

Biologia floral e polinização de *Casearia grandiflora*, *Casearia javitensis* e *Lindackeria paludosa* (Flacourtiaceae) na região de Manaus, AM¹

SILVIA PATRICIA FLORES VÁSQUEZ^{1,2,4} e ANTONIO CARLOS WEBBER³

(recebido: 04 de setembro de 2008; aceito: 11 de fevereiro de 2010)

ABSTRACT – (Floral biology and pollination of *Casearia grandiflora*, *Casearia javitensis* and *Lindackeria paludosa* (Flacourtiaceae) in the region of Manaus, AM). Floral biology, pollination and reproductive system of *Casearia grandiflora* Cambess., *C. javitensis* Kunth and *Lindackeria paludosa* (Benth.) Gilg were studied on the Federal University of Amazonas campus, Manaus, Amazonas, Brazil (03°04'34" S, and 59°57'50" W), from November 2003 to December 2004. Observations of morphology, floral biology and floral visitors were made. The reproductive system and reproductive success was determined through field experimental pollinations. The flowers are hermaphrodites or staminate in *Lindackeria paludosa* and hermaphrodites in *Casearia* species, which emit a sweet scent during anthesis and has pollen of high fertility. *Lindackeria paludosa* and *Casearia javitensis* flowers open in the morning, whereas *Casearia grandiflora* flowers open at night. The main pollinators are flies of the Syrphidae family for the *Casearia* and bees of the Apidae and Halictidae families for *L. paludosa*. The results of the manual pollinations indicate that *Casearia grandiflora* and *Lindackeria paludosa* are auto-compatible species, in contrast to *Casearia javitensis* which is auto-incompatible. The species present a high reproductive potential, but a low pre-emergent reproductive success.

Key words - reproductive success, reproductive system

RESUMO – (Biologia floral e polinização de *Casearia grandiflora*, *Casearia javitensis* e *Lindackeria paludosa* (Flacourtiaceae) na região de Manaus, AM). A biologia floral, polinização e sistema reprodutivo de *Casearia grandiflora* Cambess., *C. javitensis* Kunth e *Lindackeria paludosa* (Benth.) Gilg foram estudados no campus da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil (03°04'34" S e 59°57'50" W), durante o período de novembro 2003 a dezembro 2004. Foram realizadas observações sobre morfologia, biologia floral e visitantes florais. O sistema reprodutivo e o sucesso reprodutivo foram determinados através de polinizações experimentais no campo. As flores são hermafroditas ou estaminadas em *Lindackeria paludosa* e hermafroditas nas espécies de *Casearia* que emitem um odor adocicado durante a antese e cujo pólen possui alta fertilidade. As flores de *Lindackeria paludosa* e *Casearia javitensis* abrem durante a manhã, enquanto que as de *Casearia grandiflora* abrem durante a noite. Os principais polinizadores são moscas da família Syrphidae em espécies de *Casearia* e abelhas das famílias Apidae e Halictidae em *L. paludosa*. Os resultados das polinizações manuais indicam que *Casearia grandiflora* e *Lindackeria paludosa* são espécies autocompatíveis, ao contrário de *Casearia javitensis*, que é autoincompatível. As espécies apresentaram um alto potencial reprodutivo, mas baixo sucesso reprodutivo pré-emergente.

Palavras-chave - sistema reprodutivo, sucesso reprodutivo

Introdução

As florestas tropicais constituem um dos ecossistemas mais ricos em biodiversidade. Nos últimos anos a sua exploração e destruição têm se tornado um dos maiores problemas mundiais (Delamonica *et al.* 2001). Particularmente, o ecossistema Amazônico tem despertado maior interesse porque abriga extraordinária

diversidade (Salati *et al.* 1998). O estudo da biologia reprodutiva de árvores tropicais tem sido objeto de grande interesse na comunidade científica para atender a crescente necessidade de compreender como é possível manter a biodiversidade (Bawa 1990). Os dados sobre a reprodução de uma espécie, como sistema sexual, mecanismo de incompatibilidade, padrão de floração e processo de polinização podem nortear a adoção de estratégias de manejo e manutenção de populações e ecossistemas (Hamrick & Nason 2000).

A diversidade de espécies da floresta tropical é acompanhada por uma grande diversidade de mecanismos de polinização e é surpreendente que exista uma carência de dados acerca da polinização de muitos grupos importantes de plantas (Prance 1985). Sistemas de polinização envolvem desde insetos pouco especialistas até animais estritamente dependentes das flores para sua

1. Parte da dissertação do primeiro autor, Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais na área de Botânica, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil.
2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, Av. André Araújo, 2936, 69060-000 Manaus, AM, Brasil.
3. Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Biologia, ICB, Av. Gal. Rodrigo Jordão Ramos, 3000, 69077-000 Manaus, AM, Brasil.
4. Autor para correspondência: silviapfv@yahoo.com.br

sobrevivência, como abelhas e mesmo vertebrados, como aves e morcegos (Pires-O'Brien & O'Brien 1995). Portanto, a polinização é uma componente chave da biodiversidade, sendo diretamente responsável pela manutenção dos ecossistemas (Bawa *et al.* 1990).

Existem poucos estudos sobre polinização e sistema reprodutivo de representantes de Flacourtiaceae (*sensu* Sleumer 1980). Na Amazônia colombiana, *Homalium guianense* (Aub.) Oken é espécie hermafrodita e polinizada por diversos insetos pequenos (Dulmen 2001); na Malásia, *Casearia grewiifolia* Vent. e *Hydnocarpus borneensis* Sleumer são polinizadas por abelhas sociais e diversos outros insetos (Momose *et al.* 1998); no México, em uma floresta tropical decídua foram registradas várias espécies de *Casearia* como hermafroditas e autoincompatíveis (Bullock 1985); no Parque Nacional Sarawak, *Casearia grewiifolia* é um subarbusto com flor actinomorfa, hermafrodita e possui pouco néctar (Kato 1996); e em uma floresta secundária decídua na Venezuela, *Prockia flava* H. Karst. é reportada como hermafrodita, autoincompatível e polinizada por abelhas da família Apidae (Zapata & Arroyo 1978). No Brasil, Machado & Oliveira (2000) estudaram a biologia floral e reprodutiva de *Casearia grandiflora* Cambess., num remanescente de mata mesófila em Minas Gerais.

