

PÓS



ECOLOGIA FLORAL DE DUAS ESPÉCIES INVASORAS DE
Ipomoea (CONVOLVULACEAE).

Adriana de Oliveira Fidalgo

Orientador: Prof. Dr. João Semir

Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato a
Adriana de Oliveira
Fidalgo
e aprovada pela Comissão Julgadora

03/05/97 João Semir

Dissertação apresentada ao
Instituto de Biologia,
Unicamp, como parte dos
requisitos para obtenção do
título de Mestre em Ecologia.

Campinas - 1997



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	11070402
	F448-e
V.	Es.
P.º BC/	31672
PREC.	281197
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	17/09/97
N.º CPD.	
CM 00100720-1	

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA - UNICAMP

Fidalgo, Adriana de Oliveira

F465c Ecologia floral de duas espécies invasoras de *Ipomoea*
(Convolvulaceae) / Adriana de Oliveira Fidalgo. -- Campinas, SP:[s.n.],
1997.

84f: illus.

Orientador: João Semir
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Biologia.

I. Polinização. 2. Convolvuláceas. 3. Erva daninha. I.Semir, João.
II. Universidade Estadual de Campinas.Instituto de Biologia. III. Título.

Campinas, 03 de junho de 1997.

BANCA EXAMINADORA:

TITULARES:

Prof. Dr. João Semir (Orientador)


Assinatura

Profa. Dra. Rita C. S. Maimoni-Rodella

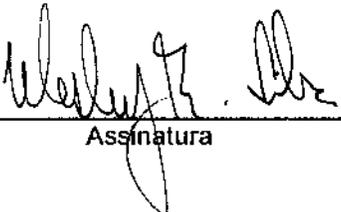

Assinatura

Prof. Dr. José Roberto Trigo

Assinatura

SUPLENTE:

Prof. Dr. Wesley Rodrigues Silva


Assinatura

Dedico este trabalho prá minha
mãe, pro meu pai e prá você.

AGRADECIMENTOS

Durante a realização não apenas desta tese mas de todo Mestrado o apoio de várias pessoas me permitiu chegar até aqui. À elas agradeço:

Ao Prof. Dr. João Semir, por ter sido meu orientador, por todo apoio que me deu nesta fase final e principalmente pela paciência que teve comigo.

Ao Prof. Dr. José Roberto Trigo, pela orientação com relação ao segundo capítulo, bem como pelas correções e sugestões na pré-banca.

À Profa. Dra. Rita C. S. Maimoni-Rodella que me apoiou durante todo Mestrado, fornecendo bibliografia, cartas de recomendação, participando da pré-banca e nunca deixando de ser minha professora.

Ao Prof. Wesley Rodrigues Silva, por suas sugestões e correções não só durante a pré-banca mas também durante minha qualificação.

Ao Prof. Dr. João F. M. Camargo e sua aluna Sílvia R. M. Pedro, pela identificação das abelhas, ao Prof. Dr. Keith S. Brown Jr. e ao Msc. André V. R. Freitas, pela identificação das borboletas, à Msc. Inara R. Leal, pela identificação das formigas e ao Prof. Dr. Arício X. Linhares pelo auxílio com os demais insetos e o abstract.

Ao Dr. José Maria e todos os funcionários da EMBRAPA de Jaguariúna, pelo apoio na realização dos bioensaios de consumo.

À todos os professores do curso de pós-graduação em Ecologia, em especial ao Prof. Dr. João Vasconcellos Neto e a Profa. Dra. Fosca P. P. Leite pelo constante apoio.

À todos os professores do curso de pós-graduação em Biologia Vegetal, pelo apoio e constante empréstimo de material bibliográfico.

À todos os funcionários do Departamento de Zoologia, em especial à Tó que sempre me ouviu e me deu bronca na hora certa.

À todos os funcionários do Departamento de Botânica, em especial à Iara, ao Joãozinho, à Lúcia e à Ana Lú.

Aos pesquisadores e funcionários do CPQBA, UNICAMP.

Aos funcionários da seção de graduação, Carlos, Alcino, Regina, Giane, Renzi, vocês foram demais!

À todos os alunos do curso de pós-graduação em Ecologia com quem fiz cursos, viajei, falei inglês, encarei a estatística, e também àqueles que me emprestaram suas casas...foram todos grandes colegas.

À todos os colegas do curso de pós-graduação em Biologia Vegetal, em especial à Marta e Rodrigo pelo auxílio com o abstract, ao Alan pela finalização das figuras `a nanquim, à Fernandinha por tantas coisas, à Dionete pelos dados sobre o campus e pelos papos e à Elcida por que me apoiou como colega, como amiga e muitas vezes como faria minha mãe.

Aos Doutores Carlos Eduardo de Oliveira e Washington Eduardo Perozin da Silva, sem os quais eu jamais teria chegado até aqui.

À Dra. Simone Donatini que me convidou à sua casa, aos seus pais, Amabile e Luís, que me receberam tão bem e a sua irmã Mônica por permitir que eu invadissem seu noivado.

Aos amigos de Sampa, em especial aos Souza que nunca me faltaram.

Aos amigos de Botucatu que me hospedaram sempre que preciso.

À CAPES, pelas bolsas de estudo que me concedeu até aqui.

À todos aqueles que dificultaram minha caminhada, aquele abraço.

Ao Senhor. Ele foi meu pastor, nada me faltou.

ÍNDICE

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
1 - INTRODUÇÃO.....	5
1.1 - Geral.....	5
1.2 - Objetivos.....	9
2 - CAPÍTULO I - Aspectos do sistema de reprodução morfologia e biologia florais de <i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet. e de <i>Ipomoea carnea</i> ssp. <i>fistulosa</i> (Martius ex Choisy) Austin (Convolvulaceae).....	10
2.1 - INTRODUÇÃO.....	10
2.2 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
2.2.1 - Local de Estudo.....	13
2.2.2 - Morfologia e Biologia Florais.....	16
2.2.3 - Sistema de Reprodução.....	17
2.2.4. - Visitantes.....	18
2.3 - RESULTADOS.....	20
2.3.1 - Morfologia e Biologia Florais.....	20
2.3.2 - Sistema de Reprodução.....	24
2.3.3 - Visitantes.....	24
2.3.3.1. <i>Ipomoea cairica</i>	24
2.3.3.2. <i>Ipomoea carnea</i> ssp. <i>fistulosa</i>	33
2.4 - DISCUSSÃO.....	44
2.4.1 - Morfologia e Biologia Florais.....	44
2.4.2 - Sistema de Reprodução.....	45

2.4.3 - Visitantes.....	48
3 - CAPÍTULO II - Herbivoria e palatabilidade das flores de <i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet e <i>Ipomoea carnea</i> ssp. <i>fistulosa</i> (Martius ex Choisy) Austin (Convolvulaceae).....	60
3.1 - INTRODUÇÃO.....	60
3.2 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	63
3.2.1 - Observações sobre herbivoria floral.....	63
3.2.2 - Bioensaios de consumo.....	63
3.2.2.1. Dupla escolha com planta viva.....	63
3.2.2.2. Dupla escolha com extratos de plantas.....	64
3.2.4 - Análise estatística.....	66
3.3 - RESULTADOS.....	67
3.4 - DISCUSSÃO.....	70
4 - CONCLUSÕES.....	75
5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 - Esquema da área pertencente ao campus da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a - IMEEC, b - casa de vegetação IB, c - brejo do Departamento. de Zoologia IB, d - FEM.....14
- Figura 2 - Diagrama climático do município de Campinas, São Paulo, correspondente ao período entre julho de 1995 e julho de 1996 (Fonte: Seção de Climatologia Agrícola, IAC).....15
- Figura 3 - Corte longitudinal da flor de *Ipomoea cairica*, destacando-se o nectário (n), o estame maior (e) e o estigma (s).....21
- Figura 4 - Corte longitudinal da flor de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, destacando-se o nectário (n), o estame maior (e) e o estigma (s).....23
- Figura 5 - Ovário de *Ipomoea cairica* mostrando tubos polínicos atingindo os óvulos cinco horas após a polinização cruzada.....26
- Figura 6 - Óvulo de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* mostrando o tubo polínico atingindo a micrópila do óvulo 12 horas após a polinização cruzada.....26
- Figura 7 - Estigma de *Ipomoea cairica* mostrando um único grão de pólen restante não-germinado após a autopolinização.....27

Figura 8 - Estigma de <i>Ipomoea carnea</i> ssp. <i>fistulosa</i> mostrando grãos de pólen não-germinados após a autofecundação ou com apenas uma pequena protuberância de tubo polínico.....	27
Figura 9 - Visita de <i>Eulaema nigrita</i> a uma flor de <i>Ipomoea cairica</i> . Notar que o abdome do animal fica do lado de fora da flor, assim como o terceiro par de patas, através do qual ela se apoia no limbo da corola.....	32
Figura 10 - <i>Apis mellifera</i> se retirando após visita à flor de <i>Ipomoea cairica</i>	32
Figura 11 - Número total de visitas a <i>Ipomoea cairica</i> por intervalo de hora na área do IMEEC, em 10 dias de observação entre julho e outubro de 1995.....	34
Figura 12 - Número total de visitas a <i>Ipomoea cairica</i> por intervalo de hora na área do IB, em 10 dias de observação entre julho e outubro de 1995.....	35
Figura 13 - Número de visitas a <i>Ipomoea cairica</i> realizadas por inseto por intervalo de hora na área do IMEEC, em 10 dias de observação entre julho e outubro de 1995...	36
Figura 14 - Número de visitas a <i>Ipomoea cairica</i> realizadas por abelha por intervalo de hora na área do IB, em 10 dias de observação entre julho e outubro de 1995.....	37
Figura 15 - Visita de <i>Melitoma segmentaria</i> à flor de <i>Ipomoea carnea</i> ssp. <i>fistulosa</i> . Notar a cabeça da abelha para fora, o corpo fica apoiado sobre os filetes e anteras.....	38

Figura 16 - *Ceratina (Crewella) gossypii* visitando *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*. A abelha coleta ativamente o pólen. Notar o corpo tocando as anteras.....40

Figura 17 - Número total de visitas por intervalo de hora para *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, em 10 dias de observação entre outubro de 1995 e abril de 1996.....43

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela I - Resultados obtidos através de experimentos com polinização em *Ipomoea cairica*.....25

Tabela II - Resultados obtidos através de experimentos com polinização em *I. carnea* ssp. *fistulosa*.....25

Tabela III - Número de óvulos, grãos de pólen, razão pólen/óvulo e % de grãos de pólen viáveis para flores de *Ipomoea cairica*.....28

Tabela IV - Número de óvulos, grãos de pólen, razão pólen/óvulo e % de grãos de pólen viáveis para flores de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*.....28

Tabela V - Insetos observados visitando flores de *Ipomoea cairica* na área do Instituto de Matemática Estatística e Ciências da Computação (IMECC).....30

Tabela VI - Insetos observados visitando flores de *Ipomoea cairica* na área da casa de vegetação-Instituto de Biologia (IB).....30

Tabela VII - Insetos observados visitando flores de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* no campus da UNICAMP.....42

Tabela VIII - Visitantes das espécies de Convolvulaceae estudadas no Brasil.....52

