitantes e remoção de políneas de *Calotropis procera*. A- *Polybia* (Myrapetra) sp. na flor de *C. procera*. B- *Apis mellifera* portando várias polínias (po) aderidas aos pêlos dos três pares de pernas; C- Em detalhe a fixação de um translador (tr) com um par de polínias (po) na perna posterior de *Trigona spinipes*; D- Polinário completo, composto por translador- tr (retináculo- re e caudículas - ca) e um par de polínias (po).

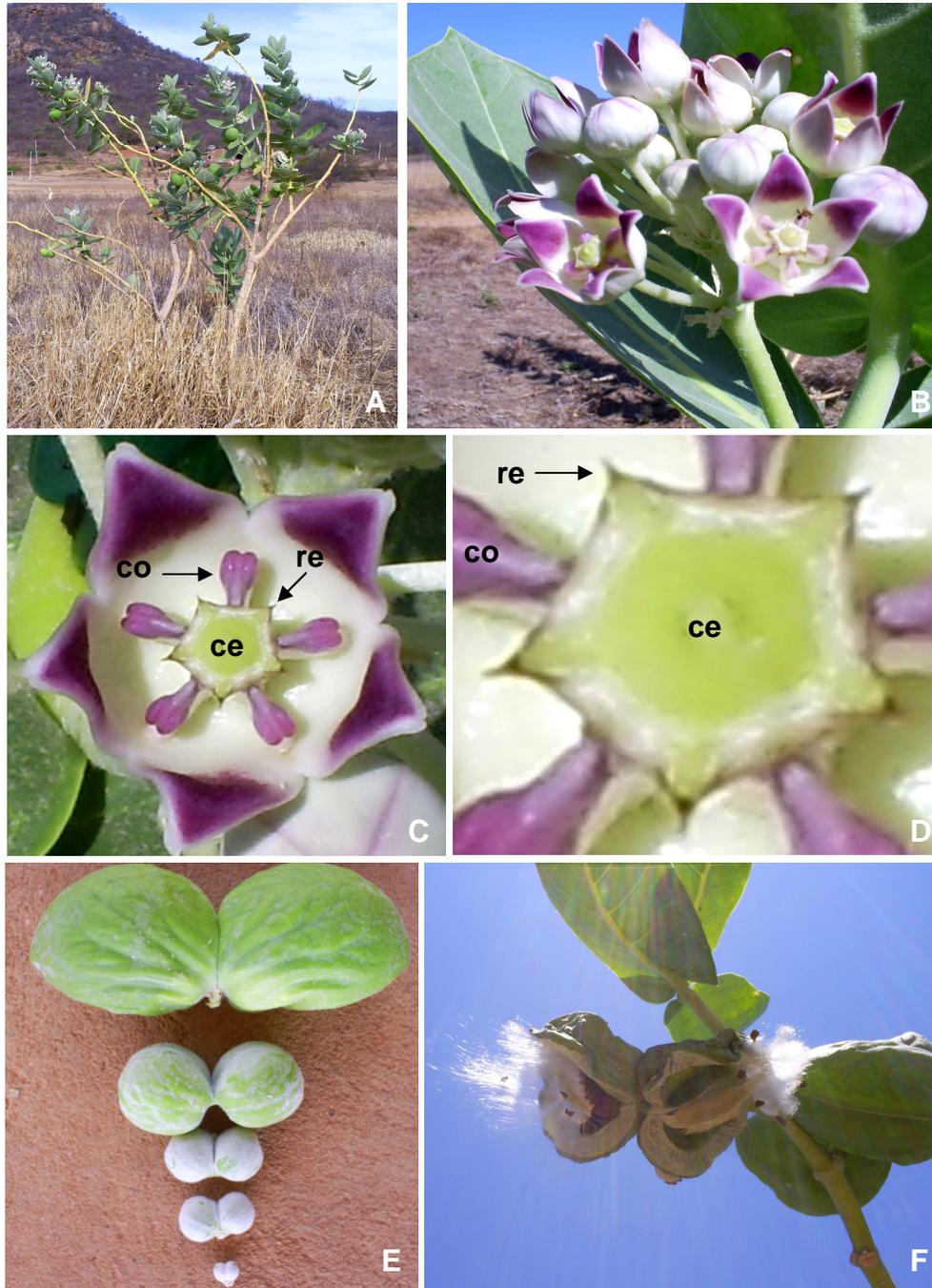


FIGURA 1. *Calotropis procera* em ambiente de Caatinga, Serra Talhada-PE. A- Hábito da planta; B- Inflorescência; C- Flor em vista frontal mostrando a cabeça estigmática (ce), retináculo (re) e coronas (co). D- Cabeça estigmática em detalhe. E- Frutos imaturos de diversas idades; D- Fruto maduro, deiscente, expondo sementes anemocóricas.

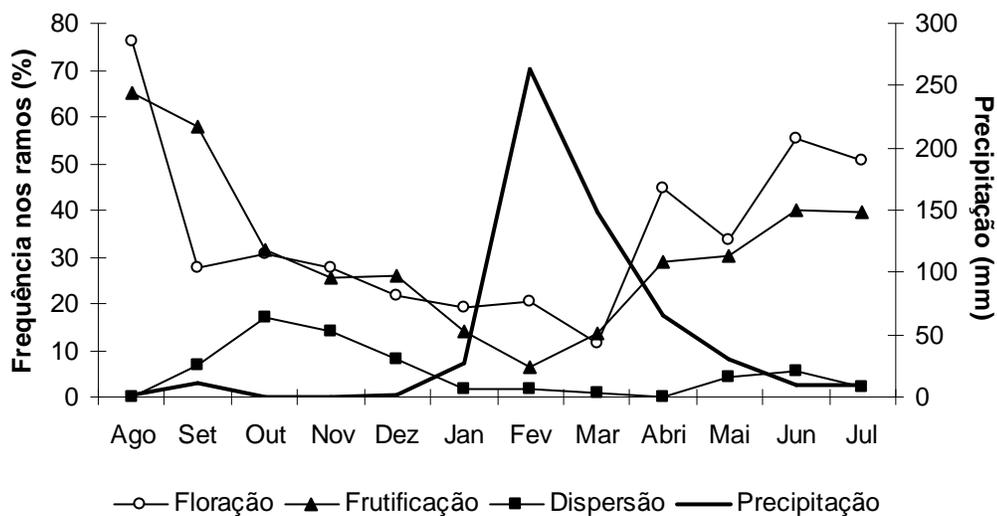


FIGURA 2. Fenologia reprodutiva de *Calotropis procera* durante o período de agosto de 2006 a julho de 2007 em Serra Talhada, PE.