Este trabalho tem como objetivo descrever alguns aspectos da biologia floral, polinização e sistema reprodutivo de *Casearia grandiflora*, *C. javitensis* Kunth e *Lindackeria paludosa* (Benth.) Gilg.

Material e métodos

O trabalho de campo foi realizado no campus da Universidade Federal do Amazonas – UFAM (03°04'34" S e 59°57'50" W), no Município de Manaus, AM. A vegetação do campus da UFAM é constituída por floresta de platô, floresta aberta, campinarana, áreas de vegetação secundária e área antrópica (Silva-Forsberg 1999). As espécies estudadas ocorrem em vegetação secundária. Manaus tem clima do tipo Am, quente e úmido ao longo de todo o ano (classificação de Köppen). A temperatura e a precipitação média anual são de 26 °C e 2100 mm, respectivamente (Silva-Forsberg 1999). As observações de campo foram semanais, no período de novembro de 2003 a dezembro de 2004, e estenderam-se das 06h00 às 18h00, incluindo observações noturnas de 22h00 às 5h00. Material testemunho de *Casearia grandiflora*, *C. javitensis* e *Lindackeria paludosa* foi depositado no herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA 215222, 215223, 215224).

Para a descrição morfológica, 10 flores de seis indivíduos de cada espécie foram armazenadas em etanol 70%. Informações sobre período de disponibilidade de néctar

e liberação de pólen foram registradas através de observações diretas no campo em 10 flores de cinco indivíduos de cada espécie. O horário e o processo da abertura floral e a duração da flor foram definidos após a marcação de 10 botões em três indivíduos de cada espécie. A receptividade do estigma foi testada, ao longo do dia com peróxido de hidrogênio (Dafni 1992). Para tanto foram utilizadas 10 flores de seis indivíduos de cada espécie.

Para o registro do volume de néctar foram ensacadas 165 flores em pré-antese de dois indivíduos de *C. javitensis*. As primeiras medidas foram efetuadas no início da antese, por volta das 07h00, sendo estas repetidas a cada hora, finalizando às 18h00. O néctar foi totalmente retirado com auxílio de microcapilares de 1 e 2 µL. Para *C. grandiflora* o néctar foi coletado uma única vez em 30 flores previamente ensacadas de um indivíduo, devido à pouca quantidade de néctar por flor. A porcentagem de açúcares dissolvidos foi medida em 30 flores de três indivíduos de cada espécie de *Casearia* com auxílio de refratômetro manual Digit modelo 107 (Kearns & Inouye 1993). Em *L. paludosa* não foi realizado este teste, pois as flores só apresentam pólen como recompensa. A presença de osmóforos foi detectada com a utilização do vermelho neutro (Dafni 1992), em 10 flores de cinco indivíduos de cada espécie.

Para a análise da fertilidade dos grãos de pólen, as anteras de três flores de cada espécie foram colocadas em lâminas, coradas com azul de algodão-lactofenol e permaneceram por um dia para verificação da coloração. Este método considera como potencialmente férteis os grãos corados de azul intenso e não viáveis os incolores (Kearns & Inouye 1993). A porcentagem de pólen viável foi obtida a partir de um lote de 250 grãos por lâmina.

Observações do comportamento dos visitantes foram feitas em cinco indivíduos de cada espécie durante todo o período de floração, desde o início da antese até a senescência das flores, entre 05h00 e 18h00, totalizando 130 horas de observação. Os dados sobre o tipo de recurso procurado, o horário e o número de visitas e o tempo de permanência nas flores foram obtidos por observações diretas e complementados com análise de fotografias. Cada pouso do visitante na flor foi considerado como uma visita, sendo possível registrar número de visitas por intervalo de tempo. Foi verificada a presença de pólen no corpo dos insetos, o qual foi comparado com o pólen das espécies estudadas. O pólen transportado pelos insetos foi coletado com auxílio de pequenos cubos de gelatina (Kearns & Inouye 1993). Os insetos visitantes foram capturados com auxílio de rede entomológica, sacos e frascos coletores, posteriormente identificados por especialistas e depositados na coleção entomológica do INPA.

Para o estudo do sistema reprodutivo foram utilizadas flores de cinco indivíduos de *C. grandiflora*, três de *L. paludosa* e dois de *C. javitensis*. Em cada tratamento foram isolados entre 150 a 200 botões, um ou dois dias antes da antese, utilizando-se sacos de organza. Não foi possível realizar todos os testes de polinizações manuais devido aos danos causados aos experimentos por pessoas na área. As

flores foram utilizadas para os seguintes tratamentos: (a) autopolinização espontânea: as flores foram ensacadas para verificar a formação de frutos; (b) autopolinização manual: depositando pólen de uma flor sobre seu próprio estigma; (c) controle: as flores foram etiquetadas para verificar a eficácia dos polinizadores. Para os tratamentos de polinização com *L. paludosa* foram utilizadas apenas flores hermafroditas, e no caso de autopolinização espontânea, as flores não foram emasculadas devido ao seu tamanho reduzido. As diferenças na proporção de frutos formados entre os tratamentos (autopolinizações manuais e controle) foram determinadas através de Análise de Variância (ANOVA) a 5% e pelo teste de Tuckey, utilizando o programa estatístico Prophet versão 5.