CAPÍTULO II

Tabela I - Média do índice de consumo e resultado da análise de variância pelo teste de Kruskal-Wallis para amostras de flores de *I. cairica* e *I. carnea* ssp. *fistulosa* e grupo controle.....69

Tabela II - Média do índice de consumo e resultado da análise de variância pelo teste de Kruskal-Wallis para os diferentes extratos de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, seus respectivos brancos e grupo controle.....69

RESUMO

Aspectos do sistema de reprodução, morfologia e biologia florais e a ocorrência de ataque de herbívoros às flores de *Ipomoea cairica* (L.) Sweet e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin (Convolvulaceae) foram estudados no Município de Campinas/São Paulo, Brasil, entre julho de 1995 e julho de 1996. *Ipomoea cairica* é uma planta invasora de culturas, herbácea com ramos longos e volúveis, capaz de se reproduzir por sementes e vegetativamente. Suas flores são inodoras, tubulosas, com limbo de cor lilás e fauce violácea. *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* é uma planta herbácea, com ramos lenhosos, semi-aquática, que se reproduz tanto por sementes quanto por estaquia. Suas flores são inodoras, tubulosas, com limbo de cor rosada e tubo púrpura. A antese das duas espécies é diurna. Ambas possuem flores que se abrem ao amanhecer (ca. de 5:00h) e fecham aproximadamente às 14:00h. Os polinizadores mais freqüentes e eficientes de *Ipomoea cairica* são abelhas Anthophoridae (*Melitoma segmentaria* e *Exomalopsis fulvopilosa*) e Apidae (*Eulaema nigrita* e *Apis mellifera*). Borboletas da família Hesperidae foram visitantes freqüentes, mas considerados pilhadores ou polinizadores ocasionais. A polinização promíscua foi uma característica marcante nesta espécie. Para *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* os polinizadores foram duas abelhas da família Anthophoridae. *Melitoma segmentaria* foi o polinizador mais freqüente e eficiente seguida por *Ceratina* (*Crewella*) *gossypii*. Os demais visitantes florais foram borboletas e besouros pilhadores de néctar. Os nectários extraflorais foram visitados por formigas, abelhas, moscas e vários outros insetos. Nas duas espécies estudadas os insetos pilhadores realizavam furto de néctar, acessando-o por vias legítimas sem causar dano às flores. *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* são xenógamas obrigatórias com porcentagem de sucesso na polinização cruzada de aproximadamente 80% e 60%, respectivamente. O sistema de autoincompatibilidade, nas populações estudadas de

ambas espécies, mostrou ser do tipo esporofítico homomórfico. Cerca de 15% das flores de *Ipomoea cairica* sofreram algum tipo de dano no campo (fendas e perfurações), enquanto nenhuma flor de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* foi atacada. A partir de julho até dezembro de 1996, foram realizados experimentos para testar se flores de ambas espécies eram protegidas contra o herbívoro generalista *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). A proteção (resistência) foi determinada através da relação entre a quantidade de material experimental e controle consumida (índice de consumo - IC). Nos experimentos com flores frescas (Experimental) versus Controle (folhas de mamona, *Ricinus communis* [Euphorbiaceae]), apenas *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* mostrou ser protegida (IC = 0, n = 12), confirmando as observações de campo. Os extratos bruto, aquoso e clorofórmico das flores das espécies que eram protegidas também foram testados para se verificar se a proteção era química. Os extratos bruto e aquoso desta espécie, quando aplicados sobre de mamona numa concentração de 0,1g/50 μ l, mostraram forte efeito deterrente (diminuindo o IC em 26 e 31%, respectivamente). De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, *Ipomoea cairica* não é quimicamente protegida contra herbivoria. Ainda assim, não sendo atacada durante o período de visitação pelos polinizadores, é capaz de garantir a produção de seus frutos antes da ação dos herbívoros. *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* deve evitar a herbivoria floral através de proteção (resistência) química, mas sua produção de frutos pode ser afetada pelo ataque do besouro *Chelomorpha informis* (Chrysomelidae: Cassidinae) às suas folhas e botões imaturos.

ABSTRACT

The reproductive system, floral biology, morphology and herbivory of *Ipomoea cairica* and *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* were studied in the city of Campinas, São Paulo state, Brazil from July 1995 to July 1996. *Ipomoea cairica* is a herbaceous weed with long climbing shoots, having sexual and vegetative reproduction. The flowers are odourless, tubular, with lilac limb and violet tube. *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* is a semi-aquatic herbaceous weed reproducing by seeds and stems. The flowers are odourless, tubular, with pink limb and purple tube. The anthesis of both species is diurnal, and the flowers open at sunrise and fade around 2 p.m. The most frequent and effective pollinators of *Ipomoea cairica* are Anthophoridae (*Melitoma segmentaria* and *Exomalopsis fulvopilosa*) and Apidae (*Eulaema nigrita* and *Apis mellifera*) bees. Hesperiididae skippers (Lepidoptera) were frequent as nectar robbers or as occasional pollinators. Promiscuous pollination was a marked characteristic in this species. The pollinators of *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* were two Anthophoridae bees; *Melitoma segmentaria* was the most frequent and effective pollinator followed by *Ceratina* (*Crewella*) *gossypii*. Other insects visiting observed were nectar robbers belonging to the Lepidoptera and Coleoptera. The extrafloral nectaries of *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* were visited by ants, bees, flies and many other insects. *Ipomoea cairica* and *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* are xenogamous, with about 80% and 60% of success in cross pollination, respectively. The populations of both species presented homomorphic, sporophytic self-incompatibility. About 15% of *Ipomoea cairica* flowers suffer some kind of injury (slits and holes), while none of *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* flowers was attacked. From July 1996 to December 1996 assays were made to test fresh flowers samples of both species for protection against of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Protection (resistance) was determined by relative amounts of consumed experimental and control material (consumption index -

IC). In assays using fresh flowers samples (Experimental) versus Control (samples of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) leaves) only *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* showed to be protected (IC=0, n=12). The gross, water and chlorophormic extracts of the flowers from the protected species were tested to verify chemical protection. The gross and water extracts of this species showed deterrent effect when applied in leaf samples of *Ricinus communis* at 0.1g/50 μ l dilution (reducing the IC in 26% and 31% respectively). *Ipomoea cairica* was not protected by chemical resistance against herbivory. However it was not attacked during visitation by pollinators, by assuring the fruit production before the occurrence of flower herbivory. Apparently, *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* avoids floral herbivory through chemical resistance, but fruit production could be affected by the attack of *Chelomorpha informis* (Chrysomelidae: Cassidinae) beetles on leaves and imature buds.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Geral

Biologia floral, ecologia de polinização, ecologia floral são termos que têm sido usados por vários autores com uma série de significados distintos (Percival, 1965; Faegri & Pijl, 1979; Gottsberger, 1989). Para Percival (1965), biologia floral é a ciência que estuda a vida da flor desde a abertura dos estames e início da receptividade do estigma até o término das funções destas estruturas. Segundo Faegri & Pijl (1979) biologia floral corresponde ao estudo dos eventos que ocorrem durante a vida da flor, da antese à fertilização e ecologia de polinização é o estudo da relação recíproca entre as plantas e os seus polinizadores. O termo ecologia floral é empregado por Gottsberger (1989) para se referir aos mais diferentes estudos sobre as flores e as suas interações com seus visitantes enfocando múltiplos aspectos botânicos, zoológicos e ecológicos. Os conceitos de ecologia floral acima não são exatamente completos. Neste trabalho, consideramos como ecologia floral o estudo das interrelações entre sistema reprodutivo e morfologia de flores, polinizadores, pilhadores e herbívoros e características de seu ambiente físico.

O interesse pela ecologia floral é tão antigo quanto a cultura civilizada e tem crescido acentuadamente graças ao reconhecimento da sua importância como fonte de informações que possibilitem a compreensão de fenômenos na polinização de plantas cultivadas, biologia de populações e de comunidades, manejo e conservação de recursos naturais, genética, etologia e evolução (Faegri & Pijl, 1979; Real, 1983; Kageyama, 1987). Estudos em ecologia floral têm se modificado ao longo do tempo passando de pesquisas puramente descritivas àquelas preocupadas em descobrir princípios ecológicos e evolutivos de cunho geral (Real, 1983). Baker (1983) considera que estudos comparativos dentro do nível de família representam um importante avanço para a ecologia floral. Para Oliveira *et al.* (1992) a biologia

reprodutiva de taxas congêneros pode ser um excelente instrumento na compreensão da variação taxonômica e de tendências filogenéticas.

O estudo da ecologia floral de plantas ocorrentes em ambientes alterados, como pastos, áreas agrícolas e terrenos baldios, revela aspectos interessantes relativos aos mecanismos de reprodução e adaptação destas plantas em condições muitas vezes inóspitas (Maimoni-Rodella, 1991). Além disso, as informações resultantes destes estudos são importantes na elaboração de programas de controle de plantas invasoras, como já foi proposto por Blanco (1972).

A importância econômica das plantas daninhas está nos prejuízos que elas causam ao competir com as plantas cultivadas pelos mesmos recursos, como água, nutrientes e luz e ao explorar o mesmo ambiente (Polo, 1982). Uma planta é considerada daninha (ou invasora) se sua população ocorre predominantemente em áreas profundamente alteradas pelo homem; daninhas são consideradas ruderais quando ocorrem em áreas abandonadas. O conceito de daninha é puramente econômico e foi criado pelo homem contemporâneo para denominar uma planta que ocorre onde não é desejada (Hill, 1977).

Uma erva daninha ideal, de acordo com Baker (1965), não necessita de condições especiais para germinar, sendo sua germinação descontínua e suas sementes de vida longa. Suas plântulas crescem rapidamente, o período de crescimento vegetativo é curto. São auto-compatíveis não obrigatórias ou xenógamas polinizadas pelo vento ou por polinizadores não-específicos. As sementes são produzidas continuamente e são adaptadas à dispersão a longa e curta distância. Daninhas são preferencialmente anuais ou bianuais de ciclo curto, possuem vigorosa reprodução vegetativa, em especial as perenes, e são capazes de competir por meios especiais, sufocando outras plantas ou produzindo exudados.

A ecologia floral de algumas Convolvulaceae consideradas daninhas tem sido estudada por diversos autores. Real (1981) investigou a relação entre os padrões de

produção de néctar e o comportamento dos polinizadores de *Ipomoea batatas* e *Ipomoea indica*. Keeler (1975, 1977, 1978) analisou a biologia floral e o papel dos nectários extra-florais de *Ipomoea carnea*. Stucky & Beckman (1982) investigaram o sistema de reprodução de *Ipomoea pandurata*. Os efeitos da idade floral e momento da estação de floração na auto-incompatibilidade de *Ipomoea fistulosa* foram estudados por Prabha & Gupta (1984). A dinâmica da produção de néctar de duas espécies simpátricas *Ipomoea purpurea* e *Ipomoea hederacea* foi estudada por Stucky (1984). O sistema de reprodução das duas espécies anteriormente citadas foi estudado por Ennos (1981) e Stucky (1985). O efeito da variação da cor da flor na polinização e na reprodução de *Ipomoea purpurea* foi analisado por Brown & Clegg (1984) e por Epperson & Clegg (1987). O sistema reprodutivo de *Ipomoea pes-caprae* foi estudado por Devall & Thien (1989). Murcia (1990) verificou o efeito da morfologia floral e da temperatura na remoção do pólen em *Ipomoea trichocarpa*. *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* teve sua taxonomia, biologia e ecologia estudadas por Frey (1995). Willmott & Búrquez (1996) estudaram a polinização de *Merremia palmeri*.

