

ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *Genipa americana* L. (RUBIACEAE)
NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE MOJI-GUAÇU, ESTADO DE SÃO PAULO*

Cybele de Souza Machado CRESTANA**

RESUMO

A biologia floral e o sistema reprodutivo de *Genipa americana* L. (Rubiaceae), espécie arbórea que ocupa a faixa marginal de matas ciliares ao longo de rios do interior de São Paulo, foram estudadas "in situ", em local denominado "Mata da Figueira", pertencente à Estação Ecológica de Moji-Guaçu, SP. (22°18'S;47°10'W). A metodologia consistiu na caracterização da espécie em termos da morfologia e eventos florais, das mudanças funcionais e atrativos florais, do estudo dos visitantes florais durante a antese e da determinação do sistema de reprodução. Através de observações e experimentações verificou-se que a espécie apresenta dioécia, antese diurna, é melitófila e polinizada pelas abelhas grandes, *Bombus morio* e *Epicharis rustica flava*. Quanto à reprodução os resultados evidenciaram a ocorrência de alogamia e apomixia como sistemas superpostos.

Palavras-chave: *Genipa americana* L. (Rubiaceae); mata ciliar; polinização; sistema reprodutivo.

ABSTRACT

The floral biology and the breeding system of *Genipa americana* L. (Rubiaceae) woody plant that takes on the margin of gallery forests along the rivers of the country of São Paulo, were studied "in situ", in a place named "Mata da Figueira", belonging to the Moji-Guaçu (SP) Ecological Station (22° 18' S; 47° 10' W). The methodology consisted in the characterization of the species in its morphology and floral events, its functional changings and means of attraction, the study of the floral visitors during the anthesis and the determination of its breeding system. By the observation and experiments, it was noticed that the species presents dioecy, diurnal anthesis, being mellitophile and pollinated by large bees, *Bombus morio* and *Epicharis rustica flava*. As to the breeding system the results showed the occurrence of allogamy and apomixis as overlapped systems.

Key words: *Genipa americana* L. (Rubiaceae); riparian forest; pollination; breeding system.

1 INTRODUÇÃO

O termo sistema de reprodução refere-se aos vários mecanismos fisiológicos e morfológicos que controlam a frequência relativa de fecundação cruzada ou de autofertilização numa população ou num grupo taxonômico. O sistema de reprodução é um dos principais fatores que definem e quantificam a recombinação genética presente nos vegetais. Do ponto de vista taxonômico, como do evolutivo, o sistema de recombinação é o importante

regulador da produção de variabilidade (HEYWOOD, 1970).

Ao longo das eras as plantas desenvolveram diferentes mecanismos de promoção ou de restrição da fecundação cruzada, ocorrendo hoje, em termos da reprodução desses sistemas, transições desde a auto-incompatibilidade e dioécia até a cleistogamia, sendo comum a existência de uma mistura de cruzamento e autofertilização na mesma população.

(*) Parte da Tese de Doutorado apresentada em 06/12/93 ao Instituto de Biociências da UNESP, Campus de Rio Claro e aceito para publicação em dezembro de 1995.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

Em vários grupos de plantas a reprodução sexual foi deslocada ou substituída por sistemas não sexuais ou apomíticos que incluem a reprodução vegetativa, na qual o que normalmente é modo acessório de reprodução (através de partes vegetais) passa a ser o único mecanismo de reprodução, e a agamospermia, na qual sementes e embriões são produzidos através de processos não sexuais.

Em espécies em que a apomixia é aparentemente obrigatória, muitas vezes ocorre reprodução sexuada e em alguns grupos predominantemente apomíticos parece existir um equilíbrio entre as sementes produzidas sexual e agamospermicamente, de tal modo que a hibridação entre biótipos apomíticos seguida da recombinação produzirá, após uma ou duas gerações, novos biótipos.

A hibridação está freqüentemente ligada à evolução de grupos apomíticos, havendo também uma íntima associação com poliploidia.

A análise do processo de reprodução das angiospermas pode ser empreendida sob diferentes perspectivas e níveis de abrangência. Estudos que visem à conservação genética de uma dada espécie, por exemplo, não podem prescindir de serem realizados "in situ" quando a espécie é típica de um ecossistema natural.

A consideração da natureza ecológica desses estudos impõe um nível de abrangência que busca alcançar a compreensão de toda a dinâmica da reprodução relacionada com as características do ambiente abiótico, biológico, fisiológico e sucessional nesses sistemas.

HEYWOOD (1970) chama a atenção para que não se considere o sistema de reprodução a partir da simples observação das estruturas morfológicas da flor, uma vez que muitas espécies que apresentam estruturas que, aparentemente, favorecem a polinização cruzada, são apomíticas.

O presente estudo aborda a biologia floral e o sistema reprodutivo de *Genipa americana* L. (Rubiaceae), como um primeiro passo na análise do processo de reprodução. Trata-se de importante espécie arbórea que ocupa a faixa marginal de matas ciliares ao longo de rios

do interior do estado de São Paulo.

A expectativa é oferecer subsídios a estudos teóricos na área de conservação genética e fornecer elementos a projetos de manejo e revegetação de espaços desprotegidos de sua cobertura original.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos dez anos o conhecimento das matas ciliares tem sido prestigiado pela comunidade científica e obtido o apoio da iniciativa particular. No entanto, visto tratar-se de um ecossistema extremamente complexo, os estudos envolvendo as matas ciliares apresentam grandes lacunas (KAGEYAMA & CASTRO, 1990).

A cronologia dos trabalhos divulgados a partir de 1980 mostra a grande variedade nos aspectos buscados pelas pesquisas nessa área.

Sem contar os trabalhos descritivos que a caracterizam em obras de referência, *Genipa americana* L. (Rubiaceae) é relacionada como espécie de mata ciliar e aparece também em listagens que abordam a ocupação florística ou os aspectos silviculturais que orientam a indicação de espécies para fins de recomposição florestal.

Árvore nativa no Brasil, produz madeira de primeira qualidade, compacta, muito elástica e flexível, empregada em construção civil e naval, em tançaria, na fabricação de móveis de luxo, em obras de torno e marchetaria (BRAGA, 1976).

O sumo dos frutos verdes, passado no corpo e sobre os utensílios de madeira, foi muito usado pelos brasilíndios na obtenção de material de tom negro brilhante, como verniz (HOEHNE, 1949). Os frutos maduros, utilizados no preparo de licores e compotas (RIZZINI & MORS, 1976), apresentam propriedades medicinais (PEREIRA, 1919). As folhas são forrageiras e os animais podem ser arraçoados com frutos verdes e maduros (O ESTADO DE SÃO PAULO, 1991).

Com um desenvolvimento considerado

excelente, a frutificação inicia-se a partir do 5º ano de idade (XAVIER & XAVIER, 1976). Dentre as espécies florestais, o rápido crescimento, a perfeita adaptação aos diversos tipos de solo, a resistência e a durabilidade situam-na em vantagem se comparada com muitas das essências indígenas.

Árvore ereta na mata, mas ramificada quando cresce isoladamente, atinge até 15 m de altura e 90 cm de diâmetro, produzindo madeira com alburno cor marfim e cerne pardacento, cujas características tecnológicas permitem seja substituída do "freijó" (MELLO, 1971), e considerada superior aos *Eucalyptus* spp para várias utilizações (XAVIER & XAVIER, 1976).

HALLÉ *et al.* (1978) fazendo a análise arquitetural de árvores de florestas tropicais, incluíram *G. americana* na lista taxonômica de exemplos do modelo de Fagerlind. A arquitetura desse modelo é determinada pelo crescimento monopodial, ortótopo e episódico do tronco, que produz camadas de ramos modulares, cada ramo simpodial e plagiótopo por aposição, com filotaxia espiral.

Juntamente com *Genipa caruto*, *Genipa americana* é referida em outro grupo de estudos considerados fundamentais, as publicações estrangeiras de autores que estabeleceram as bases teóricas na área de biologia da reprodução. Tais trabalhos destacam-se pela abrangência das relações que oferecem à compreensão do peculiar sistema biológico representados pelos trópicos.

Em estudo realizado por JANZEN (1967), na América Central, a respeito de sincronismo na reprodução sexuada de espécies arbóreas, o autor associou em uma tabela observações sobre a cor das flores e principais visitantes e sobre a cor do fruto e prováveis agentes dispersores. Nessa tabela *G. caruto* constou como apresentando flores amarelas, frutos de cor cinza-azulada, tendo como agentes dispersores, além da gravidade, os pássaros. Não aparecem referências a prováveis polinizadores.

BAWA (1974) ao estudar os sistemas de cruzamento de espécies arbóreas em uma comunidade tropical semidecídua, registrou as pro-

porções relativas dos sistemas de autocompatibilidade, autoincompatibilidade, dioicidia e monoicidia.

As espécies dióicas, entre elas *G. caruto*, representam 22% da comunidade e têm, segundo o autor, fecundação cruzada obrigatória.

FRANKIE *et al.* (1974) também realizaram estudos fenológicos na Costa Rica, comparando árvores em florestas tropicais secas e úmidas. Para esses autores, na floresta seca flores de *G. caruto* atraem abelhas.

BAWA & OPLER (1975) realizaram estudo de dioicismo em árvores da floresta tropical, comparando-o com outros, realizados em florestas temperadas, a fim de estabelecer o seu significado adaptativo. Coletando dados em uma floresta semidecídua na Costa Rica, realizaram o levantamento intensivo das espécies com os objetivos de estabelecer a importância do dioicismo em florestas tropicais e obter informação sobre vários aspectos da biologia floral. Quanto à importância relativa das espécies dióicas, alertaram para a dificuldade em determinar sua verdadeira frequência numa dada flora, uma vez que, na maioria dos casos, as flores têm tanto estruturas femininas como masculinas, embora apenas um conjunto seja funcional. Além disso, os indivíduos têm, ocasionalmente, flores bissexuais ou flores do sexo oposto presentes em pequena quantidade. Segundo os autores, a menos que a viabilidade de pólen e óvulos e a frequência relativa de flores com diferente expressão sexual sejam também examinadas, as conclusões a respeito de sexualidade poderiam ser errôneas. Com base na observação da biologia floral e estabelecimento de fruto em indivíduos marcados, estimaram em 22% as espécies dióicas na floresta estudada, proporção similar aos resultados obtidos por outros autores. A predominância foi de espécies hermafroditas, enquanto em florestas temperadas os resultados mostraram predominância de espécies monóicas. Considerados indivíduos e não espécies, a proporção de dioicismo em certos blocos de observação chegou a 31%. Em contraste, a frequência de espécies dióicas em floresta temperada é geralmente mais baixa. Na floresta tropical, quando se contrastou espécies arbóreas, arbustos, herbáceas,

lianas e trepadeiras, foram encontradas espécies dióicas em 11% dos arbustos. Na pesquisa de BAWA & OPLER (1975), somente três famílias, entre elas Rubiaceae, apresentaram gêneros arbóreos e herbáceos, tendo o dioicismo se manifestado apenas nas espécies arbóreas.

Quanto aos dados gerais de biologia de polinização das espécies dióicas, BAWA & OPLER apresentaram informações sobre a morfologia floral, proporção de flores estaminadas/pistiladas, recompensas florais, polinizadores e fenologia.