Para quantificar o potencial e o sucesso reprodutivo em condições naturais foram marcados dez indivíduos de *C. grandiflora*, oito de *L. paludosa* e cinco de *C. javitensis*. O número de indivíduos marcados dependeu do número de indivíduos floridos. Foram selecionados cinco ramos em cada indivíduo. Cinco inflorescências na fase de botão desenvolvido em cada ramo foram etiquetadas com um fio colorido. O número de botões florais por inflorescência foi contado. Após três dias da abertura da flor o número de pistilos que permaneceram foram contados e, posteriormente, foram contados os números de frutos e de sementes por fruto. O sucesso reprodutivo pré-emergente (número de sementes viáveis que entram no meio ambiente) foi calculado pela razão de flores por frutos (Fl/Fr) multiplicados pela razão de sementes por óvulos (S/O) (Wiens *et al.* 1987). Não foi feito teste de viabilidade de sementes e foram consideradas viáveis aquelas que não apresentavam danos externos aparentes.

Resultados e discussão

Morfologia floral – As inflorescências são axilares do tipo racemo em *L. paludosa* e glomeruladas em *C. grandiflora* e *C. javitensis*. O número de botões por inflorescência, diâmetro das flores e as medidas das peças florais encontram-se na tabela 1. As flores

de *C. grandiflora* e *C. javitensis* são hermafroditas, monoclamídeas, amareladas ou esverdeadas, com sépalas unidas na base formando um tubo curto em *C. grandiflora* e livres em *C. javitensis*. Essas características também foram descritas por Sleumer (1980), entretanto divergem do resultado apresentado por Machado & Oliveira (2000). Esses autores descrevem erroneamente *C. grandiflora* como diclamídea, com corola pentâmera e pétalas unidas na base. As flores em *L. paludosa* são hermafroditas ou estaminadas, diclamídeas, dialissépalas e dialipétalas, brancas. Nas flores estaminadas o androceu é composto por numerosos estames livres, com pistilódio rudimentar.

Nas flores hermafroditas de todas as espécies o androceu é dialistêmone, com os estames dispostos ao redor do gineceu e as anteras possuem deiscência longitudinal. O gineceu apresenta ovário súpero, tricarpelar, com placentação parietal. O fruto é uma cápsula ovóide, trivalvada. As flores de *C. grandiflora* e *C. javitensis* apresentam atributos que as enquadram na síndrome de Miofilia descrita por Faegri & van der Pijl (1979). Não foi possível enquadrar as flores de *L. paludosa* em nenhuma síndrome.

Biologia floral – A antese das espécies de *Casearia* começa com a separação das sépalas, que lentamente abrem e expõem o estigma e os estames. As flores de *C. grandiflora* abrem durante a noite, a receptividade do estigma começa às 03h00, de cor amarelo e com a superfície coberta por secreção brilhante e úmida, as anteras abrem às 04h00 e o pólen está completamente liberado em torno das 09h00 e 10h00. A duração da flor foi de 18h. Estes dados diferem dos encontrados por (Machado & Oliveira 2000) para a mesma espécie. Esses autores reportaram que a antese ocorreu de forma irregular, principalmente no início da manhã e

Tabela 1. Número de botões por inflorescência, e medidas ($\bar{x} \pm DP$) dos verticilos florais em 10 flores de *Lindackeria paludosa*, *Casearia grandiflora* e *C. javitensis* no campus da UFAM, Manaus, AM.

Table 1. Number of buds in inflorescences, and measures ($\bar{x} \pm DP$) of perianth parts in 10 flowers of *Lindackeria paludosa*, *Casearia grandiflora* and *C. javitensis* at the UFAM campus, Manaus, AM.

Caracteres	<i>L. paludosa</i>	<i>C. grandiflora</i>	<i>C. javitensis</i>
Botões/infl. (n = 10)	7-40 (21 ± 9,6)	1-18 (9,7 ± 4,4)	6-40 (21 ± 12,9)
Diâmetro floral (mm)	11,7 (± 1,2)	6,9 (± 0,9)	5,3 (± 0,9)
Sépala	5,4 (± 0,9)	6,1 (± 0,3)	3,3 (± 0,4)
Pétala	5,9 (± 0,7)	-	-
Estame	4,7 (± 0,8)	3,6 (± 0,5)	5,9 (± 0,5)
Pistilo	6,8 (± 0,6)	5,2 (± 0,4)	4,9 (± 0,3)

que a receptividade do estigma e a liberação do pólen ocorreram nas horas mais quentes do dia. Em *L. paludosa*, a antese iniciou às 09h00, ficando a flor completamente aberta às 05h30 do dia seguinte com duração de um dia e meio, a receptividade do estigma ocorreu nos botões em pré-antese, sendo a liberação do pólen entre 06h00 e 07h00. Em *C. javitensis* as flores iniciaram a abertura por volta das 09h00, estando a flor completamente aberta às 04h00 do dia seguinte com duração de um dia e meio, a receptividade do estigma e a liberação completa do pólen ocorreram às 05h00. Martiniano (2004) descreveu que as flores de *Ryania speciosa* Vahl (Flacourtiaceae) abrem às 05h00 com duração de um dia; as anteras abrem entre 08h00 e 09h00. Durante o período de antese, os grãos de pólen das espécies aqui estudadas estão totalmente expostos, não havendo, assim, quaisquer restrições à sua coleta, característica esta comum das flores generalistas (Faegri & van der Pijl 1979, Endress 1994). As espécies apresentam fertilidade do pólen superior a 90%.

Nas primeiras horas da manhã as flores exalam um odor agradável e perfumado. Os osmóforos foram localizados nas sépalas em *C. grandiflora* e *C. javitensis* e nas sépalas, pétalas e estames em *L. paludosa*. Segundo Machado & Oliveira (2000), o odor das flores de *C. grandiflora* foi imperceptível ao observador.