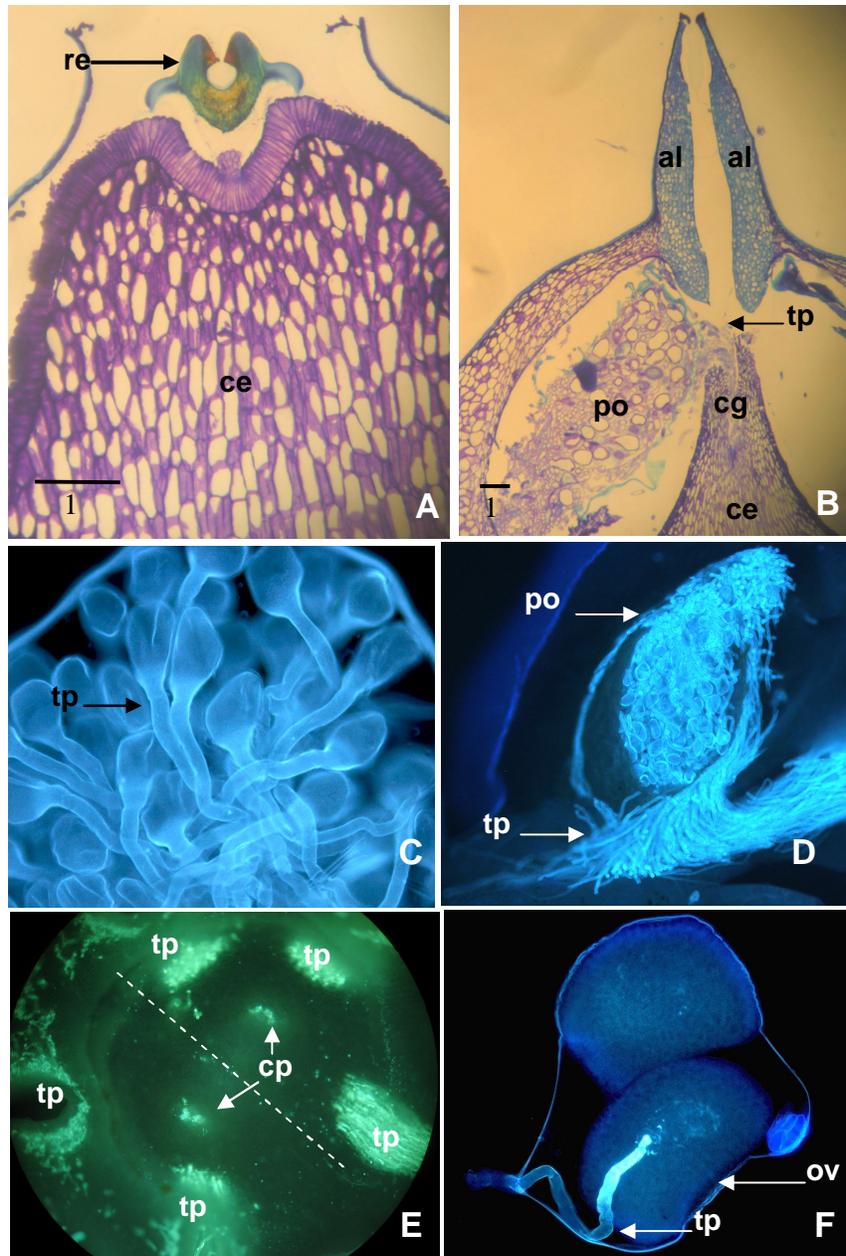


FIGURA 3. Detalhes anatômicos da flor de *Calotropis procera*. A- Porção superior da cabeça estigmática (ce) evidenciando o retináculo (re). B- Porção mediana da cabeça estigmática (ce) mostrando as alas das anteras (al), Polínia (po), tubos polínicos (tp) entrando nas câmaras estigmáticas (cg). C- Tubos polínicos (tp) no interior de polínias, em botões florais (aumento 200x); D- Polínia (po) germinando na antera e tubos polínicos (tp) adentrando a câmara estigmática (50x); E- porção central da cabeça estigmática evidenciando os cinco agrupamentos de tubos polínicos; a linha central pontilhada foi colocada dividindo os dois carpelos (cp), mostrando o direcionamento de dois agrupamentos de tubos polínicos para um ovário, e de três para o outro (50x); F- Tubo polínico (tp) penetrando óvulo (ov) em flor de segundo dia de antese (200x).

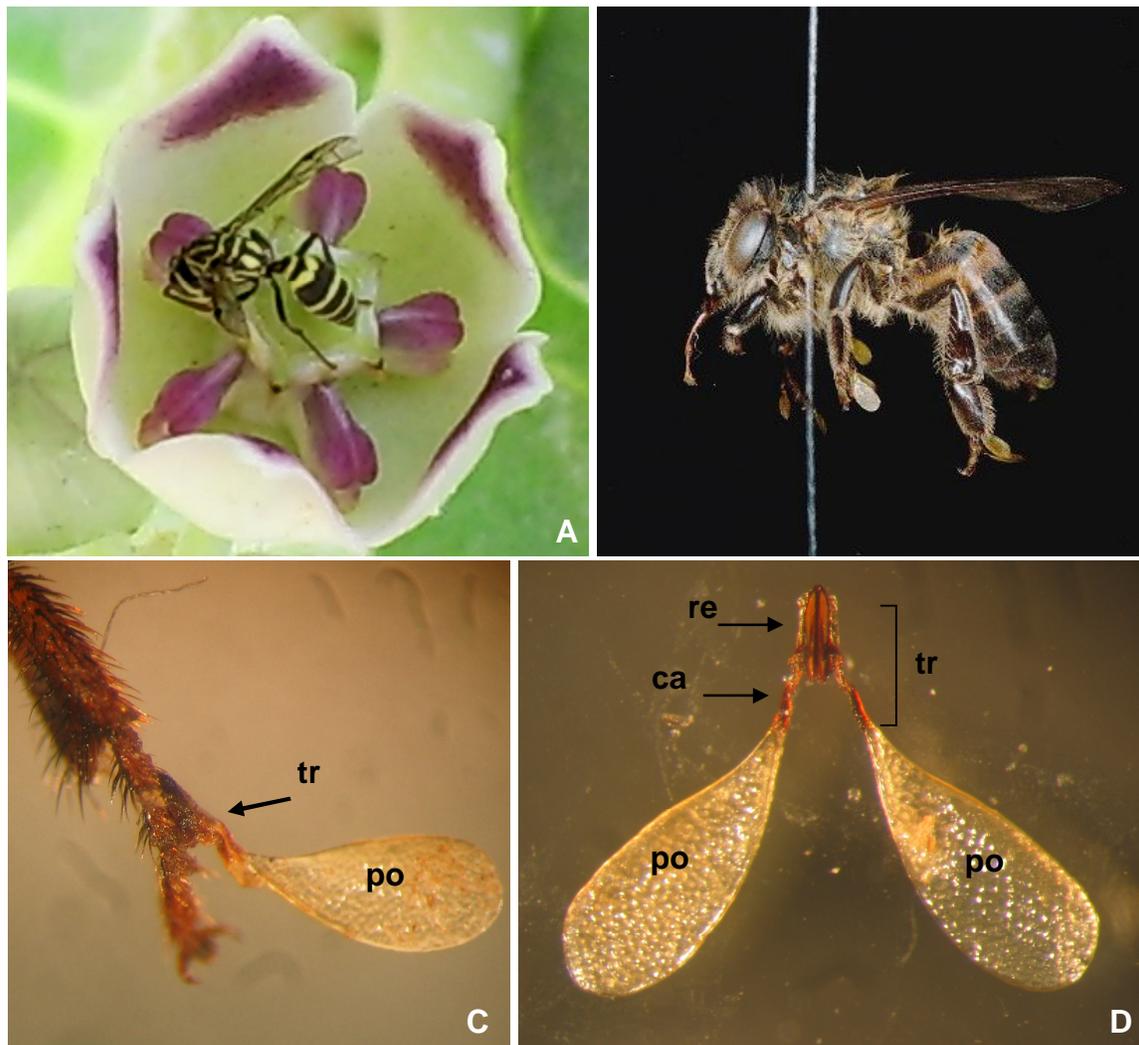


FIGURA 4. Visitantes e remoção de polínias de *Calotropis procera*. A- *Polybia* (*Myrapetra*) sp. na flor de *C. procera*. B- *Apis mellifera* portando várias polínias (po) aderidas aos pêlos dos três pares de pernas; C- Em detalhe a fixação de um translador (tr) com um par de polínias (po) na perna posterior de *Trigona spinipes*; D- Polinário completo, composto por translador- tr (retináculo- re e caudículas - ca) e um par de

LEGENDA DAS TABELAS

TABELA 1. Experimentos de biologia reprodutiva realizados em flores de *Calotropis procera* no município de Serra Talhada-PE, durante os anos de 2006 e 2007.