No Brasil, grande parte dos trabalhos tem se concentrado no estado de São Paulo. Cada um destes estudos aborda alguns aspectos da ecologia floral das seguintes espécies: *Ipomoea cairica* (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982), *Merremia dissecta* (Maimoni-Rodella & Rodella, 1986), *Merremia cissoides* (Maimoni-Rodella & Rodella, 1986/87), *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* (Machado & Sazima, 1987), *Ipomoea pes-caprae* e *Ipomoea stolonifera* (Gottsberger *et al.*, 1988), *Ipomoea aristolochiaefolia* (Maimoni-Rodella, 1991), *Ipomoea acuminata* (Maimoni-Rodella & Rodella, 1992) e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Amaral & Gomes, 1996).

Esta família possui cerca de 56 gêneros e 1650 espécies distribuídas principalmente nos trópicos e subtropicais de todo o mundo, sendo *Ipomoea* (400 espécies) e *Convolvulus* (250 espécies) os maiores gêneros (Cronquist, 1981;

Mabberley, 1987 *apud* Simão-Bianchini, 1991). No Brasil ela está representada em todo território nacional com 14 gêneros e mais de 300 espécies (Meissner, 1869; Simão-Bianchini, 1991).

Muitas espécies desta família têm importância econômica. *Ipomoea purpurea* e *Evolvulus glomeratus* são citadas como ornamentais, *Ipomoea batatas* como fonte de alimentos, *Ipomoea cairica* e *Ipomoea purpurea* como daninhas e *Convolvulus scamonia* e *Ipomoea purga* como fornecedoras de substâncias tóxicas e medicinais (Austin, 1975; Stace, 1979; Simão-Bianchini, 1991).

Diversas espécies de Convolvulaceae (33 espécies de 7 gêneros) estão incluídas entre as plantas daninhas mais nocivas do Brasil de acordo com Blanco (1978). São elas, *Aniseia marticinensis*, *Cuscuta racemosa*, *Dichondra repens*, *Evolvulus pusillus*, *Ipomoea acuminata*, *Ipomoea alba*, *Ipomoea aristolochiaefolia*, *Ipomoea asarifolia*, *Ipomoea cairica*, *Ipomoea coccinea*, *Ipomoea cynancifolia*, *Ipomoea fastigiata*, *Ipomoea fimbriosepala*, *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea hirta*, *Ipomoea horrida*, *Ipomoea kunthina*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea pes-caprae*, *Ipomoea purpurea*, *Ipomoea quamoclit*, *Ipomoea triloba*, *Jaquemontia densiflora*, *Jaquemontia ferruginea*, *Jaquemontia floribunda*, *Jaquemontia martii*, *Jaquemontia aphaerostigma*, *Jaquemontia velutina*, *Merremia aegyptia*, *Merremia cissoides*, *Merremia macrocalyx* e *Merremia umbellata* (Blanco, 1978).

Ipomoea cairica L. Sweet e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin, são espécies perenes, amplamente distribuídas nos trópicos, com grande capacidade competitiva e adaptativa, capazes de se reproduzir por sementes e vegetativamente. Consideradas daninhas, representam grandes problemas econômicos, invadindo culturas e, no caso de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, intoxicando vacas e ovelhas (Kissmann & Groth, 1992, Frey, 1995). O difícil controle destas espécies por métodos convencionais estimulam esforços de pesquisa que

ampliem o conhecimento sobre sua reprodução, fisiologia, biologia e ecologia (Blanco, 1978).

1.2 - Objetivos

O objetivo do presente trabalho foi analisar alguns aspectos da ecologia floral de duas espécies da família Convolvulaceae, *Ipomoea cairica* L. Sweet e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin, que ocorrem em ambientes perturbados na região de Campinas. As espécies estudadas foram escolhidas devido a sua importância econômica, disponibilidade e suas características peculiares com relação ao sistema de reprodução, biologia floral e síndrome de polinização, que ainda suscitam dúvidas entre diversos autores.

No primeiro capítulo, a biologia e a morfologia florais foram descritas, o sistema de reprodução das espécies analisado e o comportamento dos visitantes da flores (polinizadores, pilhadores e herbívoros), a dinâmica e a disponibilidade de recursos caracterizados. No segundo capítulo, Foi verificada a resistência das flores destas espécies em relação a herbivoria no campo e em bioensaios com um herbívoro generalista.

2 - CAPÍTULO I - ASPECTOS DO SISTEMA DE REPRODUÇÃO, MORFOLOGIA E BIOLOGIA FLORAIS DE *Ipomoea cairica* (L.) Sweet. E DE *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin (CONVOLVULACEAE).

2.1 - INTRODUÇÃO

Plantas daninhas afetam a economia agrícola causando perdas à produção de várias culturas através de competição por recursos e espaço com as plantas cultivadas (Hill, 1977). O estudo da biologia floral de plantas daninhas revela aspectos importantes relativos a mecanismos de reprodução e adaptação, sendo que estes fornecem informações importantes na elaboração de programas de controle (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982; Maimoni-Rodella & Rodella, 1986/87 e Maimoni-Rodella, 1991).

A família Convolvulaceae inclui diversas espécies consideradas daninhas e amplamente distribuídas pelo Brasil e pelos trópicos e subtropicais de todo o mundo (Cronquist, 1981, Blanco, 1978). Entre elas estão *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Blanco, 1978).

Diversos estudos sobre a biologia floral e sistema de reprodução no gênero *Ipomoea* foram realizados, principalmente nas Américas do Norte e Central. As abelhas são os visitantes (polinizadores ou pilhadores) mais freqüentes para a maioria das espécies deste gênero (Keeler, 1975, Real, 1981, Maimoni-Rodella *et al.*, 1982, Stucky, 1984, Maimoni-Rodella & Rodella, 1986/87, Gottsberger *et al.*, 1988, Devall & Thien, 1989) tendo também sido registradas visitas de borboletas (Cruden & Hermann-Parker, 1979, Machado e Sazima, 1987), mariposas (Pijl, 1954, Frey, 1995, Willmott & Búrquez, 1996) e pássaros (Pijl, 1954, Austin, 1975, Machado e Sazima, 1987).

Quanto ao sistema reprodutivo, na família Convolvulaceae ocorrem espécies autocompatíveis e auto-incompatíveis. Seu sistema de auto-incompatibilidade é amplamente distribuído pelo gênero *Ipomoea* ocorrendo ocasionalmente em outros gêneros e tem sido descrito como do tipo esporofítico homomórfico, multi-alélico (Martin, 1970, Proctor *et al.*, 1996). De acordo com Martin (1970), espécies anuais de flores pequenas a médias como *Ipomoea coccinea* são, em geral, autocompatíveis e espécies perenes com flores médias a grandes como *Ipomoea pes-caprae* são auto-incompatíveis.

Ipomoea cairica é uma planta perene, invasora de culturas, herbácea com ramos longos e volúveis podendo subir em cercas, obstáculos diversos e até mesmo outras plantas. É capaz de se reproduzir por sementes e vegetativamente. Nativa na África tropical e na América do Sul, hoje no Brasil ocorre espontaneamente desde a Amazônia até o Rio Grande do Sul (Kissmann & Groth, 1992). Sua presença foi registrada em todas as regiões do Estado de São Paulo (Blanco, 1978). Alguns aspectos de sua biologia floral e sistema de reprodução foram estudados por Maimoni-Rodella *et al.* (1982) na região de Jaboticabal e por Sartori (1990) em Botucatu.

Ipomoea carnea ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin é uma planta perene, herbácea, com ramos lenhosos, semi-aquática, originária da América do Sul e de distribuição pantropical. No Brasil ocorre principalmente nos estados do Mato Grosso do Sul (região do Pantanal) e Pará, tendo sido introduzida nos demais estados como planta ornamental, hoje ocorrendo espontaneamente no Estado de São Paulo (Blanco, 1978). Esta espécie é conhecida por sua grande habilidade competitiva e por possuir substâncias neurotóxicas para animais. Segundo Blanco (1978), na região do Pantanal Mato-grossense durante os períodos de seca, quando não existem outras espécies vegetais disponíveis, o gado se alimenta das folhas desta planta cuja ingestão continuada é geralmente fatal. Além disso, a presença desta

espécie em campos de arroz na Índia, onde foi introduzida e é considerada como invasora, leva ao aumento da evapotranspiração e da competição gerando perdas que representam sérios problemas econômicos (Frey, 1995). A taxonomia, biologia e ecologia desta espécie foi estudada por Frey (1995) na Bolívia. Amaral & Gomes (1996) estudaram a ecologia de polinização da mesma no Mato Grosso do Sul. Keeler (1975) estudou a biologia floral de *Ipomoea carnea*, na Costa Rica.

Ipomoea carnea e *Ipomoea fistulosa* foram sinonimizadas por Austin (1975). Entretanto, esta classificação não foi reconhecida internacionalmente. Kíssmann (1992), citando Austin (1977) afirma que *Ipomoea fistulosa* é uma subespécie de *Ipomoea carnea*. Têm-se então *Ipomoea carnea* ssp. *carnea* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, sendo a segunda a mais comum no Brasil. No entanto, para evitar citações errôneas, decidiu-se manter o nome das espécies como grafados nos artigos aqui citados.

Neste trabalho foram estudados aspectos da biologia e morfologia florais, sistema de reprodução, comportamento dos visitantes, dinâmica e disponibilidade de recursos de *Ipomoea cairica* (L.) Sweet e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius. ex Choisy) Austin, em Campinas, São Paulo. O objetivo foi ampliar os conhecimentos da biologia e ecologia destas espécies, procurando comparar os dados obtidos com o que já foi descrito por outros autores para estas e outras espécies da família Convolvulaceae em outras localidades.

2.2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1- Local de Estudo

Este trabalho foi realizado entre julho de 1995 e julho de 1996 no campus da Universidade Estadual de Campinas (22° 53'S e 47° 04'W). *Ipomoea cairica* foi estudada nas imediações do Instituto de Matemática, Estatística e Ciências da Computação (IMECC) e da casa de vegetação do Instituto de Biologia (IB) para observações e também próximo a Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) para experimentos de reprodução. *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* foi estudada numa área de brejo localizada nas imediações do Departamento de Zoologia (IB). Outros três indivíduos isolados, que ocorriam nos gramados do IB foram utilizados como parte dos experimentos de reprodução.(Figura 1).

O campus atual da Universidade Estadual de Campinas foi implantado em 1976 em meio a uma região árida de terra vermelha, onde anteriormente havia uma floresta semi decídua que foi derrubada para o plantio de pasto e outras culturas. Está situado no distrito de Barão Geraldo, Campinas. A região encontra-se em uma zona de transição entre os climas do tipo Cwa e Cfa de acordo com a classificação de Köppen (Setzer, 1966). O clima da região é subtropical de altitude de invernos seco e verões chuvosos, com temperatura média variando de 18 a 22°C e precipitação mínima em torno de 30. No período em que este trabalho foi realizado, entre julho de 1995 e julho de 1996 a temperatura média foi de 22°C e a precipitação total de 1.505 mm (Figura 2).