Em *C. grandiflora* o néctar é produzido na base das sépalas que começam a secretá-lo nas primeiras horas da manhã em pequenas quantidades. O volume foi de 4 μL , a concentração de açúcar foi de 54%. Uma medição pela manhã (08h00) indicou 40% de açúcares. Dados similares foram encontrados por Machado & Oliveira (2000), para a mesma espécie e reportaram que o néctar é relativamente abundante (4 $\mu\text{L} \pm 0,4$) e com concentração média de 38%. Em *C. javitensis* a produção de néctar pode ser detectada a partir do início da abertura da flor. A concentração de açúcar foi em torno de 51%. O volume total de néctar produzido durante a antese foi de 28,5 μL que de 2,6 $\pm 1,5$ foi aumentando ao longo da manhã (figura 1). Estes dados diferem dos encontrados para *Ryania speciosa* (Martiniano 2004) onde a porcentagem permanece inalterada até o meio dia e logo começa a diminuir. O aumento na concentração de açúcar no néctar pode estar relacionado a mudanças de temperatura (Baker & Baker 1983) e umidade relativa (Corbet *et al.* 1979). O néctar é considerado atrativo primário por servir como alimento para muitos animais que visitam as flores repetidamente (Faegri & van der Pijl 1979). O volume de néctar por flor produzido por *C. grandiflora* e *C. javitensis* é baixo, mas é compensado pela alta concentração de açúcares. A baixa quantidade de néctar por flor é atributo que pode ser importante

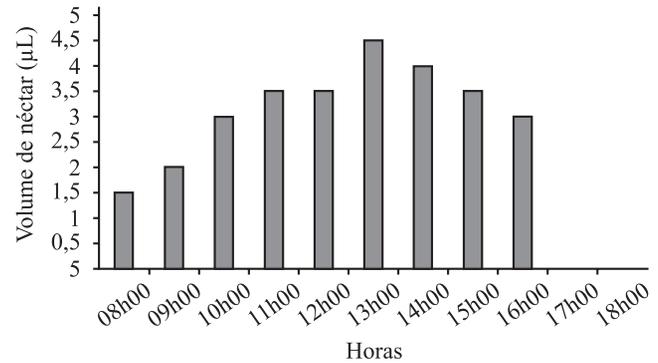


Figura 1. Produção de néctar ao longo do dia em 165 flores de *Casearia javitensis* no campus da UFAM, Manaus, AM.

Figure 1. Nectar production during a day in 165 flowers of *Casearia javitensis* at the campus of the UFAM, Manaus, AM.

na seleção dos polinizadores (Sigrist & Sazima 2002), e pode representar uma estratégia para que os animais visitem flores de outros indivíduos em busca de mais recursos. Com isso, gera um grande movimento entre os indivíduos da mesma espécie e promove a polinização cruzada (Santos & Machado 1998).

O processo de senescência das flores ocorre no final da tarde, quando ocorrem mudanças de coloração dos estames, sépalas e pétalas para marrom escuro. Os estiletos permanecem até a formação do fruto em todas as espécies estudadas.

Insetos visitantes – Diversos grupos de insetos foram observados visitando as flores de *C. grandiflora* e *C. javitensis*, sendo o principal polinizador a mosca *Ornidia obesa* (Syrphidae) (tabela 2). O horário com maior número de visitas em *C. grandiflora* ocorreu entre 10h00 e 12h00 (figura 2). O principal recurso coletado pelos visitantes foi o néctar, mais também foi coletado pólen.

Para realizar a coleta, a mosca *O. obesa* chegava à planta por volta das 05h30, pousava nas sépalas e com as pernas dianteiras e a probóscide pegava o pólen estame por estame ao mesmo tempo que introduzia a probóscide na flor para a coleta de néctar. Durante esse procedimento, contactava o estigma e as anteras. Após ficar de dois a três minutos na flor, voava para outra percorrendo toda a inflorescência com o mesmo comportamento. De vez em quando, voava, pousava na parte adaxial de uma folha e limpava a probóscide, cabeça e pernas. Machado & Oliveira (2000) também reportaram que o visitante mais freqüente foi a mosca *O. obesa* e que estas foram observadas repetidamente

Tabela 2. Visitantes e possíveis polinizadores de *Lindackeria paludosa*, *Casearia grandiflora* e *C. javitensis* no campus da UFAM, Manaus, AM.Table 2. Visitors and possible pollinators of *Lindackeria paludosa*, *Casearia grandiflora* and *C. javitensis* at the UFAM campus, Manaus, AM.

Visitantes	<i>L. paludosa</i>	<i>C. grandiflora</i>	<i>C. javitensis</i>
COLEOPTERA			
Brentidae			
Morfotipo 1		x	
Morfotipo 2		x	
Cerambycidae			x
Curculionidae			x
<i>Mionochroma vittatum</i> Fabricius 1775			x
DIPTERA			
Calliphoridae			
<i>Chrysomya megacephala</i> Fabricius 1794			x
<i>Paralucilia</i> sp.			x
Stratiomyidae			
<i>Hoplitimyia subalba</i> (Walker, 1854)			x
Syrphidae			
<i>Ornidia obesa</i> Lepeletier & Serville, 1828		x	x
<i>Palpada vinetorum</i> Frabricius, 1798		x	x
HYMENOPTERA			
Apidae			
<i>Apis mellifera scutellata</i> Lepeletier, 1836		x	x
<i>Cephalotrigona capitata femorata</i> (Smith, 1854)		x	
<i>Exomalopsis</i> sp.	x		
<i>Friseomelitta</i> sp.	x		
<i>Melipona compressipes manaosensis</i> Schwarz, 1932	x		
<i>Melipona puncticollis</i> Friese, 1902			x
<i>Melipona seminigra merrillae</i> Cockerell, 1919	x	x	x
<i>Partamona vicina</i> Camargo, 1980			x
<i>Ptilitrigona lurida</i> (Smith, 1854)			x
<i>Trigona amazonensis</i> Ducke, 1916		x	
<i>Trigona fulviventris</i> Guerin, 1835	x		x
<i>Scaptotrigona</i> sp.	x		x
<i>Xylocopa</i> sp. 1	x		
<i>Xylocopa</i> sp. 2		x	x
Halictidae			
<i>Augochloropsis</i> sp.	x		
<i>Stilbochlora</i> sp.	x		
Vespidae			
Morfotipo 1		x	x
Morfotipo 2		x	
Morfotipo 3		x	
Sphecidae			
<i>Dynatus nigripes nigripes</i> (Westwood, 1832)		x	
LEPIDOPTERA			
Arctiidae			
Morfotipo 1		x	x
Hesperiidae			
Morfotipo 1			x
Lycaenidae			
Morfotipo 1			x