TABELA 2. Visitantes florais de *Calotropis procera* na Caatinga de Serra Talhada, PE, ressaltando as espécies em que foram encontrados polinários aderidos ao corpo.

TABELA 1. Experimentos de biologia reprodutiva realizados em flores de *Calotropis procera* no município de Serra Talhada-PE, durante os anos de 2006 e 2007.

*Flores com apenas um dos cinco pares de polínias; **Todos os polinários foram removidos em fase de botão e as flores expostas à visitação.

Tratamentos	Flores/Frutos (n)	Folículos (n)	Sucesso reprodutivo
Autopolinização espontânea	583/33	50	6%
Autopolinização espontânea (1 polinário)*	30/3	5	10%
Agamospermia	44/0	0	-
Polinização cruzada indireta**	30/0	0	-
Polinização natural	138/5	9	4%

TABELA 2. Visitantes florais de *Calotropis procera* na Caatinga de Serra Talhada, PE, ressaltando as espécies em que foram encontrados polinários aderidos ao corpo.

Espécies	Polinários presentes
Apidae	
<i>Apis mellifera</i> L.	X
<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille	
<i>Trigona spinipes</i> (Fabr.)	X
Vespidae	
<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille)	X
<i>Polistes (Aphanilopterus) canadensis borientalis</i> Richards	X
<i>Polybia (Myrapetra)</i> sp.	
<i>Polybia (Myrapetra) ruficeps xanthops</i> Richards	
<i>Polybia (Trichinothorax) ignobilis</i> (Haliday)	
Formicidae	
<i>Camponotus blandus</i> Smith	
<i>Camponotus pallescens</i> Mayr	
<i>Dorymyrmex thoracicus</i> Gallardo	
<i>Pseudomyrmex</i> sp.	

CAPÍTULO 2

**Nota a ser submetida
ao periódico Biotropica**

INTERAÇÕES DE FORMIGAS COM FLORES DE *Calotropis procera* Ait. R. Br.

George Machado Tabatinga Filho*, Isabel Cristina Machado, Ariadna Valentina Lopes e
Inara Roberta Leal

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 50.372-970, Recife, PE, Brasil; e-mails: gmtfilho@yahoo.com.br; avflopes@ufpe.br; irleal@ufpe.br; imachado@ufpe.br; fax: + 55 81 21268352

Com 1 figura

Resumo: 48 palavras

Texto restante: 1672 palavras

*Autor para correspondência: gmtfilho@yahoo.com.br

RESUMO

Neste trabalho foi observada a eficiência da proteção do néctar e de estruturas reprodutivas de *C. procera* contra a ação de ladrões de néctar como formigas, vespas e abelhas de pequeno/médio porte, e observada a interferência das formigas na ocorrência e frequência de outros visitantes florais, inclusive possíveis polinizadores.

Palavras-chave: ladrões de néctar, espécie exótica, polinização.

EXISTEM DIVERSOS TIPOS DE INTERAÇÃO ENTRE PLANTAS E FORMIGAS, entre eles a proteção contra herbívoros, nutrição da planta por detritos de colônias que vivem em domácias, dispersão e predação de sementes (ver revisões em Beattie 1985 e Rico-Gray & Oliveira 2007). No entanto, embora as formigas estejam presentes na maioria das comunidades vegetais e sejam constantemente encontrados nas plantas sugando néctar, poucos são os casos confirmados de polinização por formigas, sendo estas normalmente consideradas como protótipos de ladrões de néctar (Faegri e Pjil 1979; Wyatt 1980; Fritz & Morse 1981; Peakall *et al.* 1985; Rico-Gray & Oliveira 2007). Um destes casos foi relatado por Gómez & Zamora (1992), que avaliaram o efeito de formigas como agentes efetivos de polinização de *Hormathophylla spinosa* (L.) K pfer. Estes autores verificaram que as formigas, ao forragearem nos nectários florais, sempre faziam contato com os órgãos reprodutivos desta planta, transferindo grande quantidade de grãos de pólen e agindo como verdadeiros polinizadores. Demonstraram também que, apesar da ausência de asas, a grande densidade de operárias durante o período de florescimento de *H. spinosa* foi o fator chave para a poliniza o (Gómez & Zamora 1992).

Apesar deste exemplo de polinização bem sucedida, as formigas normalmente são consideradas agentes de autopolinização, pois são ápteras, tendo assim dificuldade de se deslocar entre plantas ou até mesmo entre inflorescências, sendo quase nula a possibilidade de realizarem polinização cruzada (Conceição et al. 2004; Rico-Gray & Oliveira 2007). A presença de formigas nas flores também pode impedir que outros visitantes florais pousem nas flores, dificultando, assim, a polinização (Faegri e Pjil 1979). Além disso, quando as formigas forrageiam o néctar floral, elas podem influenciar negativamente a polinização por diminuírem o recurso para os polinizadores efetivos, ao exemplo do observado no gênero *Asclepias* (Asclepiadaceae) por Wyatt (1980), embora este autor não tenha testado estatisticamente se existem diferenças significativas na quantidade de polínias inseridas e polinários removidos (Fritz & Morse 1981). Há referências, entretanto, de que a redução de néctar nas flores, por ação de pilhadores, formigas ou outros, em alguns casos pode ter um aspecto positivo, uma vez que força os polinizadores a procurarem mais flores para conseguir seu requerimento energético, aumentando as chances de polinização cruzada.

Outro fator freqüentemente citado como motivo para as formigas não serem bons polinizadores é a presença da glândula metapleurial (característica da família Formicidae), a qual secreta substâncias antibióticas que, em contato com os grãos de pólen, podem interferir em sua viabilidade, germinação ou crescimento (ver revisão em Beattie 1985). Sendo assim, muitas plantas desenvolveram estratégias para evitar que as formigas visitem suas flores, entre elas estão: tricomas, secreções viscosas e nectários extraflorais (Peakall et al. 1985), presença de compostos repelentes, indigestos ou tóxicos no néctar (Janzen 1977) e proteção do néctar em estruturas armazenadoras rígidas (Eisikowitch 1986) ou simplesmente escondido (Pellmyr 2002).