No início da arborização do campus, foram utilizadas 10 espécies diferentes entre as mais comuns na arborização de praças, ruas e avenidas, como sibipirunas, flamboyãs, cassias, ipês. Com a criação do Parque Ecológico em 1983, iniciou-se a produção de mudas, principalmente de espécies nativas, que passaram a ser

Figura 1 - Esquema da área pertencente ao campus da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), as setas indicam o IMECC (a), casa de vegetação IB (b), a FEM (c) e o Departamento de Zoologia IB (d).

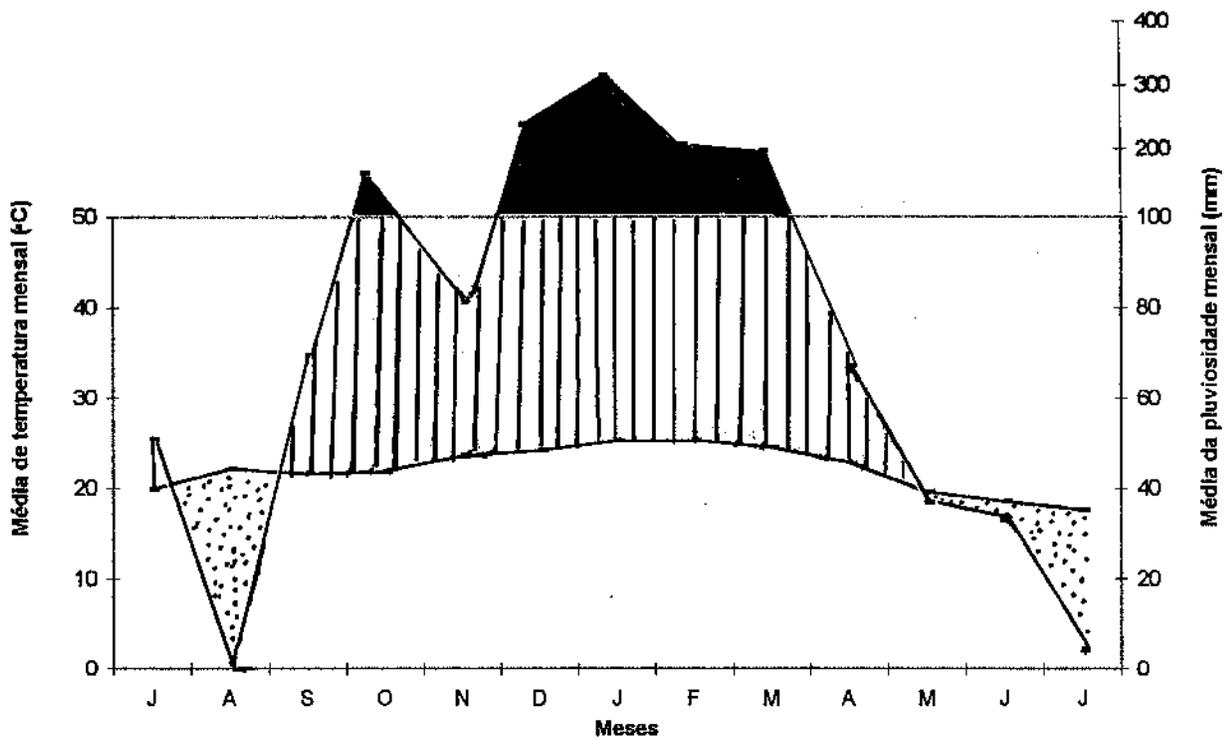


Figura 2 - Diagrama climático do município de Campinas, São Paulo, entre julho de 1995 e julho de 1996 (Fonte: Seção de Climatologia Agrícola, IAC).

introduzidas no campus. Muitas das sementes utilizadas para obtenção das mudas foram coletadas na Mata Atlântica, Floresta Amazônica, cerrado, campos rupestres, caatinga, matas ciliares, matas brejosas.

Atualmente existem cerca de 400 espécies de árvores e arbustos, num total de aproximadamente 10.000 árvores (Santin, dados não publicados). A diversidade existente atualmente no campus pode ser considerada altíssima por tratar-se de um ambiente urbano, totalmente implantado pelo homem.

Na região da FEM ocorrem plantas de 26 espécies pertencentes a 15 famílias diferentes, entre as famílias mais comuns estão Palmae, Caesalpiniaceae, Mimosaceae e Myrtaceae. No IB ocorrem 81 espécies de 28 famílias, as mais comuns são Mimosaceae, Bignoniaceae, Myrtaceae, Fabaceae e Caesalpiniaceae (Santin, dados não publicados). Os dados para o IMECC não são disponíveis.

As cercanias do campus são representadas por áreas urbanas, estradas, matas remanescentes e, principalmente, canaviais.

2.2.2 - Morfologia e Biologia Florais

O tamanho, a forma, e o odor das flores foram determinados no laboratório utilizando material fresco (n=10). Estas eram trazidas do campo acondicionadas em saco plástico fechado, após cerca de 10 minutos procurava-se notar a presença de odor perceptível ao olfato humano. A cor das flores assim como os horários de antese, duração e murcha foram determinados no campo. A cor das flores foi determinada através de comparação entre sua cor a luz do dia e grade de cores proposta no guia de Smithe (1974). Testes de receptividade do estigma foram realizados de hora em hora, desde a abertura até o fechamento das flores, com peróxido de hidrogênio a 10 volumes; a região receptiva quando ao ser mergulhado no peróxido reage liberando oxigênio, que é percebido pela formação de bolhas

(Dafni, 1992). Algumas flores foram ensacadas e mantidas assim durante todo período de antese, para coleta do néctar acumulado cujo volume foi medido e a concentração de solutos determinada através de refratômetro. A produção de néctar de flores não-ensacadas foi acompanhada a cada hora, do início ao fim da antese. Quando a quantidade de néctar produzido era reduzida a ponto de não possibilitar a coleta do mesmo por meio de microsseringa, a presença deste nas flores teve que ser determinada através de glicofita (papel para determinação da glicosúria da marca Lilly). A fita era colocada em contato com o nectário até que toda umidade fosse absorvida. A mudança de cor da fita de amarelo para verde indicava a presença de açúcares no líquido absorvido que era então considerado como néctar. Este método servia apenas para indicar a presença ou ausência deste recurso.

2.2.3 - Sistema de Reprodução

O sistema de reprodução foi estudado através de experimentos de autopolinização espontânea e manual, polinização cruzada e apomixia, realizados em flores previamente ensacadas com papel impermeável. Para os experimentos de polinização cruzada e apomixia, as flores foram emasculadas com tesoura de ponta fina durante a pré-antese. O grupo controle foi formado por flores não-ensacadas, marcadas e mantidas expostas à visitação, para constatar a formação de frutos pela ação de polinizadores.

Para observar o crescimento do tubo polínico, o gineceu de flores provenientes dos tratamentos de autopolinização e polinização cruzada foram fixadas em FAA 50 (formol, álcool 50% e ácido acético, 1:9:1), nos períodos de 12, 24 e 48 horas após a polinização. Posteriormente, foram acondicionados em recipientes contendo NaOH 9N, cozidos na estufa a 60° C, lavados em água destilada, corados com azul de anilina e analisados em microscópio de fluorescência de acordo com

Martin (1959). Segundo Li & Zhang (1987) em *Ipomoea batatas* o tubo polínico poderia atingir a micrópila do óvulo entre 2 e 5 horas após a polinização cruzada. Assim, algumas flores foram fixadas também após estes intervalos.

A viabilidade do pólen foi determinada através da técnica de coloração com carmim acético a 1,2% que cora de vermelho os grãos de pólen viáveis e deixa incolor os inviáveis (Medina & Conagin, 1964). O pólen era retirado das anteras de botões florais com auxílio de estilete e espalhado sobre uma lâmina. Em seguida o corante era colocado sobre o pólen. Cerca de 200 grãos eram contados para o cálculo da porcentagem de viáveis. A relação pólen/óvulo foi determinada segundo Cruden (1977). O ovário foi dissecado e o número de óvulos contado com auxílio de estereomicroscópio. As contagens de grãos de pólen foram realizadas em câmara de Newbauer. As anteras do botão eram esmagadas em 1 ml de solução ácido láctico e glicerina 3:1, esta solução era transferida com auxílio de pipeta para a câmara e a contagem realizada (Maeda, 1985).

2.2.4 - Visitantes

A atividade dos visitantes foi registrada anotando-se a frequência, a duração e o horário de visitas, o recurso utilizado e o comportamento dos mesmos em relação a tomada de recursos, procurando-se notar a região do corpo de cada espécie que tocava os órgãos sexuais da flor. O período de observações se estendeu da antese ao fechamento das flores, durante 10 dias não-consecutivos, entre julho e outubro de 1995 para *I. cairica* e entre novembro de 1995 e abril de 1996 para *I. carnea* ssp. *fistulosa*. As espécies visitantes foram coletadas, montadas para posterior identificação, seu comprimento e largura medidos com paquímetro. As áreas de deposição de pólen e a presença de pólen das espécies estudadas foram observadas com auxílio de estereomicroscópio.

A frequência relativa foi estimada pela seguinte relação: (número de visitas por espécie/ número total de visitas) x 100. A partir dos dados de frequência relativa e do comportamento dos visitantes junto à flor foram estabelecidas categorias de eficiência de polinização. Foram considerados polinizadores eficientes os insetos que foram freqüentes ou muito freqüentes, que visitaram algumas flores em seqüência e que tocaram os órgãos reprodutivos das flores durante as visitas.

2.3 - RESULTADOS

2.3.1 - Morfologia e Biologia Florais

As flores de *Ipomoea cairica* são inodoras ao olfato humano, tubulosas (infundibuliformes), de cor predominantemente lilás, o tubo é internamente violáceo, podendo ocorrer flores brancas de tubo violáceo e até flores totalmente brancas. São axilares, podendo ocorrer isoladas ou em inflorescências com até cinco flores. O cálice é formado por cinco a seis sépalas subiguais, imbricadas, coriáceas, lisas, esverdeadas, glabras, persistentes. O tubo da corola tem $30,9 \pm 4,5$ mm de comprimento e $15,1 \pm 2,5$ mm de diâmetro ($n=10$) de abertura, estreitando-se gradativamente em direção ao fundo. O androceu tem cinco estames desiguais, inclusos, o estame maior encontra-se $6,8 \pm 1,5$ mm acima do estame menor e, em geral, na altura do estigma ou pouco acima dele, $1,6 \pm 2,1$ mm ($n=10$), próximo ao ápice do tubo floral. Os filetes são filiformes, alvos, com base púrpura, alargada, pilosa, formando um anel de tricomas que isolam o nectário. O gineceu possui ovário bilocular, aparentando ser tetralocular devido à formação de um falso septo que mantém os quatro óvulos separados, o estilete é filiforme e seu comprimento é $19,8 \pm 1,5$ mm ($n=10$); o estigma é bilobado. O nectário floral é anelar e encontra-se na base do ovário (Figura 3). Não foram observados nectários extraflorais.