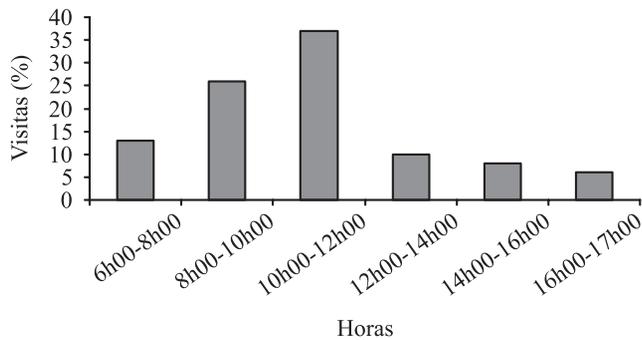


Figura 2. Porcentagem de visitas às flores de *Casearia grandiflora* por intervalo de tempo no campus da UFAM, Manaus, AM.

Figure 2. Percentage of visits to the flowers of *Casearia grandiflora* for time interval at the campus of the UFAM, Manaus, AM.

em todas as plantas acompanhadas durante o estudo e visitavam as flores durante quase todo o dia. A ocorrência de polinização por moscas em espécies arbóreas de flores aparentemente generalistas tem sido observada para outras espécies com flores pequenas (Pombal 1994, Pombal & Morellato 1995). Entre elas há o levantamento feito na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais em Belo Horizonte por Silva *et al.* (2001) que registraram 40 espécies de moscas visitando 16 famílias de plantas, sendo registradas com maior frequência *O. obesa* e *Palpada furcata* (ambas da família Syrphidae). Machado & Loiola (2000), no estudo feito com *Cordia multispicata* Cham. (Boraginaceae) e *Borreria alata* (Aubl.) DC. (Rubiaceae), citaram nove espécies de moscas, principalmente do gênero *Palpada*. Muitas espécies da família Syrphidae visitam variadas espécies de plantas nas quais o acesso ao néctar e ao pólen é mais fácil (Silva *et al.* 2001), como é o caso das flores de *C. grandiflora* e *C. javitensis*. Além das moscas também foram observados besouros, vespas e borboletas (figuras 3 e 4) visitando as flores de *C. grandiflora* e *C. javitensis*, sendo consideradas como polinizadores ocasionais por suas visitas menos frequentes. Dentre as abelhas, *Melipona seminigra merrillae* (figura 5) e *Cephalotrigona capitata femorata* (figura 6) foram as mais frequentes, sendo considerados polinizadores. Foi encontrado pólen das espécies de *Casearia* no aparelho bucal, cabeça e pernas dos visitantes.

Visitas de diferentes grupos de insetos também foram citadas para *Ryania speciosa* (Martiniano 2004), *Casearia corymbosa* Kunth (Bawa *et al.* 1985b), *C. grewiiifolia* e *Hydnocarpus bornensis* (Kato 1996,

Momose *et al.* 1998) e para *Homalium guianense* (Dulmen 2001); essas espécies são polinizadas por diversos insetos (pequenas abelhas, besouros, moscas, vespas e borboletas). Machado & Oliveira (2000), no estudo feito em Uberlândia, também verificaram a presença de abelhas Meliponinae, borboletas e moscas não identificadas em flores de *C. grandiflora*.

Entre os visitantes de *L. paludosa* destacaram-se as abelhas das famílias Apidae e Halictidae, sendo *M. seminigra merrillae* o principal polinizador (tabela 2). As espécies de *Melipona* e *Xylocopa* sobrevoavam a planta e para a coleta de pólen pousavam nos estames, tocando as anteras com as mandíbulas e as pernas com ligeiros movimentos. Este movimento provocava uma nuvem rápida e esparsa de pólen (sem o evidente processo de vibração), ficando aderido em todo o corpo. O estigma era contatado várias vezes no momento da coleta do pólen, portanto são polinizadores. Após a coleta caminhavam pelo ramo ou voavam procurando outra flor. *Augochloropsis* sp. (figura 7) pousava sobre os estames e coletava o pólen de cada um com as mandíbulas e os dois primeiros pares de pernas, contatando o estigma. *Trigona fulviventris* (figura 8), *Exomalopsis* sp., *Scaptotrigona* sp. e *Stilbochlora* sp., foram os visitantes menos frequentes (figura 9). A análise das lâminas de pólen coletada das abelhas mostrou que estava presente o pólen de *L. paludosa*. O recurso oferecido pelas flores aos seus visitantes é o pólen. Thorp (2000) relatou que os grãos de pólen são fontes ricas em nitrogênio/proteína, vitaminas, carboidratos e lipídios onde são utilizados, principalmente, como alimento para as larvas de abelhas, moscas, besouros, vespas, pássaros e morcegos. Vários estudos feitos com outras espécies de Flacourtiaceae também citam a presença de abelhas como polinizadores (Zapata & Arroyo 1978, Bawa *et al.* 1985b, Kato 1996, Momose *et al.* 1998, Dulmen 2001).