Calotropis procera é uma planta exótica originária do velho mundo (África e Ásia) e que atualmente se encontra distribuída em diversos países, principalmente associada a locais de climas áridos e semi-áridos tropicais (Corrêa 1939). Esta planta foi introduzida pela primeira vez no Brasil a mais de um século e atualmente se encontrando disseminada principalmente na Caatinga, ocorrendo em áreas degradadas como pastos, proximidades de estradas e ambientes urbanos (Corrêa 1939; Ferreira & Gomes 1974). É bem conhecida na literatura a forte relação entre as flores do gênero *Calotropis* com abelhas do gênero *Xylocopa* em diversos locais do mundo (Hagerup 1932; Pijl 1954; Wanntorp 1974; Ramakrishna & Arekal 1979; Eisikowitch 1986; Willmer 1988; Ali & ali 1989; Endress 1994; capítulo 1 desta Dissertação). As flores desta espécie apresentam néctar como recurso floral, o qual é produzido nas câmaras estigmáticas, e posteriormente depositado em rígidos reservatórios na flor (i.e., coronas), que o protege da evaporação e da coleta por animais não polinizadores, entre eles formigas (Eisikowitch 1986). Segundo o mesmo autor, esse néctar contém altas concentrações de açúcares e é altamente atrativo às formigas. No entanto, além de não contatarem as estruturas reprodutivas, atuando como pilhadoras, as formigas são bastante agressivas e freqüentemente monopolizam as flores, impedido até mesmo que outros visitantes florais se aproximem.

Tendo em vista este cenário, foi observado o comportamento de formigas nas flores de *Calotropis procera*, sua atratividade pelo néctar, contato com estruturas reprodutivas e a possível influência destas na ocorrência de visitantes florais, entre eles potenciais polinizadores como espécies de *Xylocopa* da Caatinga.

O estudo foi realizado em uma área de Caatinga, na estação experimental de Serra Talhada (07°59'00''S, 38°19'16''W), pertencente ao Instituto de Pesquisa Agropecuária de Pernambuco (IPA), distante 426 km de Recife. Foram monitorados 13 indivíduos de *C.*

procera durante 16 h, distribuídas em dois dias consecutivos (8:00 às 12:00 e 13:00 às 17). Em cada indivíduo foram marcados seis ramos, três com formigas e três sem (isolados com a resina *tangle-foot*, sendo registrada a frequência de visitantes nas flores de cada um destes ramos. Indivíduos de cada uma das espécies de visitantes, incluindo as formigas, foram contados, tiveram seus comportamentos descritos e foram coletados para posterior identificação. Em outros indivíduos foi testada paralelamente a atratividade do néctar floral para as formigas, através do rompimento artificial das coronas de 10 flores, com a utilização de pinça, expondo assim o néctar para as formigas. Para verificar diferenças no número médio de visitas florais aos ramos de cada tratamento (com e sem formigas) foi utilizado o teste de Wilcoxon (Sokal & Rohlf, 1995), utilizando o programa STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc, Tulsa, U.S.A.).

Durante o período de estudo, quatro espécies de formigas foram observadas nas flores de *C. procera*: *Camponotus blandus* Fr. Smith, *Camponotus pallescens* Mayr, *Dorymyrmex thoracicus* Gallardo e *Pseudomyrmex* sp. As inflorescências de *C. procera* foram altamente atrativas às formigas (Fig. 1) por dois motivos principais. O primeiro deles é o fato das suas flores ofertarem néctar em altas concentrações de açúcares (até 60%), que, embora inacessível diretamente, quando rompidas artificialmente as coronas, as formigas o encontram rapidamente e iniciam sua coleta. Este fato corrobora o observado por Harber *et al.* (1981), estudando a relação de formigas com o néctar de 21 espécies vegetais, os quais observaram que na maioria das plantas nas quais o néctar se encontrava protegido, quando exposto, em menos de cinco minutos ele é rapidamente coletado pelas formigas e que mesmo em algumas espécies que contém alcalóides e/ou compostos fenólicos no néctar, formigas não eram detidas. O segundo é a presença de afídeos nas inflorescências (Fig. 2), cujo exsudato é altamente atrativo às formigas, sendo esta relação de afídeos com espécies

de Asclepiadoideae bastante conhecida, como referido no trabalho de Agrawal (2004), estudando esta relação em 18 espécies do gênero *Asclepias*. Quanto ao comportamento, as formigas foram observadas em tempo integral nas inflorescências, tentando acessar o néctar nas aberturas das câmaras estigmáticas, onde este é produzido, ou diretamente nas coronas.

Os visitantes florais observados além das formigas em *C. procera* foram duas espécies de abelhas, *Apis mellifera* L., e *Trigona spinipes* (Fabr.), e cinco espécies de vespas, *Brachygastra lecheguana* (Latreille), *Polistes (Aphanilopterus) canadensis borientalis* Richards, *Polybia (Myrapetra) sp.*, *Polybia (Myrapetra) ruficeps xanthops* Richards, *Polybia (Trichinothorax) ignobilis* (Haliday). As formigas apresentaram comportamento bastante agressivo durante suas permanência nas flores, sendo que, em muitas ocasiões, os demais visitantes florais sobrevoavam as flores e desistiam do pouso devido a sua presença. Em outros casos, tentavam pousar na flor, mas logo eram afugentados pelas formigas. Somando todas as flores observadas (i.e., dos ramos com e sem formigas), foram observadas 204 visitas, sendo a espécie *Trigona spinipes* a mais freqüente, com 32% dos registros. O número total de visitas em flores de ramos com formigas foi de 40, enquanto nos ramos sem formigas foi de 164. A diferença no número médio de visitas às flores de ramos com e sem formigas foi significativa ($T= 3$, $Z = -2,9701$, $P = 0,003$, $N = 13$), mostrando que a presença desses insetos nas flores de *C. procera* afeta negativamente a ocorrência de outros visitantes florais.

Diferentemente do observado por Wyatt (1980), onde as formigas acessaram o néctar floral de *Asclepias curassavica*, prejudicando assim a polinização desta planta por outros insetos, em *C. procera*, essa influência negativa acontece, mesmo sem a possibilidade de roubo de néctar, pelo simples fato de a ocorrência das formigas causar

impedimento físico ao pouso de outros animais ou por estas afugentarem ativamente visitantes, entre eles potenciais polinizadores.

O fato do néctar armazenado pelas flores aparentemente não ter sido acessado nem pelas formigas nem pelos outros visitantes florais (ver capítulo 1 desta Dissertação), está relacionado ao tipo de visitantes observado. De fato, Wantorp (1974) e Eisikowitch (1986), verificaram que apenas espécies de abelhas de grande porte do gênero *Xylocopa* conseguem acessar o néctar e realizar a polinização em espécies de *Calotropis*.