Com relação ao tamanho e cor, a maioria das flores dióicas mostraram-se pequenas (menores ou iguais a 1 cm) e a cor variou de branco a amarelo ou verde pálido. Na comparação geral entre flores dióicas e hermafroditas as primeiras geralmente têm flores menores, com exceção das rubiáceas *G. caruto* e *Randia subcordata* que, mesmo sendo dióicas, têm flores bastante grandes. A essa discrepância se acrescentou a diferença de tamanho entre as flores masculinas e femininas dentro das espécies, sendo as femininas maiores para acomodar o volume do ovário e os grandes nectários. O inverso foi encontrado nas florestas temperadas, o que talvez reflita diferenças na biologia de polinização de espécies temperadas e tropicais, favorecendo a anemofilia ou a polinização zooófila. No que diz respeito à proporção de flores estaminadas/pistiladas, na floresta tropical estudada tanto os fatores número de flores por inflorescência, número de inflorescências por planta, como a proporção de plantas com flores estaminadas ou pistiladas (razão sexual) contribuem para a caracterização de um excesso de flores estaminadas sobre as pistiladas.

Somente flores estaminadas oferecem pólen para o potencial de visitantes florais. Flores masculinas e femininas oferecem o néctar, mas as femininas geralmente produzem uma quantidade significativamente maior de néctar por flor. Quanto aos polinizadores, a maioria se compõe de insetos pequenos e não especializados que se confundem com as pequenas flores. São exceções os beija-flores, as mariposas e as grandes abelhas

que, por sua vez, visitam flores grandes como as de *G. caruto* e *R. subcordata*. Dos pequenos visitantes muitos são forrageiros, como as abelhas *Trigona* sp e *Melipona* sp, que forrageiam a, no máximo, 200 metros de seus ninhos, promovendo polinização entre árvores masculinas e femininas pouco distantes entre si. Presentes o ano todo, são, no caso das espécies dióicas, polinizadores altamente prováveis.

Com base nesses resultados, os autores estabeleceram hipóteses sobre os prováveis caminhos evolutivos do hermafroditismo à dioícia: a eficiência de polinização nas espécies dióicas; as relações entre o número de sementes produzidas e o dioicismo; e as vantagens quanto aos custos energéticos para as espécies dióicas, na exploração mais eficiente do habitat.

Com referência específica a *G. caruto*, segundo os autores o dioicismo surgiu, aparentemente, de um sistema de cruzamento heteromórfico autoincompatível, tendo evoluído de um sistema de cruzamento caracterizado por hermafroditismo e autoincompatibilidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, a ecologia da polinização de *Genipa americana* é caracterizada em termos de:

3.1 Morfologia e Eventos Florais

A descrição da morfologia das flores e a observação do desenvolvimento seqüencial dos eventos florais foram realizadas no campo, utilizando-se material vivo, centrado-se as observações em 5 indivíduos adultos e, no laboratório, com material fixado em solução de formaldeído a 4%. Dissecaram-se, sob lupa, os ovários de 30 flores, 6 de cada indivíduo em observação, dos quais os óvulos foram individualizados e contados. Através da determinação do horário da antese, modificações estruturais e duração das flores, foi possível caracterizar a cronologia dos eventos. Os estudos foram realizados durante todo o período

CRESTANA, C. de S. M. Ecologia da polinização de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.

de florescimento, em 4 anos seguidos.

O acesso às flores tornou-se possível por meio da instalação de 5 torres com plataforma, uma delas constituída de módulos metálicos, as demais construídas em madeira rústica de eucalipto, com alturas entre 9 e 16 metros.

Ramos com botões florais, flores, frutos e sementes nos diversos estádios de desenvolvimento e maturação foram coletados.

A identificação da espécie foi feita com base na literatura disponível e a comparação com exsicatas dos herbário pertencentes ao Instituto de Biociências, Câmpus Universitário de Rio Claro. Os exemplares das coletas estão depositados no Instituto de Biociências de Rio Claro - UNESP - HRCB 11.769 e HRCB 11.770.

3.2 Estudos de Polinização

3.2.1 Mudanças funcionais e atrativos florais

A partir do conhecimento das alterações estruturais na antese e do seu horário, procedeu-se à marcação de flores com etiquetas e ao acompanhamento das mudanças funcionais até a senescência floral.

a) Receptividade do estigma

A receptividade do estigma foi observada, em intervalos regulares, pela deposição de gotas de Sudan IV, bem como de água oxigenada 20 v na superfície estigmática (ZEISLER, 1938).

b) Viabilidade dos grãos-de-pólen

A viabilidade dos grãos-de-pólen foi testada pelo método de RADFORD *et al.* (1974) usando carmim acético a 1,2%.

Após contagem dos grãos-de-pólen corados e não corados estimou-se a viabilidade, em termos percentuais.

c) Volume, Concentração e Composição do néctar

O volume de néctar produzido por flor foi medido em seringa hipodérmica comum de 1 ml. A concentração de açúcar foi medida com o auxílio de refratômetro de luz manual e da reação em papel indicador de glicose (SAZIMA, comunicação pessoal). O teste em papel indicador foi realizado pela introdução direta da fita na base da corola.

A composição do néctar foi analisada pela técnica cromatográfica de FONSECA & ARZOLLA (1965), usando fenol amônia e água como solventes e anilina difenilamina como revelador.

As amostras foram coletadas em 10 flores previamente ensacadas, de 5 indivíduos.

Examinou-se ainda a estrutura do tecido nectarífero através da realização de cortes, seguidos da aplicação de testes histoquímicos para identificação dos constituintes celulares mais importantes: reação de Fehling para açúcares redutores, testes com Sudan IV para óleo(s) e testes com Lugol para detecção de amido.

d) Natureza dos pigmentos da corola

A natureza dos pigmentos que conferem cor às pétalas foi determinada pela reação destas quando em contato com o vapor de hidróxido de amônia a 24%, em frasco fechado, e interpretada conforme tabela de cores (KORNERUP & WANSCHER, 1963).

e) Ocorrência de osmóforos

A ocorrência de osmóforos nas flores foi verificada por meio da imersão das mesmas em solução de Vermelho Neutro 1:1000 e, a seguir, lavadas em água corrente (VOGEL apud ARRUDA & SAZIMA, 1988).

f) Padrões contrastantes de absorção e reflexão dos raios ultravioleta

Os locais de reflexão e absorção de

raios ultravioleta foram verificados aspergindo-se gotículas de solução F_2Cl_3 a 1% sobre a superfície floral (VOGEL, 1983).

3.2.2. Estudos dos visitantes florais

As observações do comportamento, modo e frequência dos visitantes se iniciaram nas primeiras horas da manhã e se estenderam, ininterruptamente, até o entardecer, sendo repetidas em 3 floradas. Em uma delas procedeu-se ao registro combinado das mudanças florais com as características e o comportamento dos visitantes.

Para relacionar a biologia floral de *G. americana* com o seu ambiente natural, em um dos dias da antese procedeu-se ao registro periódico de temperatura e umidade relativa do ar no interior da copa, por meio de termômetro de bulbo de mercúrio e higrômetro de campo, com medidas tomadas a cada hora.

Cada coleta de insetos teve a duração de 15 minutos, situados no meio do intervalo, em cada hora de observação. Exemplos de todos os visitantes foram capturados em rede entomológica, mortos em câmara fria e identificados. Todas as observações referentes às flores e visitantes coletados foram desenvolvidas com auxílio de lupa estereoscópica de campo. Procurou-se complementar as observações com fotografias.

3.2.3. Determinação do sistema de reprodução

Com o objetivo de se conhecer o sistema de reprodução, foram aplicados diferentes tratamentos à época em que a espécie apresentava sua máxima floração. Para isso utilizaram-se flores de 5 indivíduos adultos, 3 femininos e 2 masculinos, em 4 tratamentos, tendo sido manipuladas 25 inflorescências em cada tratamento.

a) Proteção sob ensacamento

Contados os botões florais em pré-antese, isolaram-se 25 inflorescências em sacos de tecido não tramado, a fim de se verificar a ocorrência de sistema sexuado (autofertilização) e/ou

de sistema assexuado (apomixia) na espécie.

b) Polinização entre flores de plantas diferentes (Alogamia)

Tendo-se, no dia anterior, protegido com sacos as inflorescências com botões em pré-antese, procedeu-se à polinização manual utilizando-se flores semi-abertas. As flores receptoras de pólen alógamo foram emasculadas e novamente protegidas a fim de se verificar o desenvolvimento ou não de frutos. Este tratamento foi realizado em 24 flores.

c) Emasculação

Botões florais de 25 inflorescências em pré-antese foram contados, emasculados e isolados em sacos apropriados a fim de se verificar a formação ou não de frutos apomíticos.

d) Controle

Contados os botões florais e marcadas 25 inflorescências, acompanhou-se o desenvolvimento do processo natural, para se constatar a formação ou não de frutos.

Para verificação do sistema de reprodução, utilizaram-se sacos de tecido não tramado, de 30 cm x 10 cm, dotados de visor transparente, e arames de diferentes cores, com etiquetas para anotações.

4 RESULTADOS

4.1 Ecologia da Polinização

4.1.1 Morfologia

a) Flor pistilada

A inflorescência de *G. americana* é um dicásio reduzido (FIGURA 1A). Botões com prefloração imbricada, pedúnculo glabro de cor verde clara. Flores do tipo aberto, com diâmetro

médio de 65 mm, actinomorfas, terminais, solitárias, raramente 2 e excepcionalmente 3 por ramo, cretas ou ligeiramente inclinadas, regularmente distribuídas na copa. Cálice bojudo, com cerca de 18 mm de diâmetro, esverdeado, levemente velutino, com 4-5 lobos pequenos, de tamanho e forma irregulares. Corola com tubo curto, 5 pétalas iguais, com cerca de 30 mm de comprimento, imbricadas, oblongas, bilabiadas, brancas para creme, de superfície velutina. Em cada pétala, junto à fauce, observa-se uma área de textura diferenciada, coberta de pêlos amarelos cada vez mais longos, entrelaçados e voltados para cima à medida que adentram o tubo, constituindo uma rede de pêlos brancos, longos e brilhantes, que o fecham parcialmente. Na pétala, essa área corresponde a uma cor creme mais forte e, na aparência geral da flor aberta, tem a forma aproximada de uma estrela. Androceu composto de 5 estames inseridos na fauce da corola, alternadamente às pétalas; anteras sub-sésseis, dorsifixas, retorcidas, desprovidas de pólen. Gineceu completo, com ovário ínfero, bilocular, com muitos óvulos (até 600) anátropos; estilete alongado, da altura do tubo da corola, estreito na base e encimado por uma estrutura estigmática bi ou trifaciada longa, concrecente, levemente achatada, com cerca de 19mm, conata até o segundo terço e divergente no terço superior, de superfície úmida e provida de papilas brilhantes, com 5 a 6 carenas na face externa.

Revestindo a base do cálice e ao redor do estilete, observa-se um anel nectarífero de cor amarela brilhante, compartimentado em 5 placas, cada uma composta de escamas, formando um tecido secretor epitelial de espessura ligeiramente superior à das pétalas (FIGURA 2).

b) Flor estaminada

A inflorescência é um dicásio bem desenvolvido (FIGURA 1B), que forma frequentemente ramos com um botão na base e duas, três, até quatro címulas pentafloras, num total de 11, 16, até 21 botões florais por inflorescência, regularmente distribuídas na copa e geralmente incli-

nadas. Botões com prefloração imbricada, pedúnculo glabro de cor verde clara. Flores de tipo aberto, com diâmetro médio de 53 mm, actinomorfas. Cálice tubuloso, cilíndrico, com cerca de 10 mm de diâmetro, esverdeado, levemente velutino, com 4-5 lobos pequenos, de tamanho e forma irregulares.