Sistema reprodutivo – Os resultados dos experimentos de polinização manual das três espécies encontram-se na tabela 3. No controle da espécie *C. grandiflora* teve maior número de frutos formados com diferença significativa dos tratamentos de autopolinização manual e autopolinização espontânea. Nas demais espécies não foi verificada essa diferença. De acordo com estes resultados, *C. grandiflora* e *L. paludosa* são espécies autocompatíveis, diferindo dos resultados encontrados por Machado & Oliveira (2000), que mostraram que *C. grandiflora* é autoincompatível. No entanto esses autores observaram tubos polínicos crescendo até o ovário e penetrando os óvulos em flores autopolinizadas, sugerindo a ocorrência de autoincompatibilidade de ação



Figuras 3-8. 3. Borboleta Arctiidae visitando flores de *Casearia javitensis*. 4. Borboleta Lycaenidae coletando néctar de *C. javitensis*. 5. *Melipona seminigra merrilae* coletando néctar de *Casearia grandiflora*. 6. *Cephalotrigona capitata femorata*, visitando flores de *C. grandiflora*. 7. *Augocloropsis* sp. visitando flores de *Lindackeria paludosa*. 8. *Trigona fulviventris*, coletando pólen de *L. paludosa*. Barra =10 mm (3, 4); 6 mm (5, 6); 16 mm (7, 8).

Figures 3-8. 3. Arctiidae butterfly visiting flowers from *Casearia javitensis*. 4. Lycaenidae butterfly collecting nectar from *C. javitensis*. 5. *Melipona seminigra merrilae* collecting nectar from *Casearia grandiflora*. 6. *Cephalotrigona capitata femorata*, visiting flowers from *C. grandiflora*. 7. *Augocloropsis* sp. visiting flowers from *Lindackeria paludosa*. 8. *Trigona fulviventris*, collecting pollen from *L. paludosa*. Bar =10 mm (3, 4); 6 mm (5, 6); 16 mm (7, 8).

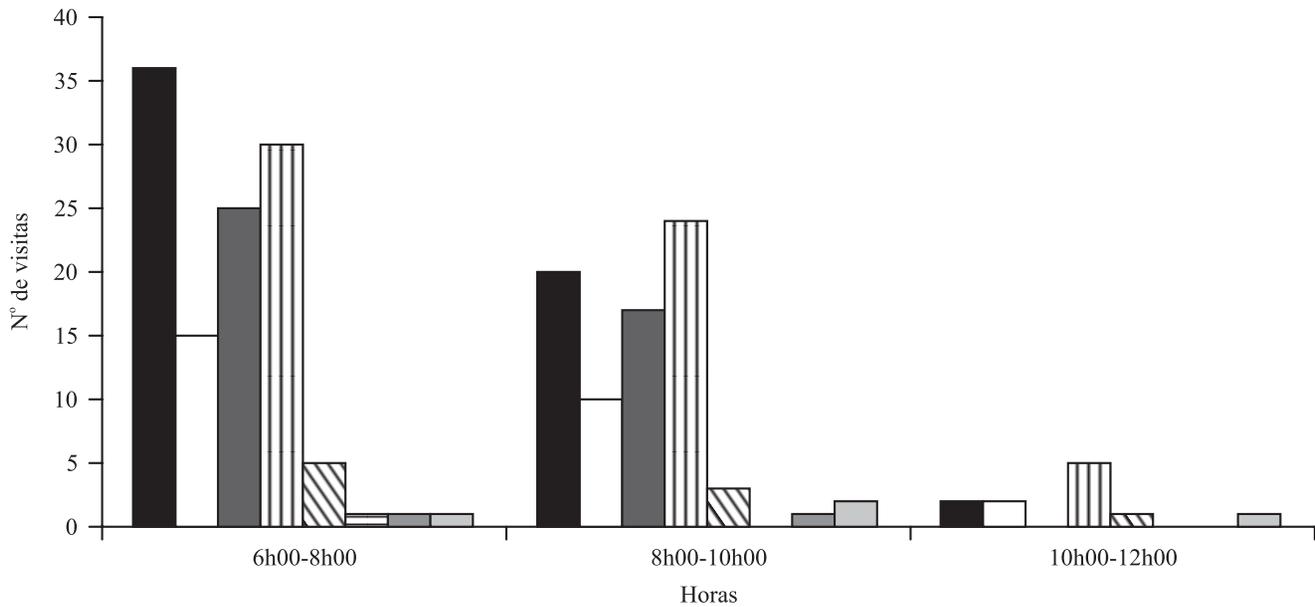


Figura 9. Número de visitas às flores de *Lindackeria paludosa* por intervalo de tempo no campus da UFAM, Manaus, AM. (■ = *Melipona seminigra merrillae*; □ = *Melipona compressipes manaosensis*; ■ = *Xylocopa* sp.; ▨ = *Augochloropsis* sp.; ▩ = *Trigona fulviventris*; ▪ = *Exomalopsis* sp.; ■ = *Scaptotrigona*; □ = *Stilbochlora* sp.).

Figure 9. Number of visits to the flowers of *Lindackeria paludosa* at time intervals at the campus of the UFAM, Manaus, AM. (■ = *Melipona seminigra merrillae*; □ = *Melipona compressipes manaosensis*; ■ = *Xylocopa* sp.; ▨ = *Augochloropsis* sp.; ▩ = *Trigona fulviventris*; ▪ = *Exomalopsis* sp.; ■ = *Scaptotrigona*; □ = *Stilbochlora* sp.).

Tabela 3. Testes para avaliar o sistema reprodutivo de *Lindackeria paludosa*, *Casearia grandiflora* e *C. javitensis* no campus da UFAM, Manaus, AM.

Table 3. Tests to evaluate the reproductive system of *Lindackeria paludosa*, *Casearia grandiflora* and *C. javitensis* at the UFAM campus, Manaus, AM.