As flores de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* são inodoras ao olfato humano, tubulosas (infundibuliformes), de coloração rosada (magenta-claro), com fauce e tubo variando de púrpura à magenta. Ocorrem em inflorescências axilares no ápice da planta em número variável. O cálice possui cinco sépalas ovadas, verdes, persistentes, com glândulas secretoras na base (nectários extra florais). O tubo da corola tem $38,2 \pm 4,1$ mm de comprimento e $16,0 \pm 1,3$ mm de diâmetro ($n=10$) de abertura, estreitando-se gradativamente em direção ao fundo. O androceu é formado

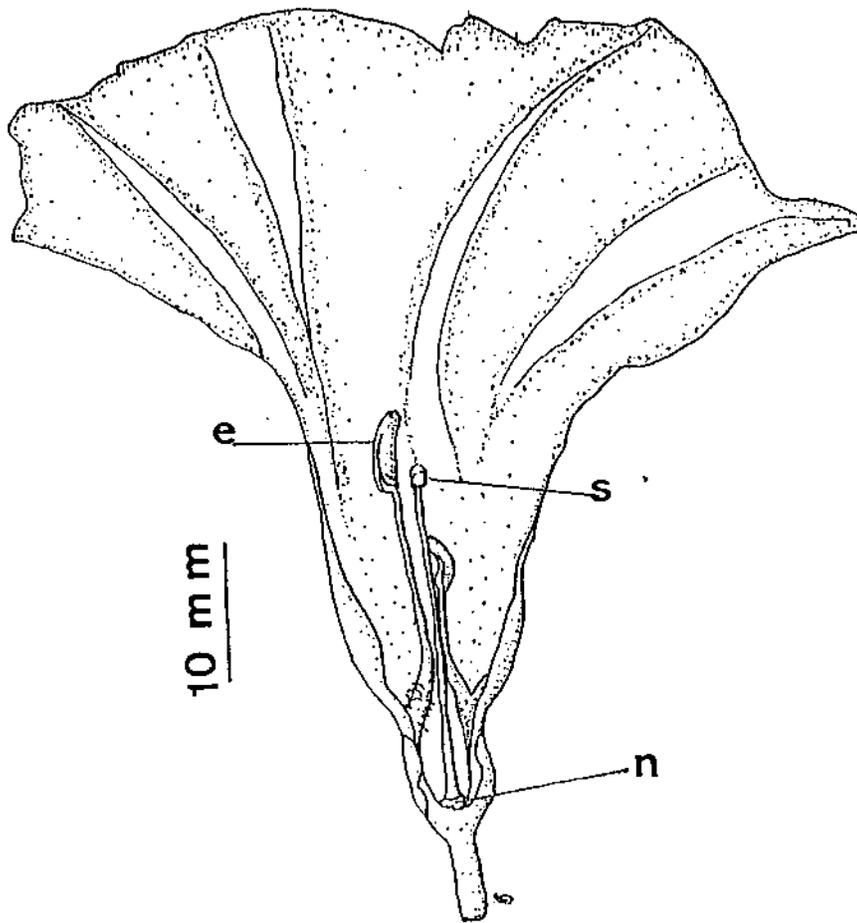


Figura 3 - Corte longitudinal da flor de *Ipomoea cairica*, destacando-se o nectário (n), o estame maior (e) e o estigma (s).

por cinco estames desiguais, o estame maior se encontra $9,9 \pm 1,5$ mm acima do menor e $7,3 \pm 3,1$ mm acima do estigma ($n=10$), próximo ao ápice do tubo floral. Os filetes são filiformes, alvos, com base magenta, alargada e pilosa, formando um anel de tricomas que isolam o nectário; as anteras são basifixas. O gineceu possui ovário bilocado, aparentando ser tetralocular devido à formação de um falso septo que mantém os quatro óvulos separados, o estilete é filiforme e tem $23,2 \pm 1,2$ mm ($n=10$) de comprimento; o estigma é bilobado. Os nectários são seis, um floral, anelar na base do ovário (Figura 4) e cinco extraflorais na base das sépalas.

As flores de ambas espécies possuem pré-floração imbricada, apresentando após a abertura um limbo amplo, inteiro e com pregas marcadas e por vezes de coloração mais clara que o resto da corola.

A abertura das flores de ambas espécies ocorreu ao raiar do dia (por volta das 5 horas da manhã) e a murcha por volta das duas da tarde. As flores se enrolam de fora para dentro em direção à fauce do tubo da corola fechando-o e caindo no dia seguinte. As primeiras visitas, no entanto, só foram observadas por volta das 7 horas da manhã, se estendendo até o período de fechamento das flores. A superfície estigmática esteve receptiva desde a abertura até a murcha da corola. O néctar foi produzido ao longo de todo período de duração da flor, mantendo o nectário e as partes próximas a ele úmidos. *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* apresentou um acúmulo de néctar nas flores mantidas ensacadas durante todo período de antese, sendo o volume médio produzido $8,8 \pm 2,1$ μ l ($n=11$) e a concentração média de solutos $33 \pm 1,6\%$ ($n=11$). Não houve acúmulo detectável de néctar nas flores ensacadas de *Ipomoea cairica*.

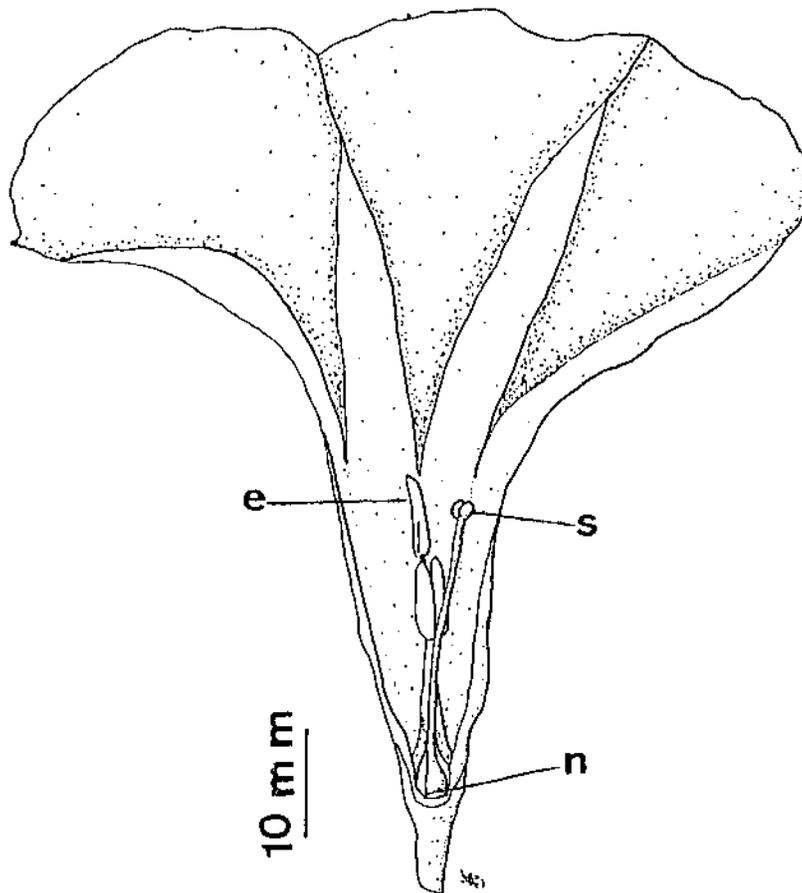


Figura 4 - Corte longitudinal da flor de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, destacando-se o nectário (n), o estame maior (e) e o estigma (s).

2.3.2 - Sistema de Reprodução

As Tabelas I e II mostram os resultados obtidos através das polinizações controladas. *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* são auto-incompatíveis, desenvolvendo frutos apenas nos tratamentos polinização cruzada e controle natural, com porcentagem de sucesso em torno de 80 e 60%, respectivamente. As análises em microscópio de fluorescência mostraram que em *Ipomoea cairica* o tubo polínico atinge a micrópila do óvulo cinco horas após a polinização cruzada, ao passo que em *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* isto ocorre após 12 horas (Figura 5 e 6). Nas flores autopolinizadas, não houve formação do tubo (Figura 7); por vezes uma pequena protuberância de tubo se formava entre as papilas do estigma sem penetrá-lo (Figura 8). Grande parte do pólen não se mantinha preso ao estigma, sendo lavada pelo fixador e durante os procedimentos de preparação das lâminas.

Nas Tabelas III e IV estão os dados referentes ao número de óvulos e grãos de pólen por flor, à razão pólen/óvulo e à viabilidade dos grãos de pólen. O número de óvulos por flor é o mesmo nas duas espécies e o número de grãos de pólen por flor e a razão pólen/óvulo são altos para ambas. A porcentagem de grãos de pólen viáveis é cerca de 10% maior para *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* do que para *Ipomoea cairica*.

2.3.3 - Visitantes

2.3.3.1. *Ipomoea cairica*

As espécies visitantes de *Ipomoea cairica* diferiram de acordo com o local onde esta espécie foi observada. Na região do Instituto de Matemática Estatística e Ciências da Computação (IMECC) os visitantes mais abundantes foram uma abelha

Tabela I - Resultados obtidos através de experimentos com polinização em *Ipomoea cairica*.

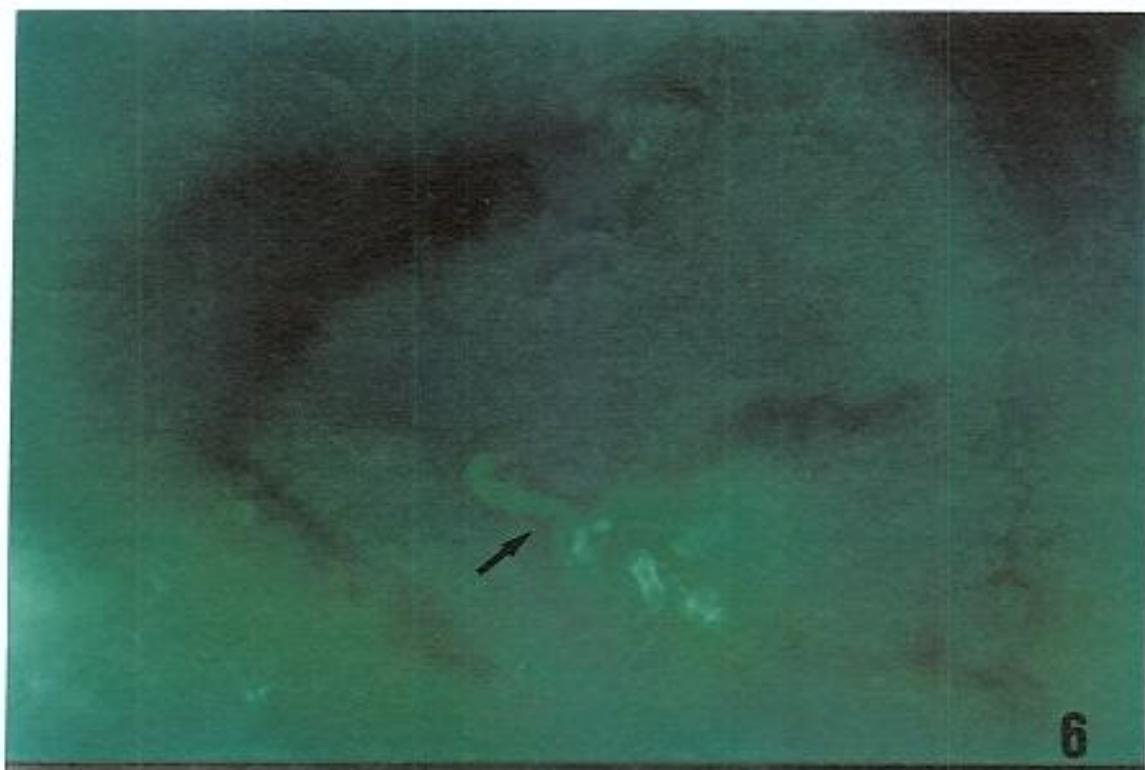
	Nº de flores	Nº de frutos	% de sucesso
Polinização cruzada	26	21	80.8
Autopolinização manual	20	-	0
Autopolinização espontânea	28	-	0
Emasculação	22	-	0
Controle	22	18	81.8