Corola com tubo curto, 5 pétalas iguais com cerca de 25 mm de comprimento, imbricadas, oblongas, bilabiadas, brancas para creme, de superfície velutina. Em cada pétala, junto à fauce, observa-se uma área de textura diferenciada, coberta de pêlos amarelos cada vez mais longos, entrelaçados e voltados para cima à medida que adentram o tubo, constituindo uma rede de pêlos brancos, longos e brilhantes, que o fecham parcialmente. Na pétalas essa área corresponde a uma cor creme mais forte e que, na aparência geral da flor aberta tem a forma aproximada de uma estrela. Androceu completo, composto de 5 estames inseridos na fauce da corola, alternadamente às pétalas; anteras sub-sésseis, dorsifixas, com 10 mm de comprimento, providas de pólen pegajoso. Na flor fechada os estames se dipõem encostados ao longo da face externa dos estigmas, mas não chegam a tocar o seu ápice. Gineceu com ovário ínfero, bilocular, com menor número de óvulos e atrofiados; o estilete é alongado, da altura do tubo da corola, estreito na base e encimado por uma estrutura estigmática longa, retorcida, com cerca de 12 mm, relativamente úmida, conata, ligeiramente divergente no ápice. Revestindo a base do cálice e ao redor do estilete observa-se um anel nectarífero de cor amarela brilhante, compartimentado em 5 placas, cada uma composta de escamas, formando um tecido secretor epitelial de espessura ligeiramente superior à das pétalas (FIGURA 3).

4.1.2 Eventos florais

4.1.2.1 *Genipa americana* L.

A antese apresenta características diferentes para as flores pistiladas e estaminadas; sua duração, diferentemente da maioria das espécies arbóreas tropicais, não é efêmera.

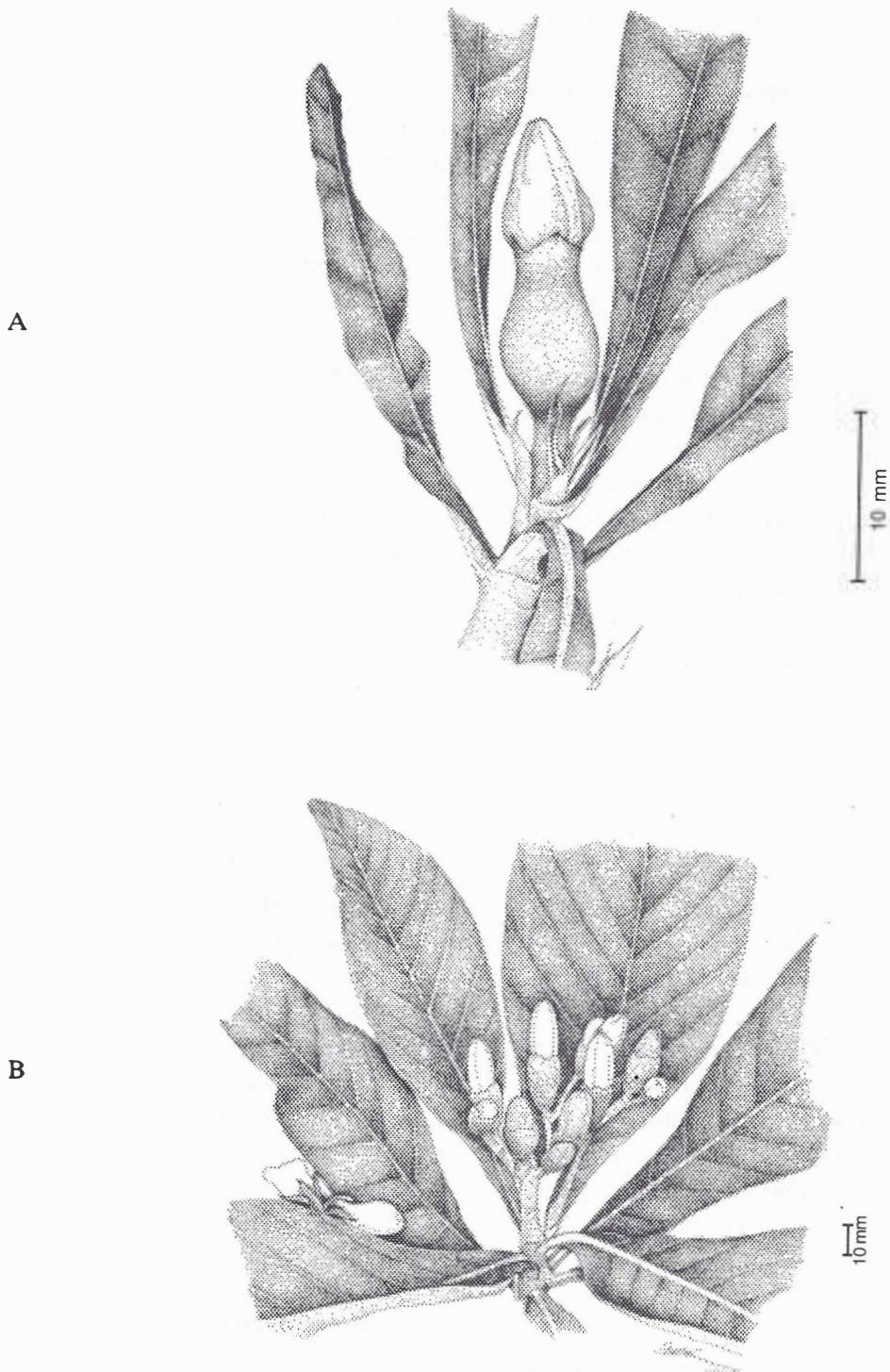


FIGURA 1 - *Genipa americana* L.
A. Inflorescência feminina.
B. Inflorescência masculina.

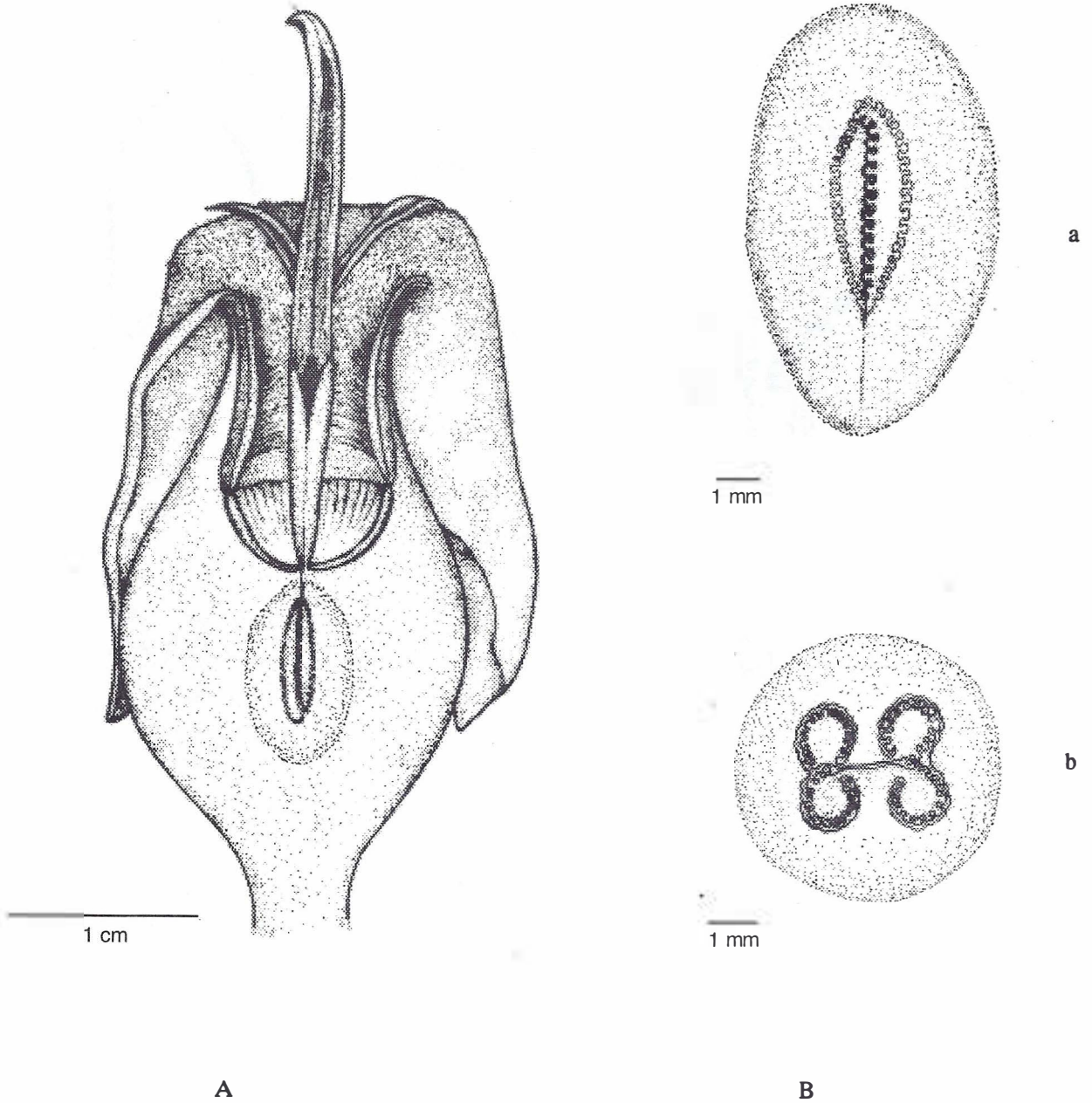


FIGURA 2 - Morfologia da flor pistilada de *G. americana* L.
 A. Aspecto geral da flor, em secção longitudinal.
 B. Ovário. a - Secção longitudinal.
 b - Secção transversal.

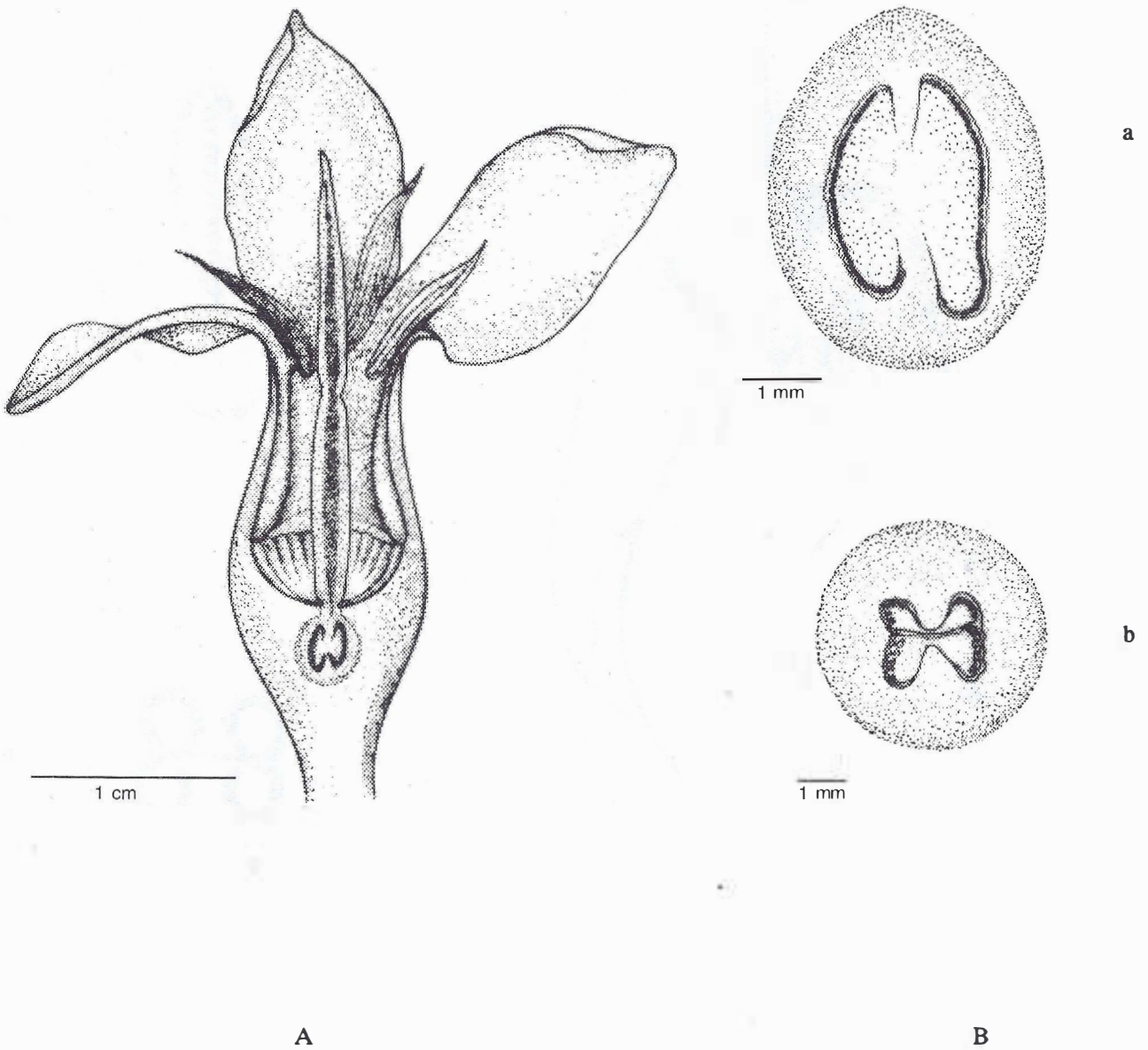


FIGURA 3 - Morfologia da flor estaminada de *G. americana* L.
 . A. Aspecto geral da flor, em secção longitudinal.
 B. Ovário. a - Secção longitudinal.
 b - Secção transversal.

a) Flores pistiladas

A antese é diurna, com o maior número de flores iniciando a abertura por volta 10:00 h, ainda que algumas iniciem a antese até, no

máximo, às 17:00 h.