Embora altamente atrativo às formigas, o néctar não é acessível a esses insetos, devido às estruturas florais de proteção apresentadas por *C. procera*. Nesta espécie as formigas são totalmente impossibilitadas de realizar a polinização, pois além da região estigmática de *C. procera* ser bastante interiorizada na flor, esta necessita de um comportamento específico dos polinizadores, através do contato entre os pêlos das pernas geralmente de abelhas e as estruturas associadas ao transporte das polínias (pacotes de pólen), para assim removê-las do interior da flor (Pijl 1954; Wantorp 1974; Ramakrishna & Arekal 1979; Eisikowitch 1986; Ali & Ali 1989; Endress 1994). Apesar da ocorrência das formigas nas flores provavelmente não afetar a germinação e/ou crescimento dos tubos polínicos, devido ao fato destas não entrarem em contato direto com o pólen e/ou estigma, elas influenciam negativamente a ocorrência de outros visitantes florais, constituindo um impedimento parcial a potenciais polinizadores. Entretanto, as formigas não devem ser o fator que exclui visitas de espécies autóctones de *Xylocopa* da Caatinga às flores de *C. procera*, pois estas abelhas não foram observadas mesmo nos ramos isolados das formigas, devendo existir um outro fator que explique este fenômeno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAWAL, A. A. 2004. Plant defense and density dependence in the population growth of herbivores. *The American Naturalist* 164: 113–120.
- ALI, T. A., AND S. I. ALI. 1989. Pollination biology of *Calotropis procera* subsp. *hamiltonii* (Asclepiadaceae). *Phyton* 29: 175-188.
- BEATTIE, A. I. 1985. Evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge, University Press. pp 122.
- CONCEIÇÃO, E. S., J. H. C. DELABIE, AND A. O. COSTA NETO. 2004. A entomofilia do coqueiro em questão: avaliação do transporte de pólen por formigas e abelhas nas inflorescências. *Neotropical Entomology* 33(6): 679-683.
- CORRÊA, P. 1939. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Imprensa Oficial. Rio de Janeiro. Vol. I, II, III e IV.
- EISIKOWITCH, D. 1986. Morpho-ecological aspects on the pollination of *Calotropis procera* (Asclepiadaceae) in Israel. *Plant Syst. Evol.* 152: 185-194.
- ENDRESS, P. K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press: Cambridge, England.
- FEAGRI, K., AND L. VAN DER PJIL, 1979. The Principles of Pollination Ecology. Pergamon Press. Third edition, 244p, London.
- FERREIRA, M. B., AND V. GOMES. 1974. *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. uma invasora a ser estudada e controlada no estado de Minas Gerais. *Oreades, UFV*, 5: 68-74.
- FRITZ, R. S., AND D. H. MORSE. 1981. Nectar parasitism of *Asclepias syriaca* by ants: effect on nectar levels, pollinia insertion, pollinaria removal and pod production. *Oecologia (Bed)* 50: 316-319.

- GOMÉS, J. M., AND R. ZAMORA. 1992. Pollination by ants: consequences of the quantitative effects on a mutualistic system. *Oecologia* 91: 410-418.
- HAGERUP, O. 1932. On pollination in the extremely hot air at Timbuctu. *Dansk Botanisk Arkiv*, Bd. 8(1): 1-20.
- HARBER, W. A., G. W. FRANKIE, H. G. BAKER, I. BAKER, AND S. KOPTUR. 1981. Ants like flower nectar. *Biotropica* 13(3): 211-214.
- JANZEN, D. H. 1977. Ants visit flowers? *Biotropica* 9(4): 252.
- PEAKALL, R., S. N. HANDEL, AND A. J. BEATTIE. 1985. The Evidence for, and importance of, ant pollination. *In*: A. J. Beattie (Eds.). *The Evolutionary Ecology of Ant-Plant Mutualisms*. pp. 421-429. Cambridge University Press, New York.
- PELLMYR, O. 2002. Pollination by insects. *In*: C. M. Herrera, and O. Pellmyr (Eds.). *Plant animal interactions: an evolutionary approach*. pp. 157-184. Blackwell Science, Oxford.
- PIJL, L. VAN DER. 1954. *Xylocopa* and flowers in the tropics. *Proc. K. Ned. Akad. Wet.*, Amsterdam, 57: 413-562.
- RAMAKRISHNA, T. M., AND G. D. AREKAL. 1979. Pollination biology of *Calotropis gigantea* (L.) R. Br. *Current Science* 48(5): 212-213.
- RICO-GRAY, V., AND P. OLIVEIRA. 2007. *Ecology and evolution of ant-plant interactions*. 331 pp. The University of Chicago Press, Chicago.
- SOKAL, R. R., AND F. J. ROHLF. 1995. *Biometry*. New York: W. H. Freeman and Company.
- WANNTORP, H. E. 1974. *Calotropis gigantean* (Asclepiadaceae) and *Xylocopa tenuiscapa* (Hymenoptera, Apidae) studies in flower morphology and pollination biology. *Svensk Botanisk Tidskrift*, Bd 68: 25-32.

WILLMER, P. G. 1988. The role of insect water balance in pollination ecology: *Xylocopa* and *Calotropis*. *Oecologia* 76(3): 430-438.

WYATT, R. 1980. The impact of nectar-robbing ants on the pollination system of *Asclepias curassavica*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 107(1): 24-28.

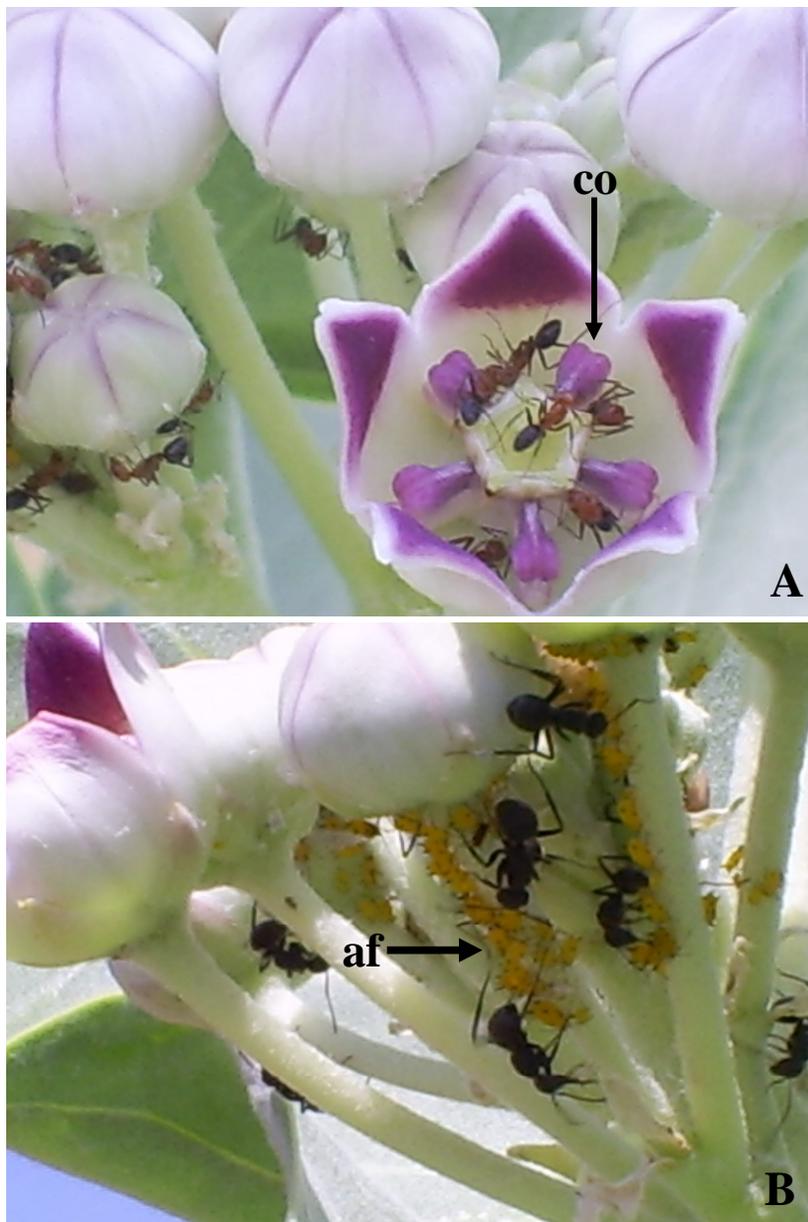


FIGURA 1. Presença de formigas em inflorescências de *Calotropis procera* na Caatinga de Serra Talhada-PE, Brasil. A- *Dorymyrmex thoracicus* tentando acessar o néctar protegido nas estruturas de armazenamento (coronas-co); B- *Camponotus blandus* Fr. Smith e sua interação com afídeos (af) na base das inflorescências.