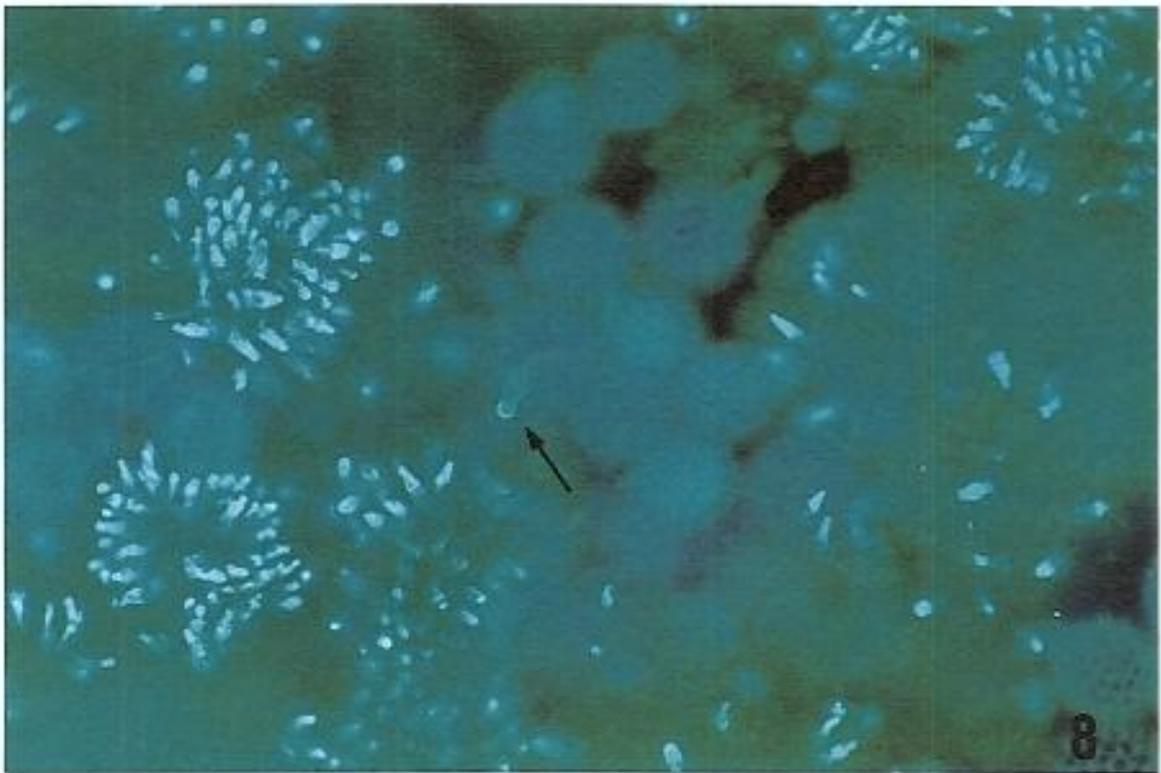
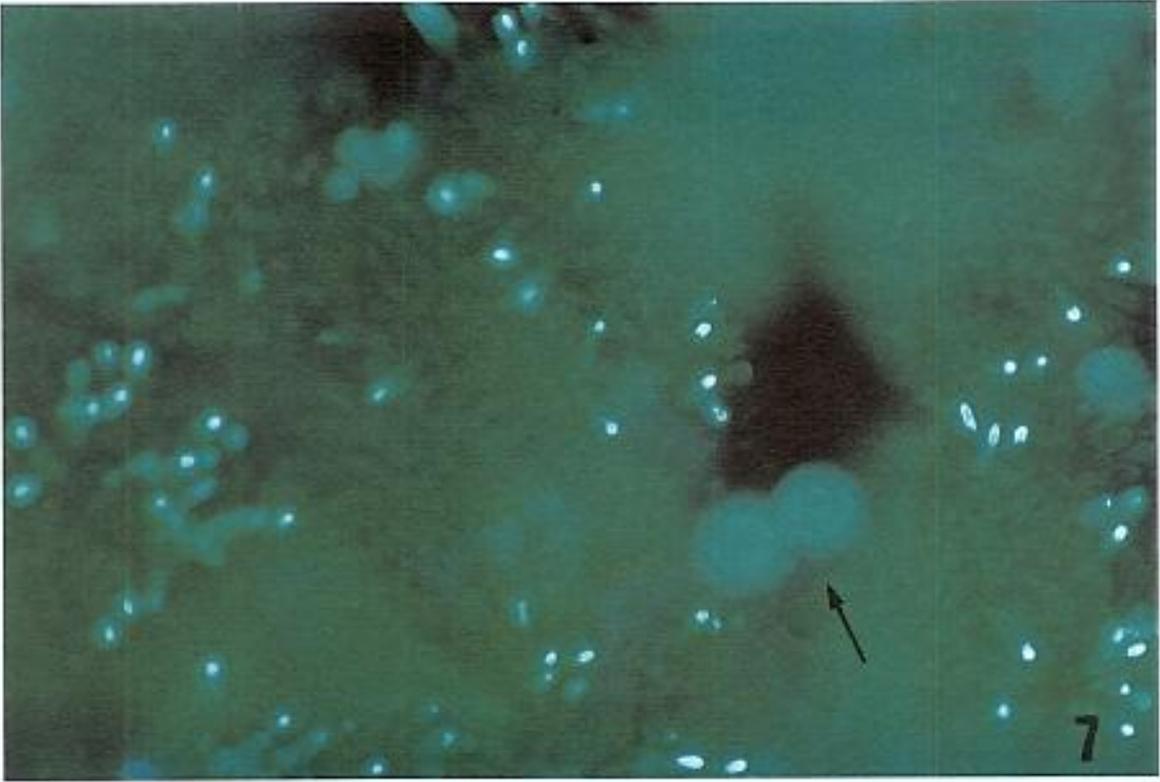
Tabela II - Resultados obtidos através de experimentos com polinização em *I. carnea* ssp. *fistulosa*

	Nº de flores	Nº de frutos	% de sucesso
Polinização cruzada	25	14	56.0
Autopolinização manual	22	-	0
Autopolinização espontânea	22	-	0
Emasculação	20	-	0
Controle	24	15	62.5

Figura 5 - Ovário de *Ipomoea cairica* mostrando os tubos atingindo os óvulos cinco horas após a polinização cruzada

Figura 6 - Óvulo de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* mostrando o tubo polínico atingindo a micrópila do óvulo 12 horas após a polinização cruzada.





1956

Tabela III - Número de óvulos, grãos de pólen, razão pólen/óvulo e grãos de pólen viáveis para flores de *Ipomoea cairica*.

características	
flores amostradas	10*
óvulos/flor	4
grãos de pólen/flor ($x \pm s$)	32400±11843
razão pólen/óvulo ($x \pm s$)	8100±2960
% de grãos de pólen viáveis ($x \pm s$)	89±8

* coletadas em diversos indivíduos de áreas diferentes

Tabela IV - Número de óvulos, grãos de pólen, razão pólen/óvulo e grãos de pólen viáveis para flores de e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*.

características	
flores amostradas	10*
óvulos/flor	4
grãos de pólen/flor ($x \pm s$)	47200±16088
razão pólen/óvulo ($x \pm s$)	11800±4022
% de grãos de pólen viáveis ($x \pm s$)	99±1

* coletadas em diversos indivíduos.

da família Anthophoridae e uma borboleta da família Hesperíidae (Tabela V). Na área próxima a casa de vegetação do Instituto de Biologia (IB), espécies de abelha da família Apidae foram as mais freqüentes (Tabela VI).

Entre as Anthophoridae ocorrentes no IMECC *Melitoma segmentaria* destaca-se pela freqüência com 67,24% (n=803) das visitas. As visitas ocorriam entre 7:30 e 13:00h e duravam cerca de 10 segundos, tornando-se mais rápidas quanto mais próximo o horário de murcha; outras flores eram visitadas em seqüência (em média quatro flores). Esta abelha pousava no limbo da coróia, entrava rapidamente pelo tubo, indo até o fundo para coletar néctar, ficando com a região ventral do corpo sobre as anteras. Em seguida virava-se dentro da flor, fazendo um semicírculo (180°) e começava a coletar pólen ativamente, transferindo-o para as escopas que, assim como seu abdome, ficavam cobertas de pólen. Durante sua movimentação esta abelha tocava seguidamente o estigma da flor com o abdome e as patas.

Exomalopsis fulvopilosa teve comportamento semelhante ao de *Melitoma segmentaria*. Esta abelha era responsável por 3,36% (n=803) das visitas. Suas visitas iniciavam por volta das 11:00h encerrando às 14:00h. Cerca de três flores eram visitadas em seqüência por este inseto que ficava com o abdome e as patas cobertos de pólen.

Augochlora (Oxystoglossella) sp. realizou 3,13% (n=803) das visitas. Esta abelha ocorria entre 9:00 e 14:00h. Durante sua visita ia ao fundo da flor, coletava néctar, retrocedia ,girava o corpo ao sair, tocando estigma e anteras sem coletar pólen. Em certas ocasiões coletava néctar sem tocar os órgãos reprodutivos. Cerca de duas flores eram visitadas em seqüência.

Augochlora (Augochlora) sp. realizou 1,60% das visitas. Iniciava as visitas às 11:00h encerrando-as por volta das 12:00h. Seu comportamento foi semelhante ao de *Augochlora (Oxystoglossella)* sp., coletando apenas néctar e tocando o estigma e os estames ocasionalmente.

Tabela V - Insetos observados visitando flores de *Ipomoea cairica* na área do Instituto de Matemática Estatística e Ciências da Computação (IMECC).

Visitantes	Dimensões (mm)		Frequência Relativa (%) (n=803)	Alimento coletado
	C/L			
HYMENOPTERA				
Antophoridae				
Anthophorinae				
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius)	10.1/4.0		67.3	NE/PO
<i>Exomalopsis fulvopilosa</i> (Spinola)	8.0/3.5		3.4	NE/PO
Halictidae				
Halictinae				
<i>Augochlora (Augochlora) sp.</i>	6.5/2.0		1.6	NE
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.</i>	5.3/1.5		3.1	NE
LEPIDOPTERA				
Hesperiidae				
Hesperiinae				
<i>Perichares lotus</i> (Lath)	23.3/6.6		3.1	NE
<i>Vehilius stictomenes</i> (Butler)	11.5/2.8		21.5	NE

NE: néctar; PO: pólen; C/L: comprimento/largura.