A FIGURA 4 mostra o desenvolvimento seqüencial dos eventos florais, que são descritos a seguir:

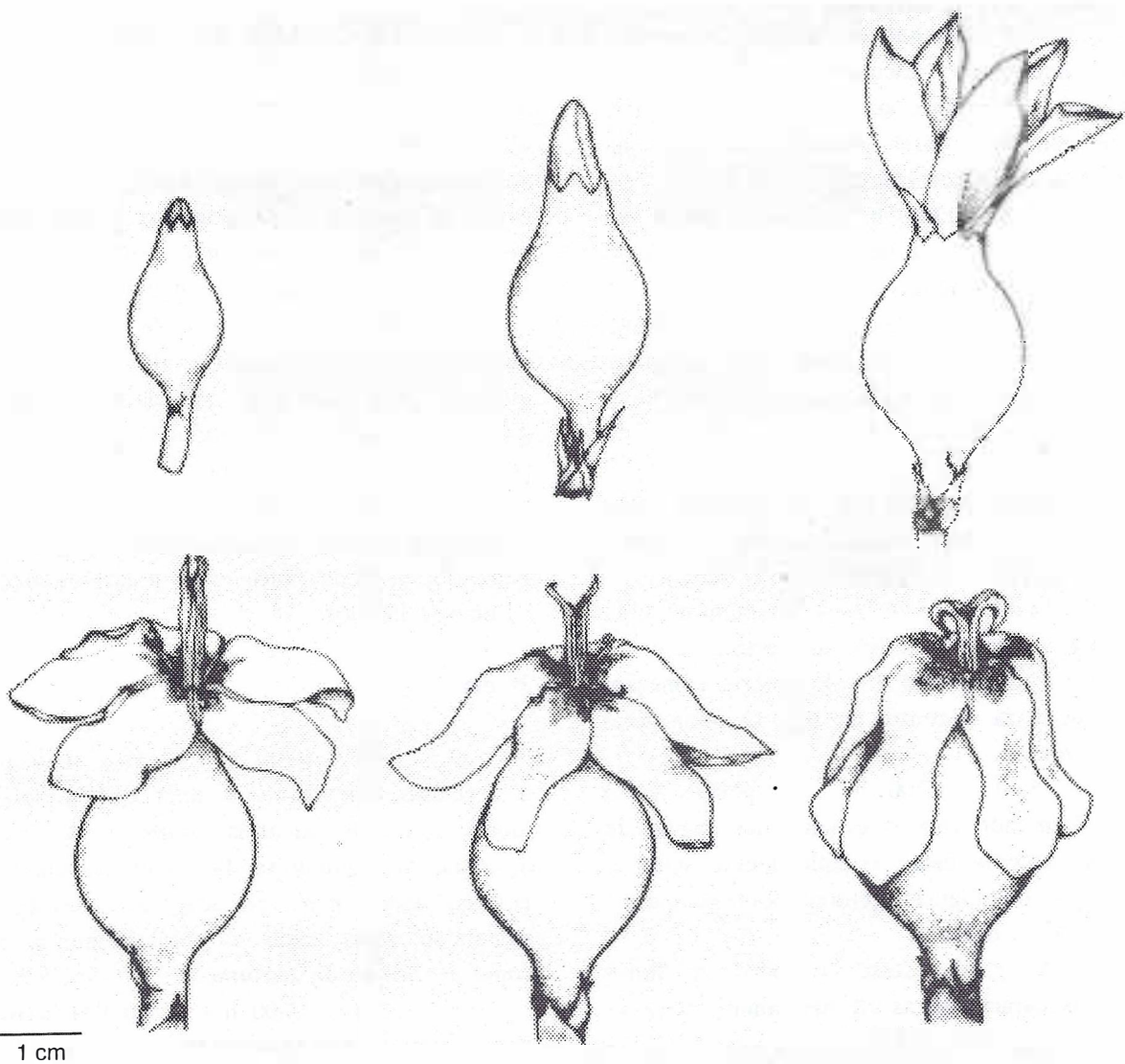


FIGURA 4 - Desenvolvimento seqüencial da antese em flores pistiladas de *G. americana* L., no período de 6 dias.

1º dia

8:30 - 10:00 h - Os botões florais em pré-antese não mostram qualquer sinal de abertura.

10:00 - 11:00 h - Estando as pétalas frouxamente imbricadas, tem início a sua movimentação no sentido anti-horário. Sua cor geral é pérola, amarela na área mais pilosa. Acompanhando o movimento das pétalas, os estames vão se afastando do estigma; as anteras já se encontram escurecidas. A estrutura estigmática, sem brilho, acha-se aberta no quarto superior. Notam-se raras gotículas de néctar na superfície do anel nectarífero.

11:00 - 12:00 h - A antese segue seu ritmo e no final deste período as pétalas apresentam-se expandidas a 90°.

12:00 - 13:00 h - As anteras, movimentando-se paralelamente aos estigmas, estão distanciadas aproximadamente 0,5 cm deles e encontram-se secas. Inicia-se a emissão de odor.

13:00 - 14:00 h - As anteras estão torcidas. A estrutura estigmática mostra ligeiro brilho na face interna. Intensifica-se o odor.

14:00 - 15:00 h - Mantém-se uma pequena e contínua produção de néctar.

15:00 - 16:00 h - As anteras começam a curvar-se para o centro da flor. O odor floral continua intenso.

16:00 - 17:00 h - As pétalas estão abertas, formando com o estigma um ângulo de 90°. As anteras estão completamente secas e quebradiças, o estigma ligeiramente brilhante. O odor das flores diminui.

A partir desse período as flores mantêm as características até aproximadamente às 18:00 h.

2º dia

8:00 - 9:00 h - As pétalas, abertas em ângulo reto, apresentam cor creme, amarela na região mais pilosa. O estigma continua aberto na porção superior. O odor floral é suave.

9:00 - 10:00 h - A movimentação das pétalas reinicia lentamente, bem como a produção de néctar.

10:00 - 11:00 h - As pétalas, com os ápices ligeiramente torcidos, formam com o cálice um ângulo de 45°. O odor vai se tornando mais perceptível.

11:00 - 12:00 h - As anteras, secas, alternadas às pétalas, acompanham o movimento destas. As flores exalam intenso perfume.

12:00 - 13:00 h - Toda a coloração das flores tende a evoluir para tonalidades mais fortes. O néctar é produzido continuamente, e algumas gotículas são visíveis na superfície do anel nectarífero. A estrutura estigmática está bem evidente, elevada, contrapondo-se ao movimento descendente das pétalas; não está propriamente brilhante, mas sua superfície mantém-se pegajosa.

13:00 - 15:00 h - As flores parecem guardar características semelhantes às do período anterior, com diferença apenas na inclinação gradual das pétalas. A produção de néctar e o perfume floral não se alteram.

16:00 - 17:00 h - A estrutura estigmática encontra-se amarelada e pegajosa. Os pêlos do início da fauce estão amarelos, marrons os do seu interior.

3º dia

8:00 - 10:00 h - A área mais pilosa das pétalas, semelhante a uma estrela, tende a mudar da cor amarela ouro para marrom dourada, distinguindo-se da superfície maior das pétalas, agora mais amarela. A produção de néctar se inicia lenta e gradativamente, assim como a emissão de perfume.

13:00 - 14:00 h - A cor das estruturas florais evolui para tonalidades mais escuras e a percepção de odor aumenta com o aumento da temperatura. O néctar flui na mesma intensidade e ritmo que nas fases anteriores.

15:00 - 17:00 h - As pétalas estão rebatidas, mas túrgidas. Observa-se o início de escurecimento na face não receptiva do estigma, começando pela base.

CRESTANA, C. de S. M. Ecologia da polinização de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.

4º dia

8:00 - 10:00 h - Flores amarelas, perfumadas. Há um ligeiro aumento na produção de néctar. A superfície receptiva do estigma, embora não brilhe, distingue-se da região não papilosa, pelo aspecto úmido.

13:00 - 14:00 h - Um intenso perfume emana das flores. A estrutura formada pelo estigma encontra-se aberta a partir do ápice, até à metade de sua extensão.

15:00 - 16:00 h - Até o final deste período, as características morfológicas e os eventos florais permanecem inalterados.

5º e 6º dias

A coloração geral das estruturas florais evidencia a tendência para tonalidades mais escuras. As pétalas, ainda rebaixadas, estão firmes e túrgidas. A estrutura estigmática, mais esmaecida em toda a extensão da superfície receptiva, continua úmida.

O perfume exalado pelas flores é mais

discreto e o néctar flui lenta e continuamente, como nos primeiros dias da abertura floral.

7º dia

As pétalas estão intensamente amarelas e flácidas. O perfume das flores é tênue e o néctar é produzido em pequena quantidade. Com essa idade algumas flores se desprendem inteiras, logo abaixo do ovário, porém, a grande maioria permanece nos ramos, secando nos próximos dias, sem desligar-se do ápice dos frutinhas por um longo período.

b) Flores estaminadas

A antese é diurna, com o maior volume das flores iniciando a abertura por volta de 8:30 h. Um número cada vez menor de flores, entretanto, vai iniciando a antese até, no máximo, às 15:00 h.