RESUMO

Calotropis procera é uma espécie exótica e invasora de áreas de Caatinga no Brasil, sendo também encontrada em áreas urbanas, onde é cultivada como ornamental. Pouco é conhecido sobre seus aspectos reprodutivos, existindo apenas trabalhos enfocando sua polinização em áreas de ocorrência natural da espécie na Ásia. Esta espécie apresenta flores brancas, actinomorfas, com detalhes roxos na margem das pétalas, ofertam néctar como recurso floral e apresentam morfologia bastante complexa, comum em Asclepiadoideae. Neste trabalho foi acompanhada a fenologia de 13 indivíduos de *C. procera* durante um ano, estudada sua ecologia da polinização em áreas de Caatinga, através do registro da riqueza, frequência e comportamento dos visitantes florais, e realizados experimentos controlados nas flores para conhecer seu sistema reprodutivo. *Calotropis procera* comportou-se como perenifólia, assim como o observado em áreas onde é nativa. Sua floração e frutificação tendo sido contínuas divergem tanto do observado em áreas onde ocorre naturalmente quanto do observado como padrão em espécies nativas da Caatinga. A estação seca corresponde ao período em que se encontra maior quantidade de frutos maduros dispersando, possivelmente relacionado ao fato destes serem anemocóricos. Quanto ao seu sistema reprodutivo, foi observada não só autocompatibilidade, como autogamia do tipo *in situ*, uma vez que as polínias germinam ainda nas anteras da própria planta. Este tipo de reprodução faz com que a planta não necessite de polinizadores para se propagar, facilitando assim sua disseminação, em detrimento de maior variabilidade genética. Cada flor de *Calotropis procera* produz néctar abundante (13,5 µl) e em concentrações de açúcares acima de 30 %. Foram observadas várias espécies de visitantes florais tentando acessar o néctar, entre eles abelhas, vespas e formigas, os quais não tiveram sucesso, visto o néctar se encontrar protegido nas flores por rígidas estruturas (coronas). Em duas espécies de abelhas e duas de vespas foram encontrados indivíduos portando polinários aderidos aos pêlos das pernas, principalmente nos segmentos tarsais. Entretanto, nenhum desses visitantes foi observado atuando na polinização da espécie. As formigas, além de não acessarem o néctar, não realizam a polinização e ainda interferem significativamente na ocorrência de outros grupos de visitantes florais nas flores, seja pelo impedimento físico de sua presença ou por afugentarem outros insetos que se aproximam das flores de *C. procera*. As inflorescências desta planta são bastante atrativas para as formigas visto apresentarem flores com grande quantidade de néctar acumulado e pela presença de afídeos, os quais secretam substâncias açucaradas muito atrativas às formigas. Apesar dos diversos trabalhos indicarem que abelhas do gênero *Xylocopa* são sempre encontradas polinizando flores de *C. procera*, e na Caatinga existem sete espécies deste gênero, estas, embora localmente presentes, não visitaram as flores desta espécie. Os aspectos reprodutivos de *C. procera* encontrados neste trabalho são típicos de espécies invasoras e podem ajudar a entender seu potencial em se disseminar em áreas associadas à Caatinga.

Palavras-chave: Asclepiadoideae, *Calotropis*, espécie invasora, polinização, biologia reprodutiva, Caatinga.

ABSTRACT

Calotropis procera is an exotic and invasive species in the Brazilian Caatinga. The species is also found in urban areas, where it is cultivated as ornamental. Its reproductive biology is poorly investigated and the few studies focus on its pollination ecology in native areas, in Asia. The flowers are white with purple maculas, are actinomorphic, and nectariferous, with a complex morphology, typical of Asclepiadoideae. The phenology, pollination ecology, and reproductive system of *C. procera* were studied in a population of 13 individuals during one year in a Caatinga area, northeastern Brazil. *Calotropis procera* was observed to be evergreen, as observed in native areas. Flowering and fruiting were continuous, differing from observations in native areas and also from the general seasonal pattern of Caatinga species. Despite continuous, a peak of dehiscent fruiting was observed during the dry season and it is in accordance with its dispersal mode, anemochoric. The species behaved not only as self-compatible, but as autogamous, with pollinia germinating inside anthers, revealing *in situ* autogamy. This kind of reproductive system makes pollinators not essential and may promote genetic variability losses. Nectar is abundant (13.5 μ l) and with high sugar concentrations (> 30%). Several floral visitors were observed trying to access the nectar, as bees, wasps, and ants. However, none of these floral visitors reached the nectar due to its difficult access, hidden by rigid structures (coronas). Among these visitors, two species of bees and two of wasps were observed carrying pollinia attached to their legs. Nevertheless, none of these visitors acted as pollinators. The ants, besides not reaching the nectar and not behaving as pollinators, affected the presence of other visitors. The inflorescences of *C. procera* are very attractive to ants not only due to their high amount of nectar, but also by the presence of aphids, which secrete sugary substances, attractive to ants. Despite the numerous studies reporting visits of *Xylocopa* bees to flowers of *C. procera* in its native areas and the fact that seven species of *Xylocopa* are recorded to Caatinga areas, many of which observed to visit flowers of other species during this study, none of them was observed visiting flowers of *C. procera* in our study site. The reproductive aspects of *C. procera* registered in Caatinga areas are in accordance with the expected to invasive species and make possible to understand how the species is successfully widespread in this ecosystem.

Key-words: Asclepiadoideae, *Calotropis*, invasive species, pollination, reproductive biology, Caatinga.

ANEXO

BIOTROPICA – JOURNAL OF THE ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND
 CONSERVATION
 CHECKLIST FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS AND ILLUSTRATIONS (updated 07 January
 2008)

Online submission and review of manuscripts is mandatory effective 01 January 2005.

Please format your paper according to these instructions and then go to the following website to submit your manuscript (<http://www.mc.manuscriptcentral.com/bitr>). Contact the BIOTROPICA Office for assistance if you are unable to submit your manuscript via Manuscript Central (biotropica@env.ethz.ch).

Authors are requested to provide a **cover letter** that details the **novelty**, **relevance** and **implications** of their work, and a brief explanation of the suitability of the work for BIOTROPICA. The number of words in the manuscript should also be given in the cover letter.