Tabela VI - Insetos observados visitando flores de *Ipomoea cairica* na área da casa de vegetação-Instituto de Biologia (IB).

Visitantes	Dimensões (mm)		Frequência relativa (%) (n=341)	Alimento coletado
	C/L			
HYMENOPTERA				
Antophoridae				
Anthophorinae				
<i>Exomalopsis fulvopilosa</i> (Spinola)	8.0/3.5		7.3	NE/PO
Xylocopinae				
<i>Ceratina (Calloceratina) chloris</i> (Fabricius)	10.5/2.0		0.4	NE
Apidae				
Euglossinae				
<i>Eulaema nigrita</i> Lepelletier	21.7/9.0		78.3	NE
Apinae				
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus	11.2/4.0		13.2	NE/PO
Scoliidae				
	19.8/4.3		0.8	NE/PO

NE: néctar; PO: pólen; C/L: comprimento/largura.

Duas borboletas da família HesperIIDae também realizaram visitas a *Ipomoea cairica*. *Perichares lotus* foi responsável por 3,13% (n=803) das visitas. Suas visitas ocorriam entre 8:00 e 14:00h. Devido ao tamanho de seu corpo esta borboleta pousava no limbo da corola e esticava a espirotromba acessando facilmente o nectário sem precisar entrar na flor e sem tocar os órgãos reprodutivos. Cerca de quatro flores eram visitadas em seqüência por este inseto.

Vehilius stictomenes realizou 21,5% das visitas, as quais ocorriam entre 7:00 e 11:00h. Este lepidóptero pousava no limbo da corola e introduzia sua probóscide e parte do corpo no tubo sem tocar os órgãos reprodutivos da flor, ou tocando-os apenas ocasionalmente. Esta espécie visitava aproximadamente três flores em seguida.

Na área próxima à casa de vegetação do IB, a abelha mais freqüente foi *Eulaema nigrita* (Figura 9) com 78,29% das visitas (n=341); as quais ocorriam entre 7:00 e 10:00h. Esta abelha pousava no limbo da corola ficando com parte do corpo do lado de fora da flor, coletava néctar tocando as anteras e o estigma com a cabeça e a porção anterior do tórax, visitava várias flores em seguida, incluindo indivíduos de outras espécies presentes no local.

Exomalopsis fulvopilosa realizou 7,33% das visitas, as quais ocorriam entre 7:00 e 9:00h. Esta entrava no tubo floral para coletar néctar e tocava as partes reprodutivas com o corpo e as patas ao se movimentar dentro da corola, caminhando sobre as partes reprodutivas da flor. Várias flores eram visitadas em seqüência.

Ceratina (Calloceratina) chloris foi observada uma única vez por volta das 12:00h. Esta entrava pela corola, coletava néctar e ao sair andava em torno das anteras coletando pólen; esta espécie visitava cerca de três flores em seqüência.

Apis mellifera (Figura 10) foi a segunda espécie mais freqüente com 13,19% das visitas. Suas visitas ocorriam entre 9:00 e 13:00h. Esta espécie coletava néctar

Figura 9 - Visita de *Eulaema nigrita* a uma flor de *Ipomoea cairica*. Notar que o abdome do animal fica do lado de fora da flor, assim como o terceiro par de patas, através do qual ela se apoia no limbo da corola.

Figura 10 - *Apis mellifera* se retirando após visita à flor de *Ipomoea cairica*.



tocando as anteras e o estigma ao se movimentar dentro do tubo da corola. Este inseto visitava três flores em seqüência.

Durante os experimentos de reprodução observações ocasionais foram realizadas área da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM). Poucas visitas foram observadas. *Apis mellifera*, *Bombus (Fervidobombus) atratus* e *Melitoma segmentaria* foram freqüentes nesta área. Ambas apresentavam o corpo e as patas cobertos pelo pólen de *Ipomoea cairica*.

Na região da casa de vegetação (IB), uma vespa solitária da família Scoliidae apareceu uma única vez, visitou várias flores em busca de néctar. Tocava o estigma com a região ventral do corpo apresentando-o coberto de pólen. Várias flores foram visitadas seguidamente por este inseto.

As Figuras 11 e 12 mostram a variação temporal no número de visitas para as áreas do IMECC e IB. No IMECC as visitas se iniciam as 7:00h e começam a aumentar após às 8:00h, atingido o pico entre 9:00 e 10:00h e decaindo a partir das 11:00h, indo até às 14:00h, enquanto no IB as visitas começam a partir das 7:00h e aumentam rapidamente ainda antes das 8:00, atingindo o pico entre 8:00 e 9:00h e decaindo a partir das 10:00h, indo até próximo às 14:00h. As Figuras 13 e 14 mostram a distribuição das espécies de acordo com número e horário de visitas. Enquanto algumas espécies ocorrem ao longo de todo o período de antese, outras surgem apenas a partir de alguns horários ou no final da mesma, quando as espécies mais freqüentes começam a diminuir.

2.3.3.2. *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*

Entre as duas abelhas que visitavam *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, *Melitoma segmentaria* (Figura 15) foi a mais freqüente (91,7% das visitas, n=905). Suas visitas ocorriam entre 7:00 e 14:00 e duravam cerca de 10 segundos, tornando-

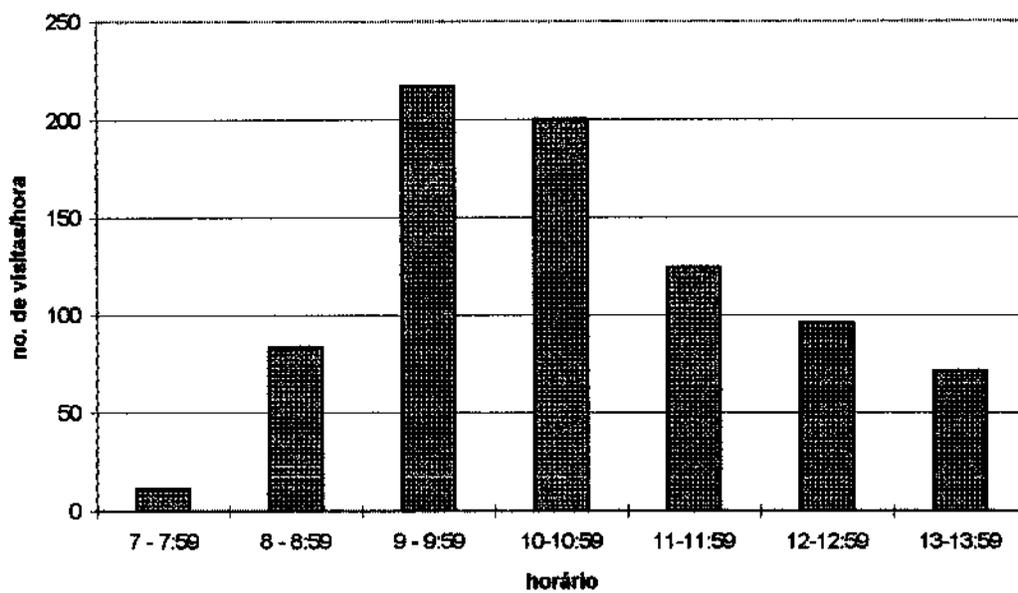


Figura 11 - Número total de visitas a *Ipomoea calrica* por intervalo de hora na área do IMECC, em 10 dias de observação entre julho e outubro de 1995.

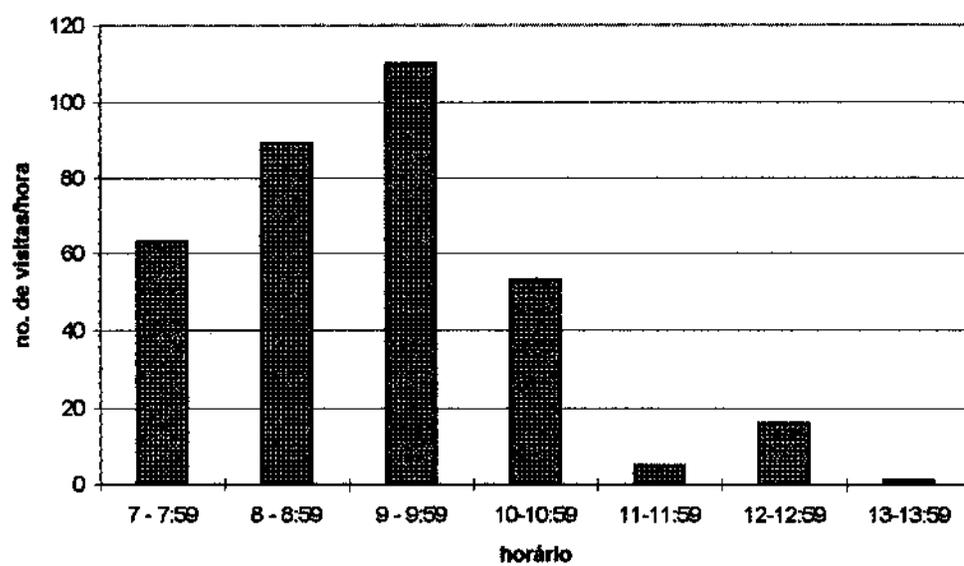


Figura 12 - Número total de visitas a *Ipomoea carnea* por intervalo de hora na área do IB, em 10 dias de observação entre julho e outubro de 1995.

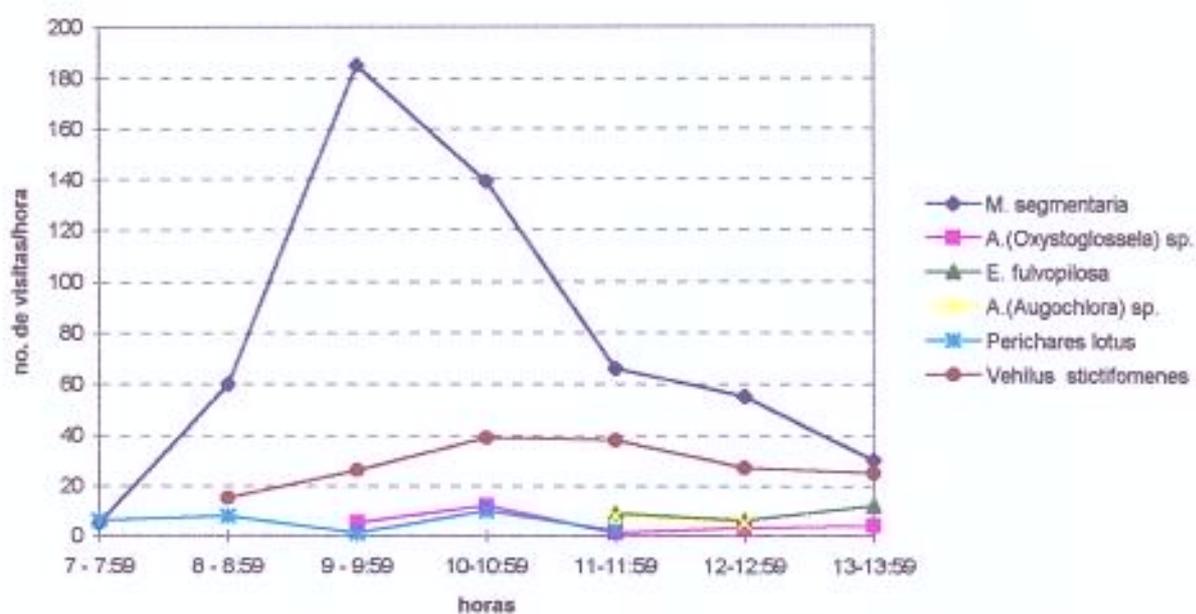


Figura13 - Número de visitas a *Ipomoea cairica* realizadas por inseto por intervalo de hora na área do IMECC, em 10 dias de observação entre julho e outubro de 1995.