Testes	<i>L. paludosa</i>		<i>C. grandiflora</i>		<i>C. javitensis</i>	
	Flores nº	Frutos nº (%)	Flores nº	Frutos nº (%)	Flores nº	Frutos nº (%)
Autopolinização manual	508	105 (21)ab ¹	1066	22 (2)b	230	0b
Autopolinização espontânea	801	198 (25)ab	1055	3 (0,2)b	450	1 (0,02)b
Controle	978	175 (18)ab	11175	38 (48)a	400	16 (4)b

¹Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, $P(0,02)$. ¹Means with distinct letters in the columns are different according to Tukey test at 5%, $P(0,02)$.

tardia ou de depressão endogâmica. Diferentes graus de compatibilidade podem ser encontrados entre as angiospermas e a distinção entre autoincompatibilidade e autocompatibilidade é muitas vezes arbitrária (Borba *et al.* 2001), pois esses são dois extremos na variação do sistema reprodutivo e muitas espécies se situam entre eles (Bawa 1974). Uma mesma espécie pode apresentar uma ou outra condição em diferentes regiões geográficas

se, por exemplo, faltam os serviços dos polinizadores (Medrano *et al.* 1999). Segundo Jaimes & Ramirez (1999), espécies autocompatíveis estão associadas a estágios de sucessão inicial ou áreas com distúrbio, onde autogamia é seletiva como estratégia de colonização. Esse pode ser o caso das duas espécies que são autocompatíveis com grande potencial de colonização de áreas. Entretanto, *C. javitensis* é autoincompatível, uma vez que nos

testes de autopolinização não houve formação de frutos (tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados para *C. grandiflora* (Machado & Oliveira 2000), *C. corymbosa*, *C. tremula* (Griseb.) Griseb. ex C. Wrigh e *Prockia crucis* P. Browne ex L. (Bullock 1985), *C. arborea* (Rich.) Urb. (Bawa *et al.* 1985a), *P. flava* (Zapata & Arroyo 1978) e *Ryania speciosa* (Martiniano 2004) que são xenógamas obrigatórias. Segundo Endress (1994), a autoincompatibilidade é a principal estratégia que leva à polinização cruzada. Auto-incompatibilidade é amplamente distribuída entre as espécies arbóreas tropicais, que são predominantemente xenógamas obrigatórias (Bawa 1974, Gibbs & Bianchi 1999). De acordo com Bawa (1974), a prevalência de sistemas de autoincompatibilidade e, por conseqüência, de polinização cruzada em árvores tropicais é provavelmente devida à pressão seletiva para a manutenção da variação genética.

Sucesso reprodutivo – O potencial reprodutivo e sucesso reprodutivo pré-emergente (SRPE) das espécies estão sumarizados na tabela 4. *L. paludosa*, *C. grandiflora* e *C. javitensis* apresentaram alto potencial reprodutivo, mas baixo sucesso reprodutivo pré-emergente (SRPE). De acordo com Bawa (1990) em muitas espécies de plantas nem todos os óvulos se tornam sementes. Diferentes fatores estão envolvidos no aborto de óvulos, tais como número de grãos de pólen depositados no estigma. Outra causa seria a competição entre embriões pelos recursos da planta-mãe (Bawa & Webb 1984). Doungyotha & Owens (2002), estudando a biologia reprodutiva e sucesso reprodutivo de *Pterocarpus macrocarpus* Kurz (Leguminosae: Papilionoideae), obtiveram dados similares com 0,006 de sucesso reprodutivo pré-emergente. Os autores ainda mencionaram que a causa do baixo sucesso reprodutivo foi a alta proporção de óvulos e flores abortados.

Tabela 4. Sucesso reprodutivo pré-emergente de *Lindackeria paludosa*, *Casearia grandiflora* e *C. javitensis* no campus da UFAM, Manaus, AM.

Table 4. Pre-emergent reproductive success of *Lindackeria paludosa*, *Casearia grandiflora* and *C. javitensis* at the UFAM campus, Manaus, AM.

Características florais	<i>L. paludosa</i>	<i>C. grandiflora</i>	<i>C. javitensis</i>
Número de botões	608	465	432
Número de flores abertas	542	178	157
Porcentagem de sobrevivência (%)	89,1	38,2	36,3
Número de frutos formado por flores	38	162	9
Número de sementes formado por flores	76	652	8
Razão de frutos por flores	0,07	0,91	0,05
Razão de sementes por óvulo	0,001	0,08	0,002
Sucesso reprodutivo pré-emergente	0,0007	0,07	0,0001

Agradecimentos – Ao CNPq, pelo financiamento ao projeto “Biologia reprodutiva de espécies do sub-bosque”, Processo 471064/2003-3 e aos Professores Erich Fischer e Isabel C.S. Machado, pelas correções e sugestões na dissertação.

Referências bibliográficas

- BAKER, H.G. & BAKER, I. 1983. A brief historical review of the chemistry of floral nectar. *In* The biology of nectaries (B. Bentley & T. Elias, eds.). Columbia University Press, New York, p.126-152.
- BAWA, K.S. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* 28:85-92.
- BAWA, K.S. 1990. Plant-pollinator interactions, sexual systems and pollen flow – commentary. *In* Reproductive ecology of tropical forests plants (K.S. Bawa, & M. Hadley, eds.). Unesco Paris, p.65-67.
- BAWA, K.S. & WEBB, C.J. 1984. Flower, fruit and seed abortion in tropical tree: implications for evolution of paternal and maternal reproduction patterns. *American Journal of Botany* 71:736-751.
- BAWA, K.S., PERRY, D.R. & BEACH, J.M. 1985a. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *American Journal of Botany* 72:331-345.