A FIGURA 5 mostra o desenvolvimento seqüencial dos eventos florais, que são descritos a seguir:

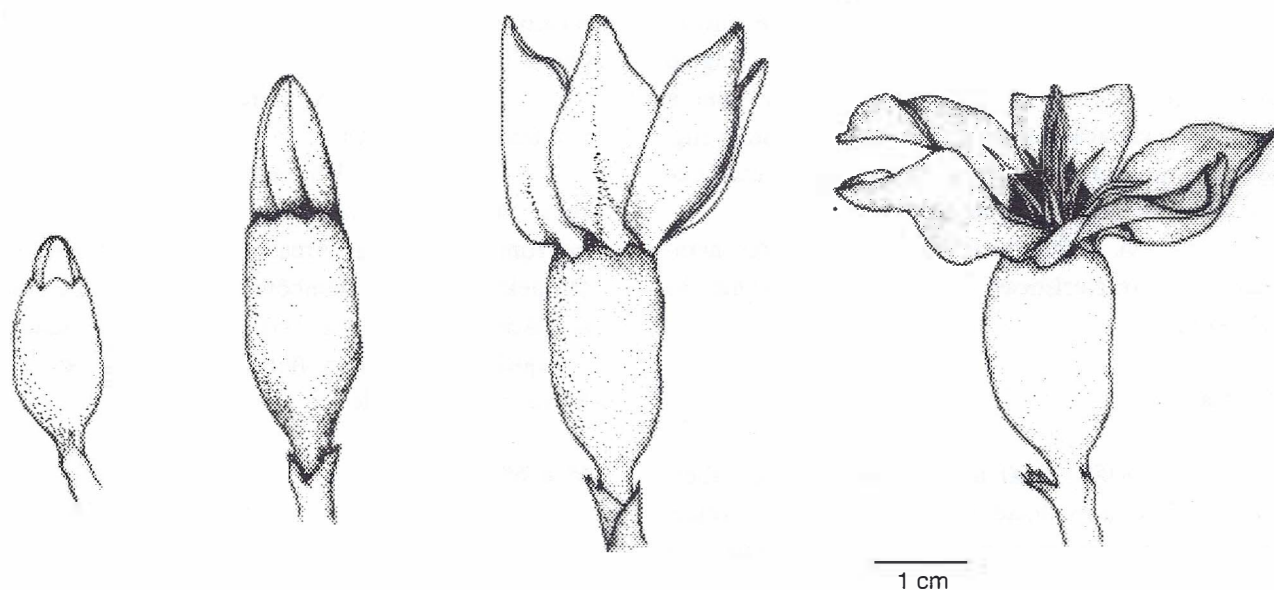


FIGURA 5 - Desenvolvimento seqüencial da antese em flores estaminadas de *G. americana* L., no período de 6 dias.

8:00 - 9:00 h - Estando as pétalas frouxamente imbricadas, tem início a sua movimentação no sentido anti-horário. A cor geral é pérola brilhante, amarela na área mais pilosa. No final deste período as pétalas apresentam aproximadamente 45° de abertura.

9:00 - 10:00 h - Tem início a emissão de odor, que coincide com o início da produção de néctar. Acompanhando o movimento das pétalas os estames vão se afastando da face externa do estigma, ao longo do qual as anteras deiscidas deixam aderido quase todo o pólen. A estrutura estigmática está pegajosa.

10:00 - 11:00 h - As flores estão praticamente expandidas em ângulo de 90° e as anteras, quase encostadas nas pétalas. O odor se intensifica com a elevação da temperatura. Os pêlos entrelaçados do tubo da corola se apresentam voltados para cima.

12:00 - 13:00 h - As anteras estão quase sem pólen, senescentes. O néctar continua a ser produzido.

13:00 - 14:00 h - Não se observa nenhuma alteração.

14:00 - 15:00 h - A percepção de odor é diminuída. Diminui também a produção de néctar.

15:00 - 16:00 h - As pétalas se encontram projetadas para baixo, formando ângulo maior que 90°. As anteras estão secas e com a mesma inclinação das pétalas. A estrutura estigmática apresenta-se viscosa, com o ápice escurecido. O odor floral está menos ativo.

A partir deste horário, as flores mantêm as características até aproximadamente às 18:00 h.

2º dia

8:00 - 9:00 h - As pétalas estão abertas a 120°, aproximadamente. Sua cor é creme, marrom na área mais pilosa. O odor é suave e a produção de néctar é pequena. O estigma apresenta-se pegajoso.

9:00 - 10:00 h - As pétalas estão abertas a aproximadamente 130°, apresentando

coloração geral amarela. A percepção de odor torna-se mais distinta, como também aumenta a produção de néctar.

10:00 - 12:00 h - As pétalas estão abertas a 150° aproximadamente e a coloração das flores vai evoluindo para tons mais escuros.

12:00 - 13:00 h - Há pouco néctar aderido à face externa do estigma; os grãos-de-pólen remanescentes limitam-se à base do estigma.

13:00 - 14:00 h - As pétalas estão abertas a 170° e, embora firmes, começam a enrolar as bordas a partir do ápice. O estigma apresenta-se pegajoso e menos brilhante. O odor continua ativo, com uma contínua produção de néctar.

A partir deste horário a flores permanecem com as mesmas características até o final da tarde.

3º dia

As pétalas estão abertas a 180°. Sua cor é gradativamente acentuada, assim como a turgescência é diminuída gradativamente, com o conseqüente e progressivo enrolamento das bordas. O estigma está menos pegajoso e mais escurecido. O odor é intenso, com uma contínua produção de néctar.

11:00 h - As flores apresentam-se cada vez mais senescentes.

8:00 h - Há uma senescência generalizada. As flores estão com as pétalas amarelas, marrom escuras nas áreas de intensa pilosidade. Os pelos da fauce, também marrons, apresentam-se flácidos. O estigma está escuro, sem qualquer pegajosidade. O odor floral é fraco e pouco o néctar remanescente.

5º e 6º dias

As corolas, com pétalas que não chegam a murchar, desprendem-se dos cálices e caem. Em dias seguintes os cálices desprendem-se dos pedúnculos e também sofrem abscisão.

4.1.2.2 Polinização

4.1.2.2.1 Mudanças funcionais e atrativos florais

a) Receptividade de estigma

Flores pistiladas submetidas a testes com Sudan IV, do primeiro ao sexto dias de antese, sempre por volta das 14:00 h, mostraram reação positiva, mais evidente no terceiro e quarto dias, menos no quinto e sexto. O contato com o material corou, clara e uniformemente, toda a superfície interna da estrutura estigmática, destacando as papilas, pela tonalidade mais forte.

Flores estaminadas não reagiram aos testes.

Para ambos os tipos de flor, o emprego da água oxigenada não se revelou eficiente.

b) Viabilidade dos grãos-de-pólen

Os resultados do teste de viabilidade, obtidos pela técnica do carmim acético a 1,2% mostraram que 73,84% dos grãos-de-pólen são viáveis.

Quando foram extraídos das anteras para a realização do teste, observou-se, também, que muitos grãos-de-pólen já se apresentavam nos estádios iniciais de germinação.

c) Volume, Concentração e Composição do néctar

Tanto as flores pistiladas como as estaminadas produzem néctar diária e continuamente durante a antese, em quantidades difíceis de serem coletadas e mensuradas quando as flores estão expostas. Flores pistiladas e estaminadas ensacadas e protegidas dos visitantes durante cinco dias acumularam, em média, um volume de 0,10 e 0,05 ml por flor, respectivamente.

A concentração de açúcares no néctar, medida através de papel indicador de glicose, variou de 0,25% a 0,50% do primeiro ao quinto dia, e de 0,25%, 0,50%, 0,50%, 0,50% e 0,50%, respectivamente, em cada um dos cinco dias, nas

flores pistiladas. Este índice foi de 0,25% no terceiro e quarto dias nas flores estaminadas.

A concentração de açúcares medida pelo refratômetro, sempre por volta das 14:00 h, em flores estaminadas, foi de 22%, 27%, 18%, e 15% no primeiro, segundo, terceiro e quarto dias de antese, respectivamente. Para as flores pistiladas, a análise realizada no quarto dia mostrou uma concentração de 11,5%.

A análise do néctar acumulado de flores pistiladas, protegidas por sacos durante cinco dias, indicou uma concentração de 25% e 14,5%, respectivamente, pelos métodos do papel indicador e do refratômetro. Para as flores estaminadas esses índices foram 25% e 21,5%, respectivamente.

A análise de açúcares no néctar, realizada pela comparação com padrões, mostrou a presença de glicose e frutose em flores estaminadas e pistiladas. Em ambas a glicose ocorreu em maior quantidade.

Testes aplicados sobre o tecido nectarífero de *G. americana* revelaram a presença de açúcares redutores e a ocorrência de drusas (como cristais de oxalato de cálcio) bem distribuídas em toda a estrutura.

Observou-se ainda a presença de óleo, bem como ficaram evidenciadas as células cutinizadas da epiderme (a cutina também é um ácido graxo). Ocorre também amido, em grande quantidade, em todo o tecido e na epiderme.

d) Pigmentos da corola

Flores pistiladas e estaminadas, novas e inteiras, colocadas sob o efeito de hidróxido de amônia, tiveram o tom branco-perolado das pétalas alterado para amarelo forte, principalmente nos ápices, que aos poucos foi se expandindo para as suas bordas, indicando que o principal pigmento presente nas flores é o flavonol.

e) Osmóforos

Embora as flores de *G. americana* apresentem perfume muito ativo na antese, a so-

lução de Vermelho Neutro aplicada às flores não revelou a ocorrência de osmóforos nas pétalas. Essa constatação levou a proceder-se cortes em pétalas de ambos os tipos de flores que, tratadas pelo Sudan IV, mostraram pronta reação, revelando ali a presença de óleo(s), provavelmente volátil(eis).

f) Padrões contrastantes de absorção e reflexão dos raios ultravioleta

A reação do tecido floral ao cloreto de ferro foi positiva e uniforme para toda superfície das flores.

4.1.2.3. Estudo dos visitantes florais

Existe uma grande diversidade de visitantes em flores de *G. americana*; sua frequência e comportamento variam durante a florada e durante a antese que, por sua vez, varia em conformidade com as alterações de clima.

Pólen e néctar são as principais recompensas oferecidas em árvores masculinas, enquanto nas femininas apenas o néctar é apresentado como alimento. Maior diversidade e quantidade de visitantes ocorrem em árvores masculinas.

Os visitantes mais frequentes na espécie pertencem à ordem Hymenoptera e estão representados, em escala decrescente de frequência, por abelhas pequenas, vespas e abelhas grandes em flores estaminadas. Nas flores pistiladas foram mais frequentes as abelhas grandes e raras abelhas pequenas, ficando evidente que os visitantes comuns a ambos os tipos de flores são as abelhas grandes.

4.1.2.3.1. Visitantes florais e polinizadores de *G. americana*. Frequência de visitas

A TABELA 1 relaciona as espécies de visitantes observadas e as frequências de visitas às flores femininas e masculinas, registradas em termos de frequências consideradas raras, comuns e muito comuns.

4.1.2.3.2. Comportamento dos visitantes

- Hymenoptera

a) *Bombus morio*

Conhecida como mamangava, é uma abelha social grande, de cor preta brilhante, com até 20mm de comprimento corporal e 8mm de probóscide. Em árvores masculinas (FIGURA 6A), ao aproximar-se das inflorescências as mamangavas menores geralmente pousam no estigma, de cabeça para baixo, em flor aberta no dia e, com o corpo esticado, descem por ele, buscando o néctar na base do cálice. Nesse processo contactam toda a extensão do corpo (cabeça, tórax e abdome) com o pólen ali remanescente após o afastamento das anteras.

Mamangavas maiores, em vôos longos, aproximando-se de uma flor caem, lateralmente, sobre suas pétalas, buscando, igualmente, o néctar no fundo do cálice floral. Nesses dois casos, os insetos acumulam o pólen principalmente em toda a faixa ventral do corpo e pernas posteriores.

Em árvores femininas (FIGURA 6B), as mamangavas pequenas e as maiores têm um comportamento parecido com o verificado nas flores masculinas, restando algumas particularidades. Ao aproximar-se da flor, fazem da superfície das pétalas sua plataforma de pouso, agarrando-se nela, principalmente com as pernas anteriores, ficando as de trás praticamente soltas no ar à medida que flexionam o corpo para dentro e para baixo, à procura de néctar. A esse tipo de comportamento, muitas vezes seguiu-se uma variação em que a abelha, provavelmente não encontrando recompensa acessível a partir do ponto em que pousara, movimentava-se em torno do estigma, mantendo o corpo vergado e a cabeça introduzida no centro da flor, movimentando principalmente as pernas trazeiras, ao mesmo tempo que a região da cabeça roçava, em círculo, toda a superfície do estigma.