I. General Instructions

- ⌚ Publication must be in English, but second abstract in other languages (such as Spanish, French, Portuguese, Hindi, Arabic, Chinese etc.) may be published as Online Supplementary Material. BIOTROPICA offers assistance in editing manuscripts if this is required (see English Editorial Assistance below). Second abstracts will **not** be copy-edited and the author(s) must take full responsibility for content and quality.
- ⌚ Manuscripts may be submitted in the following categories, based on these suggested word limits:
 Paper (up to 5000 words)
 Insights (up to 2000 words)
 Review (up to 8000 words)
 Commentary (up to 2000 words)
- ⌚ Use 8.5" x 11" page size (letter size). Double space everything, including tables, figure legends, abstract, and literature cited.
- ⌚ Use a 1" margin on all sides. Align left. Avoid hyphens or dashes at ends of lines; do not divide a word at the end of a line.
- ⌚ Use standard 12 point type (Times New Roman).
- ⌚ Indent all but the first paragraph of each section.
- ⌚ Use italics instead of underline throughout. Italicize non-English words such as *e.g.*, *i.e.*, *et al.*, *cf.*, *ca.*, *n.b.*, *post-hoc*, and *sensu* (the exceptions being 'vs.' and 'etc.').
- ⌚ Include page number in the centre of all pages. Do use line numbering starting on each page.
- ⌚ Cite each figure and table in the text. Tables and figures must be numbered in the order in which they are cited in the text.
- ⌚ Use these abbreviations: yr (singular & plural), mo, wk, d, h, min, sec, diam, km, cm, mm, ha, kg, g, L, g/m²
- ⌚ For units, avoid use of negative numbers as superscripts: use the notation /m² rather than m⁻².
- ⌚ Write out other abbreviations the first time they are used in the text; abbreviate thereafter: "El Niño Southern Oscillation (ENSO) . . ."
- ⌚ Numbers: Write out one to ten unless a measurement (*e.g.*, four trees, 6 mm, 35 sites, 7 yr, 10 × 5 m, > 7 m, ± SE) or in combination with other numbers (*e.g.*, 5 bees and 12 wasps). Use a comma as a separator in numbers with **more than** four digits (*i.e.*, 1000, but 10,000); use decimal points as in 0.13; 21°C (no spaces); use dashes to indicate a set location of a given size (*e.g.*, 1-ha plot).
- ⌚ Spell out 'percent' except when used in parentheses (20%) and for 95% CI.

- ⌚ Statistical abbreviations: Use italics for *P*, *N*, *t*, *F*, *R*², *r*, *G*, *U*, *N*, χ^2 (italics, superscripts non-italics); but use roman for: df, SD, SE, SEM, CI, two-way ANOVA, ns
- ⌚ Dates: 10 December 1997; Times: 0930 h, 2130 h
- ⌚ Latitude and Longitude are expressed as: 10°34'21" N, 14°26'12" W
- ⌚ Above sea level is expressed as: asl
- ⌚ Regions: SE Asia, UK (no periods), but note that U.S.A. includes periods.
- ⌚ Geographical place names should use the English spelling in the text (Zurich, Florence, Brazil), but authors may use their preferred spelling when listing their affiliation (Zürich, Firenze, Brasil).
- ⌚ Lists in the text should follow the style: ... : (1)... ; (2)...; and (3)..., as in, “The aims of the study were to: (1) evaluate pollination success in *Medusagyne oppositifolia*; (2) quantify gene flow between populations; and (3) score seed set.”
- ⌚ Each reference cited in text must be listed in the Literature Cited section, and vice versa. Double check for consistency, spelling and details of publication, including city and country of publisher.
- ⌚ For manuscripts ACCEPTED for publication but not yet published, cite as Yaz (in press) or (Yaz, in press). Materials already published online can be cited using the digital object identifier (doi)
- ⌚ Literature citations in the text are as follows:
 - One author: Yaz (1992) or (Yaz 1992)
 - Two authors: Yaz and Ramirez (1992); (Yaz & Ramirez 1992)
 - Three or more authors: Yaz *et al.* (1992), but include ALL authors in the literature cited section.
- ⌚ Cite unpublished materials or papers not in press as (J. Yaz, pers. obs.) or (J. Yaz, unpublished data). Initials and last name must be provided. ‘In prep’ or ‘submitted’ are NOT acceptable, and we encourage authors not to use ‘pers. obs.’ or ‘unpublished data’ unless absolutely necessary. Personal communications are cited as (K. A. Liston, pers. comm.).
- ⌚ Use commas (Yaz & Taz 1981, Ramirez 1983) to separate citations, BUT use semicolon for different types of citations (Fig. 4; Table 2) or with multiple dates per author (Yaz *et al.* 1982a, b; Taz 1990, 1991). Order references by year, then alphabetical (Azy 1980, Yaz 1980, Azy 1985).
- ⌚ Assemble manuscripts in this order:
 - Title page
 - Abstract (s)
 - Key words
 - Text
 - Acknowledgments (spelled like this)
 - Literature cited
 - Tables
 - Appendix (when applicable)
 - Figure legends (one page)
 - Figures
- ⌚ For the review purpose, submit the entire manuscript, with Tables, Figure legends and Figures embedded at the end of the manuscript text, as a Microsoft Word for Windows document (*.doc), or equivalent for Mac or Linux. Do NOT submit papers as pdf files.

II. Title Page

(Do not number the title page)

- ⌚ Running heads two lines below top of page.

LRH: Yaz, Pirozki, and Peigh (may not exceed 50 characters or six author names; use Yaz *et al.*) RRH: Seed Dispersal by Primates (use capitals; may not exceed 50 characters or six words)
- ⌚ Complete title, flush left, near middle of page, Bold Type and Initial Caps, usually no more than 12 words.
- ⌚ Where species names are given in the title it should be clear to general readers what type(s) of organism(s) are being referred to, either by using Family appellation or common name. For example: 'Invasion of African Savanna Woodlands by the Jellyfish tree *Medusagyne oppositifolia*', or 'Invasion of African Savanna Woodlands by *Medusagyne oppositifolia* (Medusagynaceae)'
- ⌚ Titles that include a geographic locality should make sure that this is clear to the general reader. For example: 'New Species of Hummingbird Discovered on Flores, Indonesia', and NOT 'New Species of Hummingbird Discovered on Flores'.
- ⌚ Below title, include author(s) name(s), affiliation(s), and unabbreviated complete address(es). Use superscript number(s) following author(s) name(s) to indicate current location(s) if different than above. In multi-authored papers, additional footnote superscripts may be used to indicate the corresponding author and e-mail address. **Please refer to a current issue.**
- ⌚ At the bottom of the title page every article must include: Received ____; revision accepted ____ . (BIOTROPICA will fill in dates.)

III. Abstract Page

(Page 1)

- ⌚ Abstracts should be concise (maximum of 250 words for papers and reviews; 50 words for Insights; no abstract for Commentary). Include brief statements about the intent, materials and methods, results, and significance of findings. The abstract of Insights should emphasise the novelty and impact of the paper.
- ⌚ Do not use abbreviations in the abstract.
- ⌚ **Authors are strongly encouraged to provide a second abstract in the language relevant to the country in which the research was conducted**, and which will be published as Online Supplementary Materials. This second abstract should be embedded in the manuscript text following the first abstract.
- ⌚ Provide up to eight key words after the abstract, separated by a semi-colon (;). Key words should be listed alphabetically. Include location, if not already mentioned in the title. See style below. Key words should NOT repeat words used in the title. Authors should aim to provide informative key words—avoid words that are too broad or too specific.
- ⌚ *Key words:* Melastomataceae; *Miconia argentea*; seed dispersal; Panama; tropical wet forest.—Alphabetized and key words in English only.