- BAWA, K.S., BULLOCK, S.H., PERRY, D.R., COVILLE, R.E. & GRAYUM, M.H. 1985b. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* 72:346-356.
- BAWA, K.S., ASHTON, P.S. & NOR, S.M. 1990. Reproductive ecology of tropical forest plants: management issues. *In* Reproductive ecology of tropical forest plants (K.S. Bawa, & M. Hadley, eds.). Unesco Paris, p.3-13.
- BORBA, E.L., FELIX, J.M., SOLFERINI, V.N. & SEMIR, J. 2001. Fly-pollinated *Pleurothallis* (Orquidaceae) species have high genetic variability: evidence from isozyme markers. *American Journal of Botany* 88:419-428.
- BULLOCK, S.H. 1985. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 17: 287-301.
- CORBET, S.A., UNWIN, D.M. & PRYS-JONES, O.E. 1979. Humidity, nectar and insects visits to flowers, with special reference to *Crataegus*, *Tilia* and *Echium*. *Ecological Entomology* 4:9-22.
- DAFNI, A. 1992. Pollination ecology: a practical approach. Oxford University Press, New York.
- DELAMONICA, P., LAURENCE, W.F. & LAURANCE, S.G. 2001. A fragmentação da paisagem. *In* Florestas do Rio Negro (A.A. Oliveira & D.C. Daly, eds.). Schwarcz, São Paulo, p.285-301.
- DOUNGYOTHA, Y. & OWENS, J.N. 2002. The reproductive biology and reproductive success of *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. *Biotropica* 34:58-67.
- DULMEN, A. 2001. Pollination and phenology of flowers in the canopy of two contrasting rain forest types in Amazonia Colombia. *Plant Ecology* 153:73-85.
- ENDRESS, P.K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, New York.
- FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon Press. Inc., New York.
- GIBBS, P.E. & BIANCHI, M.B. 1999. Does late-acting self-incompatibility (LSI) show family clustering? Two more species of Bignoniaceae with LSI: *Dolichandra cynanchoides* and *Tabebuia nodosa*. *Annals of Botany* 84:449-457.
- HAMRICK, J.L. & NASON, J.D. 2000. Gene flow in forest trees. *In* Forest conservation genetics: principles and practice (A. Young, D. Boshier & T. Boyle, eds.). CSIRO Publishing, Melbourne, p.352-365.
- JAIMES, I. & RAMIREZ, N. 1999. Breeding systems in a secondary deciduous forest in Venezuela: the importance of life form, habitat and pollination specificity. *Plant Systematics and Evolution* 215:23-36.
- KATO, M. 1996. Plant-pollinator interactions in the understory of lowland mixed dipterocarp forest in Sarawak. *American Journal of Botany* 83:732-743.
- KEARNS, C.A. & INOUE, D.W. 1993. Techniques for pollination biologists. University Press of Colorado, Niwot.
- MACHADO, A.O. & OLIVEIRA, P.E. 2000. Biologia floral e reprodutiva de *Casearia grandiflora* Camb. (Flacourtiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 23: 283-290.
- MACHADO, I.C.S. & LOIOLA, M.I. 2000. Fly pollination and pollinator sharing in two synchronopatric species: *Cordia multispicata* (Boraginaceae) and *Borreria alata* (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 25: 35-42.
- MARTINIANO, T.M. 2004. Biologia floral e recursos oferecidos por espécies de sub-bosque em um fragmento florestal urbano no Município de Manaus, AM. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- MEDRANO, M., GUITIÁN, P. & GUITIÁN, J. 1999. Breeding system and temporal variation in fecundity of *Pancreatium maritimum* L. (Amaryllidaceae). *Flora* 194:13-19.
- MOMOSE, K., YUMOTO, T., NAGAMITSU, T., KATO, M., NAGAMASU, H., SAKAI, S., HARRISON, R.D., ITIOKA, T., HAMID, A.A. & INOUE, T. 1998. Pollination biology in a lowland dipterocarp forest in Sarawak, Malasia. I. Characteristics of the plant-pollinator community in a lowland dipterocarp forest. *American Journal of Botany* 85:1477-1501.
- PIRES-O'BRIEN, M.J. & O'BRIEN, C.M. 1995. Ecologia e modelamento de florestas tropicais. Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco – FCAP, Serviço de Documentação e Informação, Belém.
- POMBAL, E.C. 1994. Biologia floral de duas espécies dicogâmicas, *Metrodorea nigra* e *Metrodorea stipularis* (Rutaceae), em matas semidecíduas no sudeste do Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- POMBAL, E.C. & MORELLATO, P.C. 1995. Polinização por moscas em *Dendropanax cuneatus* (DC.) Decne. & Planch. (Araliaceae) em floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 18:157-162.
- PRANCE, G.T. 1985. The pollination of amazonian plants. *In* Key environments Amazonia (G.T. Prance & T.E. Lovejoy, eds.). Oxford Press, New York, p.166-191.
- SALATI, E., SANTOS, A.A., LOVEJOY, T.E. & KLABIN, I. 1998. Por que salvar a floresta Amazônica. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- SANTOS, M.J.L. & MACHADO, I.C. 1998. Biologia floral e heterostilia em *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (Clusiaceae). *Acta Botanica Brasilica* 12:451-464.
- SIGRIST, M.R. & SAZIMA, M. 2002. *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra (Acanthaceae): fenologia da floração, biologia da polinização e reprodução. *Revista Brasileira de Botânica* 25:35-42.
- SILVA, M.S., FONTENELLE, J.C.R. & MARTINS, R.P. 2001. Por que moscas visitam flores? *Ciência Hoje* 30:68-71.

- SILVA-FORSBERG, M.C. 1999. Protecting an urban forest reserve in the Amazon. A multi-scale analysis of edge effects population pressure, and institutions. Dissertation Series, n.3. Center for the Study of Institutions, Population and Environmental, Indiana University, Indiana.
- SLEUMER, H.O. 1980. Flacourtiaceae. Flora Neotropica. Monograph 22. The New York Botanical Garden, New York.
- THORP, R.W. 2000. The collection of pollen by bees. *Plant Systematic and Evolution* 222:211-223.
- WIENS, D., CALVIN, C.L., WILSON, C.A., DAVERN, C.I., FRANK, D. & SEAVEY, S.R. 1987. Reproductive success, spontaneous embryo abortion, and genetic load in flowering plants. *Oecologia* 71:501-509.
- ZAPATA, T.R. & ARROYO, M.T.K. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica* 10:221-23.