Durante outras visitas após flexionarem o corpo para realizar a coleta, as mamangavas erguiam completamente as pernas posteriores,

CRESTANA, C. de S. M. Ecologia da polinização de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.

esfregando-as uma na outra ou contra o próprio abdome, parecendo querer livrar-se da massa de grãos-de-pólen aderida nessas regiões. Essa massa pegajosa foi muitas vezes observada prendendo as

antenas junto à cabeça, sem que sua presença, neste caso, parecesse interferir na continuidade da coleta.

TABELA 1 - Visitantes e polinizadores de *G. americana* L. e frequências em que foram observados (x = rara; xx = comum; xxx = muito comum) em flores femininas e masculinas.

INDIVÍDUOS	FLORES	
	femininas	masculinas
Classe Insecta		
Ordem Hymenoptera		
Família Apidae		
<i>Bombus morio</i> (Swederus, 1787)	xxx	xx
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	x	xxx
<i>Trigona truculenta</i> Almeida, 1984		xxx
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)		x
Família Anthophoridae		
<i>Epicharis rustica flava</i> Friese, 1900	xxx	xx
Família Halictidae		
<i>Augochlora</i> sp		x
Família Vespidae		
<i>Polybia jurinei</i> de Saussure, 1854		xx
<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille, 1824)		xx
<i>Polybia (Cylindroeca) dimidiata</i> (Olivier, 1791)		x
<i>Polistes (Epicnemius) subsericius</i> de Saussure, 1854		x
Ordem Lepidoptera		
Família Hesperíidae		
<i>Eudamus simplicius</i>		x
Família Amatidae		
<i>Cosmossoma</i> sp		x
Ordem Diptera		
Família Tachinidae		
Espécie 1		x
Família Sarcophagidae		
Espécie 2		x
Ordem Coleoptera		
Família Cantharidae		
<i>Chauliognatus falax</i> Germar, 1824		xx
Família Scarabaeidae		
<i>Macroductylus nigricornis</i> Moser, 1919		xx
<i>Macroductylus pumilio</i> Burm.		x
Família Curculionidae		
<i>Pantomorus optatus</i> (Herbst, 1797)		x
<i>Naupactusti</i> sp		x
Família Coccinellidae		
<i>Epilachna</i> sp		x
Aves		
Ordem Apodiformes		
Família Throchilidae		
<i>Amazilia lactea</i> (Lesson, 1832)		xx
<i>Chlorostilbon aureoventris</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1838)		xx

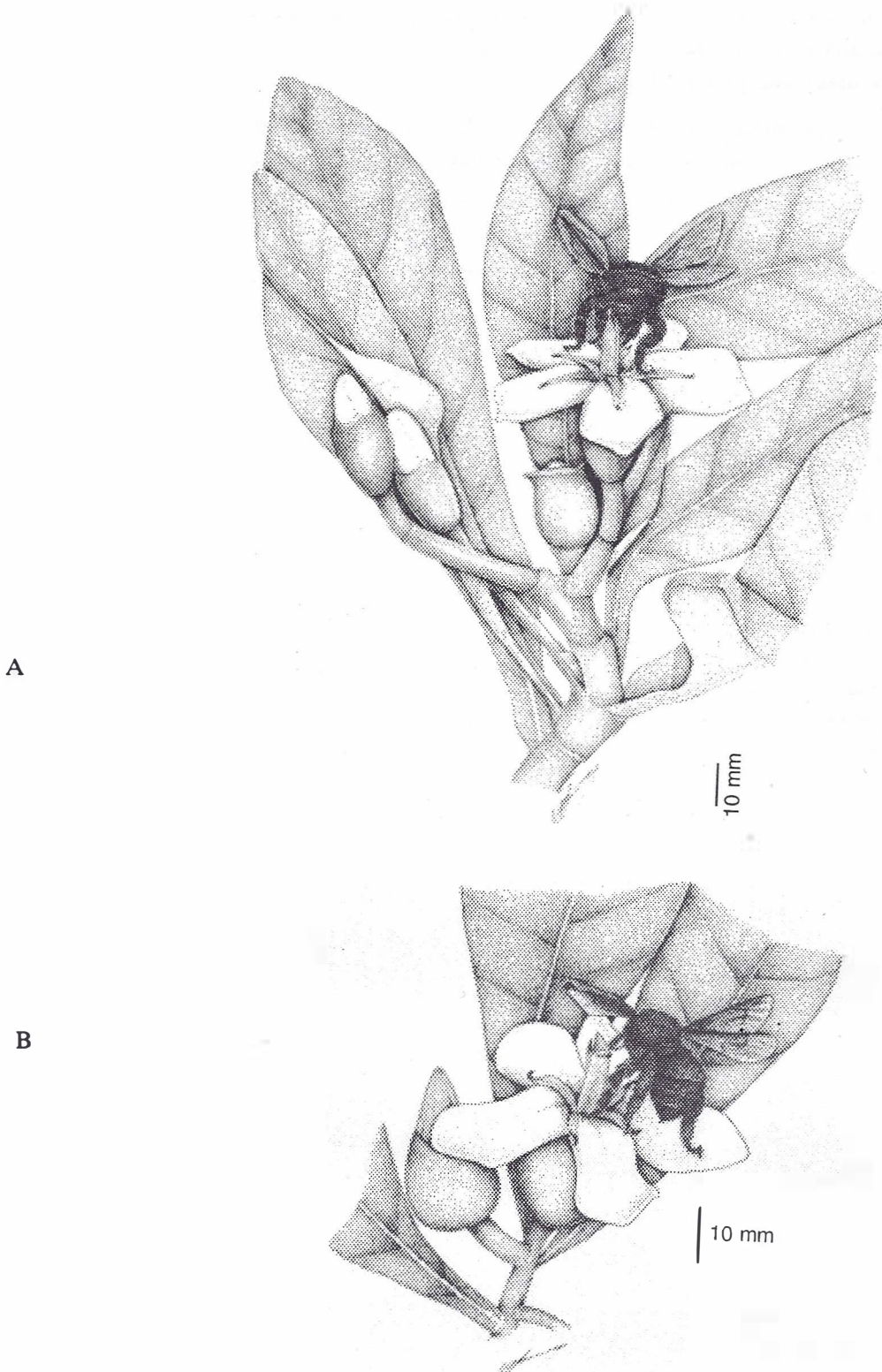


FIGURA 6 - Polinizadores de *Genipa americana* L.
A. *Bombus morio* em flor masculina.
B. *Bombus morio* em flor feminina.

Da observação pôde-se perceber que a recompensa buscada foi, sempre, o néctar.

No geral, a seqüência de pouso na flor não obedece a escolha das mais próximas entre si; o tempo de permanência na mesma flor varia de 8 a 22 segundos, quando então a abelha voa para pousar numa outra inflorescência, na mesma árvore, em outra flor de outra árvore ou, ainda, abandona as flores, voando para fora da mata.

b) *Epicharis rustica flava*

É uma abelha solitária grande, ou mangava, de cor preta, com até 16 mm de comprimento corporal e 8mm de probóscide. Visitando as flores de árvores masculinas e femininas, coletam néctar e seu comportamento nas flores e o modo como o pólen adere ao seu corpo são muito parecidos com o verificado em *B. morio*.

c) *Apis mellifera*

São abelhas sociais, de cor clara e corpo piloso, medindo até 12mm de comprimento e 4 mm de probóscide, providas de corbícula.

A. mellifera é muito freqüente em flores estaminadas (FIGURA 7A) e, durante todo o período de florescimento, aparece em grande número. Pousando diretamente nas pétalas, inclina o corpo em direção à base do cálice na tentativa de atingir o nectário e, com isso, invariavelmente esfrega a região da cabeça compreendida entre as antenas, contra a face externa do estigma, que acumula linhas de pólen remanescentes da deiscência e afastamento das anteras. Assim, em *A. mellifera* o pólen é encontrado em massa aderido quase exclusivamente na cabeça e em pequenas quantidades no abdome e pernas, ainda que seja o néctar a recompensa procurada.

A ocorrência comum de *A. mellifera* coletando o néctar restante dos cálices de flores desprovidas das corolas, neles introduzindo todo o corpo, parece indicar que nem sempre as abelhas conseguem se alimentar em flores novas, em virtude da profundidade do nectário em relação ao

comprimento da probóscide.

A. mellifera pode ser observada, ainda, procurando o néctar em flores com mais de 2 ou 3 dias de antese, desprovidas já de pólen.

Pousando em uma flor, anda sobre as pétalas e, executando pequenos vôos de flor em flor, permanece muito tempo na mesma inflorescência, na qual examina praticamente todas as flores abertas, demorando-se um tempo variável em cada flor, o que deve depender de ter esta ou não, ou em que volume, a recompensa procurada.

Em flores pistiladas, no entanto, *A. mellifera* raramente foi observada, podendo-se, mesmo, considerá-la ausente. Nessas flores, as corolas se mantêm presas aos cálices, de modo que o nectário é de difícil acesso se comparado ao tamanho reduzido da abelha.

Ao longo do período de florescimento, nota-se a seguinte mudança no comportamento de *A. mellifera*: no início, visitas freqüentes somente às flores masculinas, algumas vistas às flores femininas logo que estas se abrem e, em seguida, o retorno às flores masculinas, onde a obtenção do néctar é menos difícil e mais garantida.

d) *Trigona truculenta*

São abelhas sociais, de cor escura, desprovidas de ferrão e providas de corbícula, que têm até 8mm de comprimento corporal e 2 mm de probóscide.

T. truculenta visita exclusivamente as flores estaminadas, apresentando-se em grupos de forrageamento que realizam coletas entre 9:00 h e 10:00 h.

Buscando o pólen, introduzem todo o corpo nas flores ainda não completamente abertas. A coleta é realizada diretamente nas anteras e em grande parte na superfície do estigma, onde muito pólen está aderido, movimentando a cabeça de baixo para cima, raspando com a mandíbula aquelas estruturas. O pólen é armazenado principalmente nas corbículas, em massa, e pôde ser observado também esparsamente localizado na face ventral do abdome e base das asas.

T. truculenta é encontrada somente em flores cuja abertura se deu no dia da coleta, tendo presença diária, em horário mais ou menos definido e durante todo o período de florescimento; seu comportamento, contudo, é o característico dos insetos pilhadores de pólen.

e) *Augochlora* sp

São abelhas sem ferrão, de coloração geral verde metálica, que medem até 8mm de comprimento. Sua presença se restringe ao período da manhã e às flores novas, estaminadas. Pairando em frente ao estigma, aproximam-se dele e pousam para coletar o pólen na sua face externa, que pôde ser observado aderido ao tórax, abdome e pernas posteriores do inseto. Têm o comportamento típico dos pilhadores de pólen.

f) *Tetragonisca angustula*

São abelhas desprovidas de ferrão, de coloração clara e que medem até 5 mm de comprimento. Sua baixa frequência, restrita às flores estaminadas e ao período da manhã, bem como aspectos do seu comportamento, aproximam-nas das Halictidae, atuando nas flores como pilhadores de pólen.

g) Vespas sociais

O grupo foi representado por 4 espécies, presentes apenas em flores estaminadas de um ou mais dias de antese, bem como nos cálices desprovidos de corolas, em que se observou a coleta de néctar. Suas visitas são longas, com poucos indivíduos por vez e, de certo modo, limitadas ao período da manhã. Um pouco mais presentes foram *Polybia jurinei* e *Brachygastra lecheguana*, enquanto *Polybia dimidiata* e *Polistes subsericius* apresentaram-se como visitantes ocasionais ao longo do dia e com baixa frequência. O comportamento geral verificado foi típico de insetos pilhadores de néctar.