IV. Text

(Page 2, etc) See General Instructions above, or recent issue of BIOTROPICA (Section I).

- ⌚ No heading for Introduction. First line or phrase of Introduction should be SMALL CAPS.
- ⌚ Main headings are **METHODS**, **RESULTS**, and **DISCUSSION**: All CAPITALS and **Bold**. Flush left, one line.
- ⌚ One line space between main heading and text

- ⌚ Second level headings: SMALL CAPS, flush left, Capitalize first letter, begin sentence with em-dash, same line (e.g., INVENTORY TECHNIQUE.—The ant inventory...).
- ⌚ Use no more than second level headings.
- ⌚ Do not use footnotes in this section.
- ⌚ References to figures are in the form of 'Fig. 1', and tables as 'Table 1'. Reference to Online Supplementary Material is as 'Fig. S1' or 'Table S1'.

V. Literature Cited

(Continue page numbering and double spacing)

- ⌚ No 'in prep.' or 'submitted' titles are acceptable; cite only articles published or 'in press'. 'In press' citations must be accepted for publication. Include journal or publisher.
- ⌚ Verify all entries against original sources, especially journal titles, accents, diacritical marks, and spelling in languages other than English.
- ⌚ Cite references in alphabetical order by first author's surname. References by a single author precede multi-authored works by the same senior author, regardless of date.
- ⌚ List works by the same author chronologically, beginning with the earliest date of publication.
- ⌚ Insert a period and space after each initial of an author's name; example: YAZ, A. B., AND B. AZY. 1980.
- ⌚ Authors Names: use SMALL CAPS.
- ⌚ **Every** reference should spell out author names as described above. BIOTROPICA no longer uses 'em-dashes' (—) to substitute previously mentioned authors.
- ⌚ Use journal name abbreviations (see <http://www.bioscience.org/atlas/jourabbr/list.htm>). If in doubt provide full journal name.
- ⌚ Double-space. Hanging indent of 0.5 inch.
- ⌚ Leave a space between volume and page numbers and do not include issue numbers. 27: 3–12
- ⌚ Article in books, use: AZY, B. 1982. Title of book chapter. *In* G. Yaz (Ed.). Book title, pp. 24–36. Blackwell Publications, Oxford, UK.
- ⌚ Dissertations, use: 'PhD Dissertation' and 'MSc Dissertation'.

VI. Tables

(Continue page numbering)

- ⌚ Each table must start on a separate page, double-spaced. The Table number should be in Arabic numerals followed by a period. Capitalize first word of title, double space the table caption. Caption should be italicized, except for words and species names that are normally in italics.
- ⌚ Indicate footnotes by lowercase superscript letters (^a, ^b, ^c, etc.).
- ⌚ Do not use vertical lines in tables.
- ⌚ Ensure correct alignment of numbers and headings in the table (see current issues)

- ⌚ Tables must be inserted as a Word table or copy and pasted from Excel in HTML format.

VII. Figure Legends

(Continue page numbering)

- ⌚ Double-space legends. All legends on one page.
- ⌚ Type figure legends in paragraph form, starting with 'FIGURE' (uppercase) and number.
- ⌚ Do not include 'exotic symbols' (lines, dots, triangles, etc.) in figure legends; either label them in the figure or refer to them by name in the legend.
- ⌚ Label multiple plots/images within one figure as A, B, C etc, as in 'FIGURE 1. Fitness of *Medusagyne oppositifolia* as indicated by (A) seed set and (B) seed viability', making sure to include the labels in the relevant plot.

VIII. Preparation of Illustrations or Graphs

Please consult <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/illustration.asp> for detailed information on submitting electronic artwork

- ⌚ Black-and-white or half-tone (photographs), drawings, or graphs are all referred to as 'Figures' in the text. Consult editor about color figures. Reproduction is virtually identical to what is submitted; flaws will not be corrected. Consult a recent issue of BIOTROPICA for examples.
- ⌚ If it is not possible to submit figures embedded within the text file, then submission as *.pdf, *.tif or *.eps files is permissible.
- ⌚ Native file formats (Excel, DeltaGraph, SigmaPlot, etc.) cannot be used in production. When your manuscript is accepted for publication, for production purposes, authors will be asked upon acceptance of their papers to submit:
 - Line artwork (vector graphics) as *.eps, with a resolution of < 300 dpi at final size
 - Bitmap files (halftones or photographs) as *.tif or *.eps, with a resolution of < 300 dpi at final size
- ⌚ Final figures will be reduced. Be sure that all text will be legible when reduced to the appropriate size. Use large legends and font sizes. We recommend using Arial font (and NOT Bold) for labels within figures.
- ⌚ Do not use negative exponents in figures, including axis labels.
- ⌚ Each plot/image grouped in a figure or plate requires a label (e.g., A, B). Use upper case letters on grouped figures, and in text references.
- ⌚ Use high contrast for bar graphs. Solid black or white is preferred.

IX. Insights (up to 2000 words)

Title page should be formatted as with Papers (see above; RRH: "Insights")

- ⌚ No section headings.
- ⌚ Up to two figures or tables (additional material can be published as Online Supplementary Material).

X. Appendices

- ⌚ We do NOT encourage the use of Appendices unless absolutely necessary. Appendices will be published as Online Supplementary Material in almost all cases.
- ⌚ Appendices are appropriate for species lists, detailed technical methods, mathematical equations and models, or additional references from which data for figures or tables have been derived (*e.g.*, in a review paper). If in doubt, contact the editor.
- ⌚ Appendices must be referred to in the text, as Appendix S1. Additional figures and tables may be published as OSM (as described above), but these should be referred to as Fig. S1, Table S1.
- ⌚ Appendices should be submitted as a separate file.
- ⌚ The editor reserves the right to move figures, tables and appendices to OSM from the printed text, but will discuss this with the corresponding author in each case.

English Editorial Assistance

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English and to prepare the manuscript in accordance with the journal style. Biotropica provides this service as the cost of US\$ 25, - per hour. Please contact the Biotropica office at biotropica@env.ethz.ch if you wish to make use of this service. The service is paid for by the author and use of a service does not guarantee acceptance or preference for publication.

Manuscripts that are scientifically acceptable but require rewriting to improve clarity and to conform to the Biotropica style will be returned to authors with a provisional acceptance subject to rewriting. Authors of such papers may use the Biotropica editing service at the cost of US\$ 25, - per hour for this purpose.

Most papers require between two to four hours, but this is dependent on the work required. Authors will always be contacted should there be any uncertainty about scientific meaning, and the edited version will be sent to authors for final approval before proceeding with publication.

Questions? Please consult the online user's guide at Manuscript Central first before contacting the editorial office

Phone: 0041 44 632 89 45

Editor's Phone: 0041 44 632 86 27

Fax: 0041 44 632 15 75

biotropica@env.ethz.ch

Please use this address for all inquiries concerning manuscripts and editorial correspondence