- Lepidoptera

Durante todo o período de floresci-

mento, diferentes espécies de borboletas frequentam as flores estaminadas de *G. americana*, em visitas ocasionais ao longo dos dias, para realizar coleta de néctar.

a) *Cosmossoma* sp (FIGURA 7B)

São borboletas de cor parda e aproximadamente 25mm de envergadura. Pousando nas pétalas de flores com um ou mais dias de antese, introduzem cerca de 2/3 de espirotromba no cálice floral, com o que parecem explorar toda a superfície do nectário.

b) *Eudamus simplicius*

São borboletas de cor cinza e aproximadamente 40mm de envergadura, muito rápidas. Pousando nas pétalas de flores novas e senescentes, asas fechadas, buscam o néctar que se encontra em gotículas esparsas na superfície do nectário. Durante a ingestão movimentam a porção terminal do abdome à medida que se alimentam, permanecendo pouquíssimo tempo em uma árvore.

- Diptera

Alguns Diptera, sobretudo moscas das famílias Tachinidae, Tabanidae, Syrphidae e Sarcophagidae, foram observados visitando rapidamente as flores estaminadas de *G. americana*. A observação do seu comportamento, no entanto, identifica-os como insetos pilhadores de néctar, que não estabelecem qualquer relação com o transporte de pólen e a polinização.

- Coleoptera

Em flores estaminadas, a ordem Coleoptera esteve representada pelas famílias Cantharidae, Scarabaeidae, Curculionidae e Coccinellidae, com predominância de *Chauliognathus falax* (FIGURA 7C) e *Macroductylus nigricornis* que se estabelecem em grande número, principalmente na região central de flores senescentes, buscando o néctar.

CRESTANA, C. de S. M. Ecologia da polinização de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.

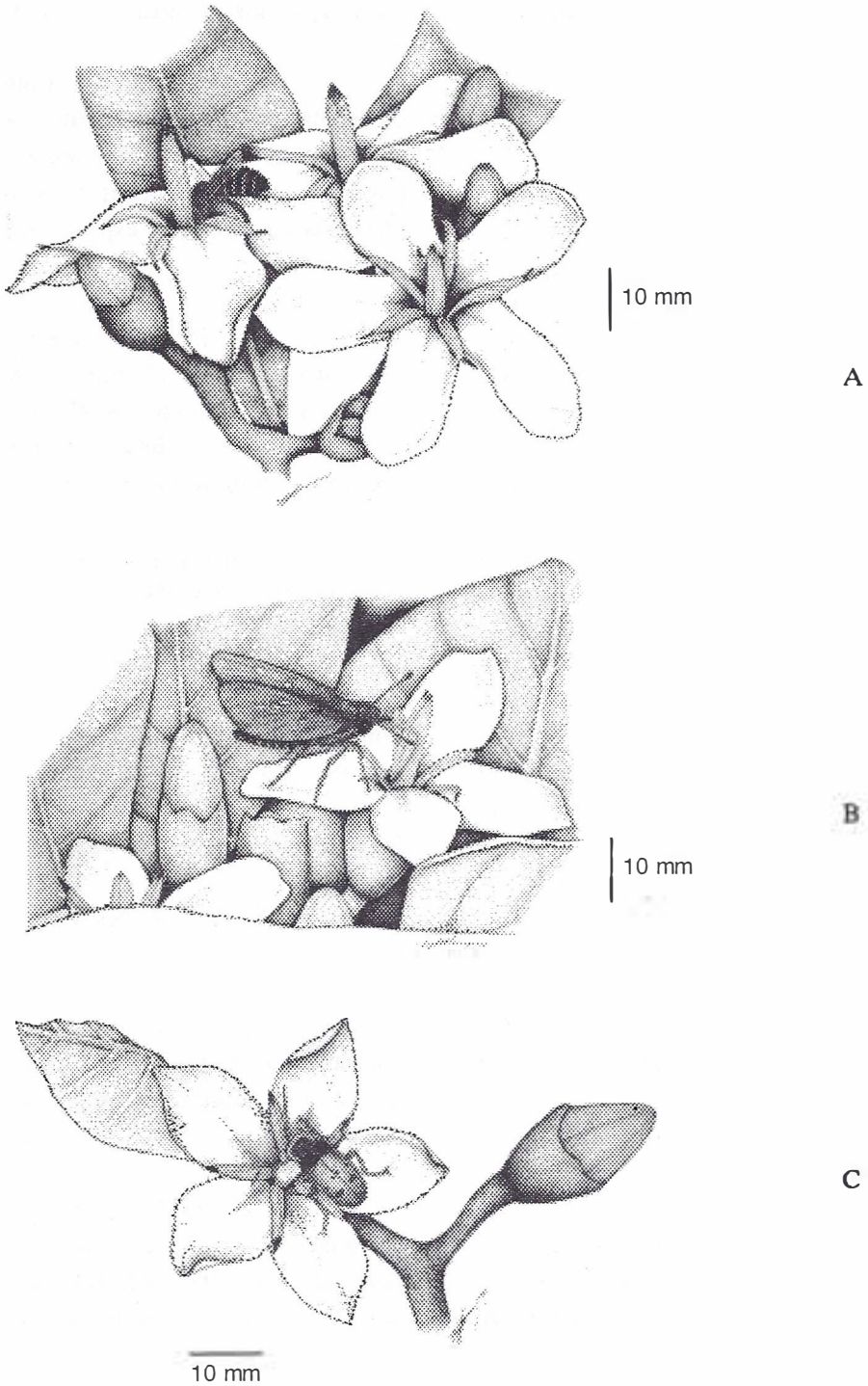


FIGURA 7 - Visitantes de flores masculinas de *Genipa americana* L.

- A. *Apis mellifera*
- B. *Cosmossoma* sp
- C. *Chauliognathus falax*

Não se observou nenhum besouro coletando pólen, tampouco comendo partes da flor, podendo-se definir o seu modo de atuação como típico dos pilhadores de néctar.

- Apodiformes

Os beija-flores *Chlorostilbom aurcoventris* e *Amazilia lactea* são frequentes em árvores com flores estaminadas, durante toda a floração. No início da manhã começam a se aproximar, pousando primeiramente nos ramos, sem efetuar visitas às flores. Por volta de 10:00 h, ambas as espécies podem ser vistas retirando o néctar das flores novas e velhas, realizando coletas regulares até, por volta das 17:00 h.

Ainda que essas duas espécies efetuem suas coletas ao mesmo tempo, não foi raro observá-las mostrando comportamento agressivo, ora chocando-se repentinamente no ar, ora *A. lactea* tentando afugentar *C. aurcoventris*, voando no seu encaço.

Enquanto *A. lactea* chega a visitar 7 flores seguidas por inflorescência *C. aurcoventris* visita, no máximo, 4 flores de um mesmo conjunto, porém o tempo médio de permanência em uma flor é, para ambos, 3 segundos. Esse intervalo de tempo e o modo como contatam as flores parecem permitir a aderência de pólen na frente e base do bico, contudo não se observou uma única visita desses pássaros às flores pistiladas.

4.1.2.4 Sistema de reprodução

A TABELA 2 permite comparar os resultados de polinização obtidos após os diferentes tratamentos, para determinação do sistema reprodutivo.

Os resultados, por tratamento, mostram que:

- Quando protegidas sob ensacamento, as flores femininas frutificaram em 40 ou 60% dos casos, enquanto as masculinas mostraram

100% de não frutificação. Do isolamento pode-se inferir, portanto, aproximadamente 50% de frutificação por apomixia e/ou por autopolinização.

- As polinizações resultaram em 100% de frutificação, invariavelmente, para qualquer das combinações entre indivíduos masculinos e femininos. Do cruzamento pode-se inferir a eficiência da alogamia experimental em 100% dos casos.

Flores masculinas quando emasculadas não resultaram em frutificação; flores femininas frutificaram em 40 ou 60% dos casos. A emasculação estima, portanto, em 50% a apomixia, ratificando os resultados obtidos sob ensacamento, o que ao mesmo tempo esclarece sobre a participação da autogamia, cuja possibilidade fica descartada.

- A polinização livre diferenciou o comportamento reprodutivo dos dois tipos de flores: 100% de frutificação para as femininas e 0% de frutificação para as masculinas. O grupo de controle dá a medida da formação de frutos sob condições naturais para a espécie.

As observações sobre a frutificação de *G. americana* permitem considerar:

- A não funcionalidade da flor masculina, que não produz frutos, seja quando deixada ao natural, submetida à emasculação ou sob ensacamento.

- A fertilidade da flor feminina, que deixada em condições naturais ou manipulada, responde com 100% de frutificação. A frutificação se restringe de alguma forma quando se interfere no processo natural de polinização (ensacamento da flor ou emasculação).

Em vista dos resultados, pode-se afirmar a existência de superposição de sistemas, na seguinte medida: apomixia de, no máximo, 50% e alogamia de, no mínimo, 50% para a espécie.

CRESTANA, C. de S. M. Ecologia da polinização de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.

TABELA 2 - Resultados das polinizações em flores de *Genipa americana* L.

Tratamento	Sexo	Indivíduos	Número de inflorescências	Número de flores	Frutificação	Não frutificação
Proteção sob ensacamento	F	A	5	5	2 (40%)	3 (60%)
		B	5	5	3 (60%)	2 (40%)
		C	5	5	3 (60%)	2 (40%)
	M	D	5	5	0 (0%)	5 (100%)
		E	5	5	0 (0%)	5 (100%)
Cruzamentos entre plantas diferentes		A x D		4	4 (100%)	0 (0%)
		A x E		4	4 (100%)	0 (0%)
		B x D		4	4 (100%)	0 (0%)
		B x E		4	4 (100%)	0 (0%)
		C x D		4	4 (100%)	0 (0%)
		C x E		4	4 (100%)	0 (0%)
Emasculação	F	A	5	5	3 (60%)	2 (40%)
		B	5	5	2 (40%)	3 (60%)
		C	5	5	3 (60%)	2 (40%)
	M	D	5	57	0 (0%)	57 (100%)
		E	5	60	0 (0%)	60 (100%)
Controle	F	A	5	6	6 (100%)	0 (0%)
		B	5	6	6 (100%)	0 (0%)
		C	5	5	5 (100%)	0 (0%)
	M	D	5	52	0 (0%)	52 (100%)
		E	5	62	0 (0%)	62 (100%)

5 DISCUSSÃO

Os resultados dos estudos da biologia floral de *G. americana* podem ser comparados com os registros de FRANKIE *et al.* (1983) sobre polinização realizada por abelhas grandes. Segundo os autores, espécies vegetais que mostram adaptação à polinização por abelhas grandes têm as seguintes características florais: flores diurnas, relativamente grandes e geralmente coloridas e que duram usualmente 1 dia. A maioria é hermafrodita e muitas são zigomorfas. Entre as espécies produtoras de néctar a média de concentração de açúcares é no mínimo 24%. As flores atraem um grande número de espécies apícolas, especialmente abelhas grandes, durante o período em que pólen e néctar estão disponíveis. Abelhas grandes fazem contato regular com as anteras e estigmas das flores e, em alguns casos, somente essas abelhas são capazes de remover o bem protegido pólen e néctar, por causa do seu grande tamanho e comportamento apropriado. Abelhas grandes são conhecidas por se movimentarem entre árvores (FRANKIE *et al.*, 1976) e esse comportamento é importante desde que muitas espécies polinizadas por elas são auto-incompatíveis (BAWA, 1974). Outros tipos de visitantes, incluindo abelhas pequenas, são bem menos efetivos na coleta e transporte de pólen para outras flores. Tais visitantes usualmente ocorrem em menor número ou são menores e não eficientes em abrir as flores para fazer contato com as anteras e estigmas (JONES & LITTLE, 1983).

Segundo JONES & LITTLE (1983), *G. americana* estudada na Costa Rica, diferencia-se como espécie dióica, com flores brancas para creme, produtoras de néctar, discretamente perfumadas (a flor masculina) ou sem perfume (a flor feminina), com antese antecipada da flor masculina (por volta das 6:15 h e entre 7:00 e 8:00 h na flor feminina), com aberturas rápidas e sincrônicas e duração de um dia. *G. americana* mostrou-se funcionalmente dióica (BAWA & OPLER, 1975), com flores actinomorfas de 5,3 a 6,3 cm de diâmetro,

brancas, para creme, para amarelas (JANZEN, 1967), fornecedoras de néctar com 24% de concentração (BAWA & OPLER, op.cit.) e pólen (a flor masculina), ambas perfumadas, com antese diurna, antecipada na flor masculina, com abertura rápida na flor masculina e lenta na feminina, funcionais durante 5 a 6 dias nas masculinas e 6 a 7 dias nas femininas.

Estes resultados confirmaram e ampliaram os registros feitos por FRANKIE *et al.* (1983) quanto ao sistema de polinização, por BAWA & OPLER (1975) quanto ao sistema reprodutivo e concentração de açúcares no néctar e por JANZEN (1967) quanto à descrição da flor.

Grande número de visitantes, entre os quais vespas, borboletas, besouros e beija-flores, além de abelhas, são atraídos e dentre estes, confirmando os dados de FRANKIE *et al.* (1983), os polinizadores efetivos são abelhas grandes, as mamangavas *Bombus morio* e *Epicharis rustica flava*, dadas as suas frequências e movimentação nas árvores masculinas e femininas e entre árvores.

Em contraposição, os resultados obtidos por SILBERBAUER-GOTTSBERGER & GOTTSBERGER (1975) com duas espécies de Rubiaceae do cerrado, *Tocoyena brasiliensis* e *T. formosa*, evidenciaram a ocorrência de antese noturna associada à polinização por esfingídeos.

Espécies arbóreas, estudadas por FRANKIE & HABER (1983), na Costa Rica, também mostraram diferenças temporais na produção de recursos entre flores estaminadas e pistiladas. Segundo os autores o não sincronismo do fluxo de néctar entre flores de sexos diferentes nos vários picos de produção facilita o movimento de polinizadores entre indivíduos masculinos e femininos. O processo se inicia com a oferta de pólen e néctar pela árvore masculina. Após remover o néctar dessas flores, os polinizadores se movimentam para as árvores femininas, carregando consigo o pólen. Os autores citam resultados semelhantes obtidos por APPANAH (1981) em floresta da Malásia, com uma espécie que combinava dioicida e hermafroditismo.

No caso de *G. americana*, observou-se, igualmente, que há antecipação na oferta de pólen e néctar em cerca de uma hora, com movimento dos polinizadores entre indivíduos masculinos e femininos. O exame do pólen mostrou que, muitas vezes, ao ser removido das anteras, o mesmo já se encontra principiando a germinação. Como no estudo realizado na Malásia, o comportamento reprodutivo da espécie implica na superposição de alogamia e apomixia.

Estudos de BAWA & OPLER (1975) sobre a importância relativa de espécies dióicas em floresta tropicais e temperadas confirmam certas características de *G. americana*: espécie dióica, com flores grandes, sendo a feminina maior que a masculina, para abrigar o volume do ovário e o grande nectário. Também como ocorre com outras espécies dióicas tropicais, o número de flores por inflorescência, o número de inflorescências por planta, a proporção de plantas com flores estaminadas sobre pistiladas (razão sexual) caracterizam, neste estudo, o excesso de flores masculinas sobre as femininas.

BAWA *et al.* (1985), estimando as proporções relativas de espécies hermafroditas, monóicas e dióicas em floresta da Costa Rica, situaram *G. americana* como dióica e componente do dossel florestal. Os autores chamam a atenção para a necessidade de se obter maiores informações sobre a extensão em que a espécie pratica um modo duplo de reprodução, ou seja, alogamia e apomixia.

Os dados obtidos neste trabalho, mostram que em *G. americana* ocorre o processo sexuado, através da alogamia, com participação de no mínimo 50% e o processo assexuado, pela apomixia, com no máximo, 50%.

KAUR *et al.* (1978 apud GIBBS, 1990) afirmam que a apomixia deve ser comum entre as espécies arbóreas tropicais. As observações feitas em *G. americana* confirmam a ocorrência do sistema apomítico na espécie.

BAWA & BEACH (1983) correlacionaram modos de polinização e os sistemas reprodutivos com a fenologia, analisando padrões de florescimento de plantas tropicais em termos de

horário, duração e frequência. Nas espécies dióicas as árvores masculinas apresentam antecipação do horário de antese, maior duração do período de floração e, em alguns casos, maior frequência de florescimento, em comparação com as femininas. Esses fenômenos combinados ao sincronismo ou assincronismo floral, são vistos como mecanismos para otimizar a eficiência da polinização.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram alcançar o objetivo proposto de caracterizar a ecologia da polinização de *G. americana*:

Dioícia - embora as flores sejam completas (perfeitas) definem-se como masculinas ou femininas pela não funcionalidade de uma das estruturas sexuais, caracterizando a dioícia na espécie.

Antese - é diurna, tanto para flores masculinas como para femininas. Inicia-se por volta de 8:30 h na flor masculina e 10:00 h na flor feminina, durando 5 a 6 dias para a flor masculina, com disponibilidade de pólen viável (73,84%) nos dois primeiros dias, e 6 a 7 dias para a flor feminina, com estigma receptivo principalmente no 3º e 4º dias.

As principais recompensas alimentares oferecidas pelas flores masculinas são o pólen e o néctar, este disponível diária e continuamente durante a antese. Na inflorescência, flores em diferentes estágios de antese atraem os visitantes pela cor, odor, néctar e pólen. A flor feminina atrai pela cor, odor e a recompensa oferecida é o néctar, disponível em maior volume e menor concentração de açúcares do que na masculina.

Visitantes e Polinizadores - os visitantes mais frequentes na espécie pertencem à ordem Hymenoptera representada, em escala decrescente de frequência, por abelhas pequenas, vespas e abelhas grandes, nas flores masculinas, e por abelhas grandes e raras abelhas pequenas em flores femininas. Ficou evidente que os visitantes comuns a ambos os tipos de flores são *Bombus morio* e *Epicharis rustica flava*. Na atividade de

CRESTANA, C. de S. M. Ecologia da polinização de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.

coleta do néctar acessível na superfície do anel nectarífero, contatam toda a extensão do corpo com os grãos-de-pólen disponíveis, acumulando-os na faixa ventral e pernas posteriores, e com o estigma. Seu comportamento de coleta, combinado à morfologia e funcionalidade das flores permite considerá-los polinizadores efetivos de *G. americana*.

Sistema de Reprodução - Os resultados de observação e de experimentação evidenciaram a superposição de sistemas na seguinte medida: alogamia, de no mínimo 50% e apomixia, de no máximo 50% para a espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPANAH, S. 1981. Pollination in Malaysian primary forest. *Malaysian Forest*, Longman, Kuala Lumpur, 44:33-42.
- ARRUDA, V. L. V. & SAZIMA, M. 1988. Polinização e reprodução de *Celtis iguanae* (Jacq.) Sarg. (Ulmaceae), uma espécie anemófila. *Rev. Bras. Bot.*, São Paulo, 11:113-122.
- BAWA, K. S. 1974. Breeding systems of trees species of a lowland tropical community. *Evolution*, Seattle, 28:85-92.
- _____. & BEACH, J. H. 1983. Self-incompatibility systems in the Rubiaceae of a tropical lowland wet forest. *Am. J. Bot.*, Oklahoma, 70(9):1281-1288.
- _____. & OPLER, P. A. 1975. Dioecism in tropical forest trees. *Evolution*, Seattle, 29:167-179.
- _____. *et al.* Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *Am. J. of Bot.*, Oklahoma, 72(3):346-356.
- BRAGA, R. 1976. *Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará*. 3ed. Fortaleza, Ed. Universitária/UNRN. 540 p.
- O ESTADO DE SÃO PAULO. 1991. Jenipapo faz bem até ao gado. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, (1842):11.
- FONSECA, H. & ARZOLLA, J. D. P. 1965. Cromatografia de açúcares. *Boletim Didático*, Piracicaba, (7):1-20.
- FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. & OPLER, P. A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowland of Costa Rica. *Journal of Ecology*, London, 62(3):881-919.
- _____. & HABER, W. A. 1983. Why bees move among mass-flowering neotropical trees. In: JONES, C. E. & LITTLE, R. J. (ed.). *Handbook of experimental pollination biology*. New York, Van Nostrand Reinhold Co. p. 360-372.
- _____.; OPLER, P. A. & BAWA, K. S. 1976. Foraging behavior of solitary bees: implications for outcrossing of a neotropical forest tree species. *J. Ecol.*, London, 64:1049-1057.
- _____. *et al.* 1983. Characteristics and organization of the large bee pollination systems in the Costa Rican dry forest. In: JONES, C. E. & LITTLE, R. J. (ed.). *Handbook of experimental pollination biology*. New York, Van Nostrand Reinhold Co. p. 410-446.
- HALLÉ, F.; OLDEMAN, R. A. A. & TOMLINSON, P. B. 1978. *Tropical trees and forests: an architectural analysis*. New York, Springer-Verlag. 441p.
- HEYWOOD, V. H. 1970. *Taxonomia vegetal*. São Paulo, Nacional, USP. 108p. (Estudos de Biologia, v. 5)
- HOEHNE, F. C. 1949. *Frutas Indígenas*. São Paulo, Instituto de Botânica. 88p. (Publicação, 2)
- JANZEN, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution*, Seattle, 21(3):620-637.
- JONES, C. E. & LITTLE, R.J. (eds.) 1983. *Handbook of experimental pollination biology*. New York, Van Nostrand Reinhold Co. 558p.
- KAGEYAMA, P.Y. & CASTRO, C. F. A. 1990. Matas ciliares: pesquisas em desenvolvimento. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE

CRESTANA, C. de S. M. Ecologia da polinização de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.

- BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 8, Campinas-SP. Resumos.. p. 26.
- KAUR, A. *et al.* 1978. Apomixis may be widespread among trees of the climax forest. *Nature*, London, 271:440-442.
- KORNERUP, A. & WANSCHER, J. H. 1963. *Taschenlexikon der Farben*. Kopenhagen, Sadolin & Holmblad A/S.
- MELLO, E. C. 1971. Estudo dendrológico e determinação das características físicas e mecânicas do jenipapo - *Genipa americana* L. *Brasil Florestal*, Rio de Janeiro, 1(8):17-20.
- PEREIRA, H. 1919. *Apontamentos sobre madeiras do Estado de São Paulo*. 6ed. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Comércio e Obras Públicas. 160p.
- RADFORD, A. E. *et al.* 1974. *Vascular plant systematics*. New York, Harper & Row, New York Press. 263p.
- RIZZINI, C. T. & MORS, W. B. 1976. *Botânica econômica brasileira*. São Paulo, EDUSP/USP. 207p.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. & GOTTSBERGER, G. 1975. Über sphingophile angiospermen brasiliens. *Plant. Syst. Evol.*, London, 123:157-164.
- VOGEL, S. 1983. Ecophysiology of zoophilic pollination. In: LANGE, O. L. *et al.* (eds.). *Physiological plant ecology III*. Berlin, Springer-Verlag. p. 560-612.
- XAVIER, M. & XAVIER, A. T. T. N. 1976. Jenipapeiro: uma espécie indígena para reflorestar. *Cerrado*, Brasília, (34):20-23.
- ZEISLER, M. 1938. Über die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfliche mit Hilfe von Reaktionem. *Beih. Bot. Zbl.*, 58:308-18.