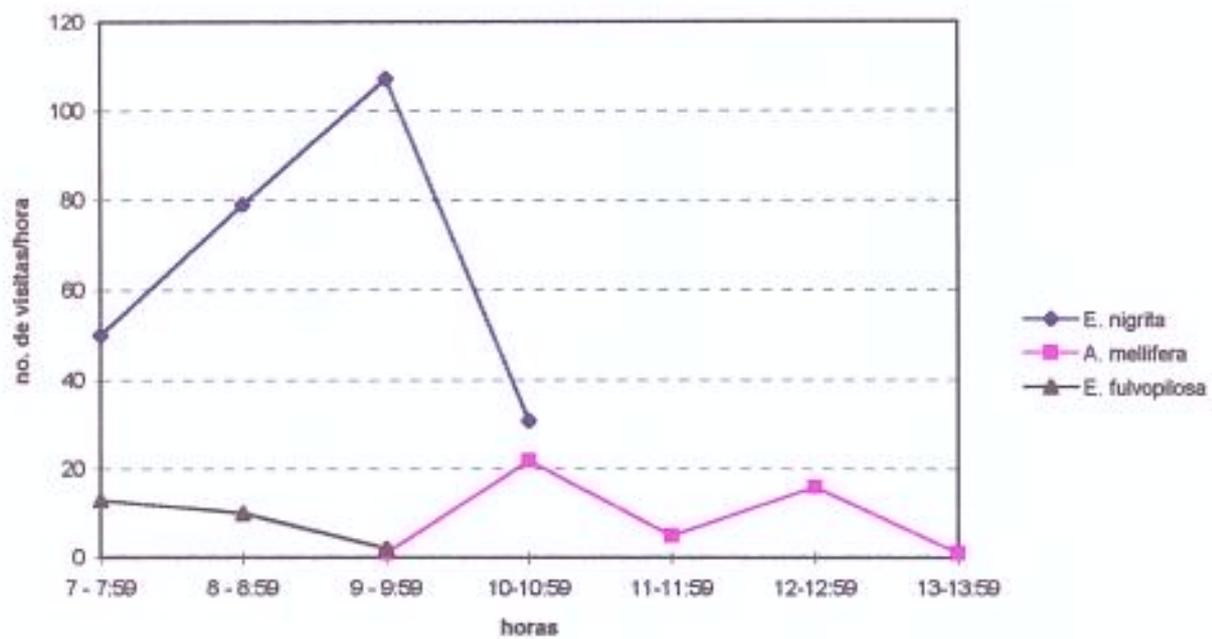


Figura 14 - Número de visitas a *Ipomoea cairica* por abelha por intervalo de hora na área do IB, em 10 dias de observação entre julho e outubro de 1995.



Figura 15 - Visita de *Melitoma segmentaria* à flor de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*. Notar a cabeça da abelha para fora, o corpo fica apoiado sobre os filetes e anteras.

se mais rápidas quanto mais próximo o horário de murcha; outras flores eram visitadas em seqüência (cerca de cinco flores). Esta abelha pousava no limbo da corola, entrava rapidamente pelo tubo, indo até o fundo para coletar néctar, ficando com a região ventral do corpo sobre as anteras. Em seguida virava-se dentro da flor, fazendo um semicírculo (180°) e começava a coletar pólen ativamente, transferindo-o para as escopas que, assim como seu abdome, ficavam cobertas de pólen. Durante sua movimentação esta abelha tocava seguidamente o estigma da flor com o abdome e as patas.

Nos dias nublados, com temperaturas mais baixas, assim como nos dias de chuva, *Melitoma segmentaria*, era observada "repousando" dentro da corola desta espécie com o corpo apoiado sobre os filetes e anteras e a cabeça voltada para fora.

Ceratina (Crewella) gossypii (Figura 16) apresentou uma freqüência de visitação de 7,4%. Suas visitas ocorriam entre 8:00 e 14:00h e cerca de três flores eram visitadas em seguida. Seu comportamento foi semelhante ao de *Melitoma segmentaria*. Esta abelha ousava no limbo da corola, entrava no tubo, indo até o fundo para coletar néctar. A seguir, virava-se dentro da flor (180°), dirigia-se às anteras e coletava pólen ativamente, movimentando-se em círculos em torno delas e tocando o estigma ativamente; suas patas ficavam cobertas de pólen.

Apis mellifera algumas vezes pousava no limbo da corola, caminhava sobre o mesmo e partia sem entrar no tubo, sendo mais freqüentemente observada explorando os nectários extraflorais.

Cybaeus gisca (Hesperiidae) foi observada uma única vez, pousando no limbo da corola e introduzindo quase metade de seu corpo dentro da flor para coletar néctar, mas não tocando nas anteras e no estigma.

Um besouro da família Tenebrionidae também realizou uma visita. Seu aparato bucal consistia de uma comprida língua através da qual se alimentou do



Figura 16 - *Ceratina (Crewella) gossypii* visitando *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*. A abelha coleta ativamente o pólen. Notar o corpo tocando as anteras.

néctar de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*; seu corpo apresentava vestígios de grãos de pólen (ca. de três grãos). Este inseto visitou cerca de três flores em seqüência.

A tabela VII lista todos os visitantes de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* que ocorrem na UNICAMP. A Figura 17 mostra a variação temporal do número de visitas para *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*. As visitas começam a aumentar por volta das 8:00h, atingindo rapidamente um pico às 9:00h, este se estende até às 12:00h. A partir das 13:00h o número de visitas decai com as flores em processo de murcha.

Os nectários extraflorais desta espécie produzem um néctar de consistência viscosa. Estes nectários são patrulhados por formigas dos gêneros *Camponotus* e *Crematogaster*. Apesar de ambos gêneros apresentarem comportamento agressivo e de patrulhamento das plantas, insetos diversos como moscas, vespas, marimbondos, e abelhas (incluindo *Apis mellifera*) também foram observados visitando estes nectários sem serem molestados.

Durante as observações do mês de dezembro, *Chelimorpha informes* (Chrysomelidae: Cassidinae), que se alimentava das folhas de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, apresentou um aumento populacional. Ao se alimentar de todas as folhas disponíveis estes insetos passaram a raspar os botões imaturos desta espécie, prejudicando seu desenvolvimento a ponto de causar interrupção da floração e, conseqüentemente, prejudicando as observações.

Tabela VII - Insetos observados visitando flores de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* no campus da UNICAMP.

Visitantes	Dimensões (mm) C/L	Frequência relativa (%) (n=882)	Alimento coletado
HYMENOPTERA			
Antophoridae			
Anthophorinae			
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius)	10.1/4.0	91.1	NE/PO
Xylocopinae			
<i>Ceratina (Crewella) gossypii</i> Schrottry	9.0/3.0	8.5	NE
LEPIDOPTERA			
<i>Cymaenes gisca</i> (Evans)	16.0/4.6	0.1	NE
COLEOPTERA			
Tenebrionidae	8.3/2.6	0.3	NE

NE: néctar; PO: pólen; C/L: comprimento/largura.

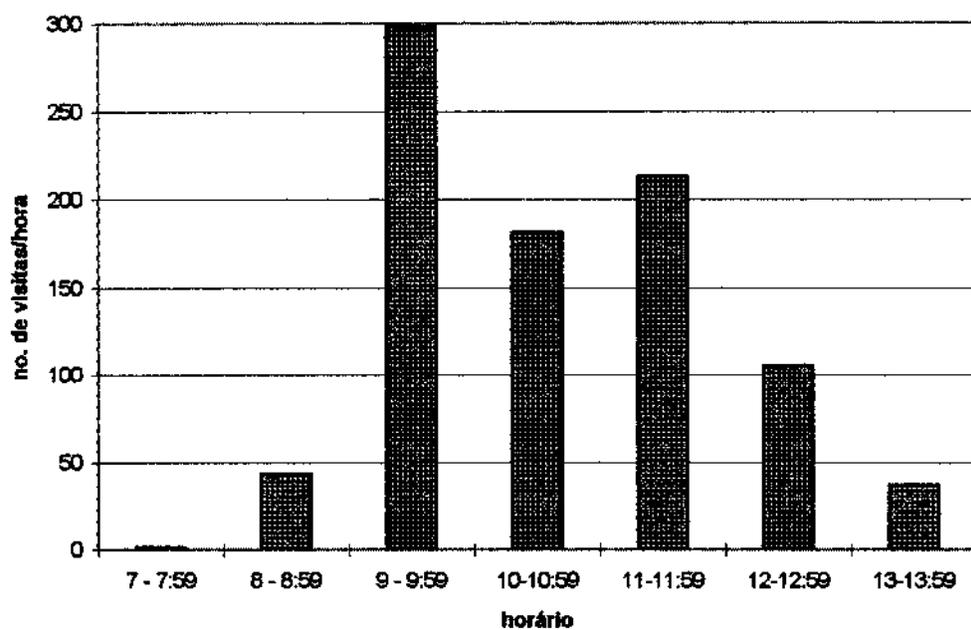


Figura 17 - Número total de visitas/intervalo de hora para *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, em 10 dias de observação entre outubro de 1995 e abril de 1996.

2.4 - DISCUSSÃO

2.4.1 - Morfologia e Biologia Florais

Ipomoea cairica e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* florescem durante todo ano, excetuando os períodos muito secos ou frios (Kissmann & Groth, 1992). As características das flores de ambas espécies, como a cor (púrpura, violeta), forma tubular com ampla plataforma de pouso, a zigomorfia, antese diurna, néctar abrigado na base da corola e produzido em pequena quantidade (em relação a espécies ornitófilas, p. ex.), são compatíveis com a síndrome de melitofilia descrita por Faegri & Pijl (1979). Para acessar o néctar os visitantes devem entrar na corola e introduzir suas línguas entre as inserções dos filetes, sendo limitados, portanto, pelo tamanho de seu corpo que deve ser menor que o diâmetro do tubo da corola (Proctor *et al.*, 1996). Como o diâmetro do tubo da corola das espécies estudadas é considerado grande, em relação à algumas espécies do gênero *Ipomoea* (p. ex. *Ipomoea aristolochiaefolia*), várias abelhas são capazes de acessar o néctar, o que possibilita a polinização promíscua (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982). O limbo amplo funciona como plataforma onde os diversos insetos visitantes podem pousar e/ou apoiar-se durante a coleta de recursos (Faegri & Pijl, 1979).

Entre as cores das flores consideradas atrativas para abelhas estão aquelas que os olhos humanos percebem como branco, amarelo, azul-violeta e púrpura (Roubik, 1989, Proctor *et al.*, 1996). Em nas espécies de *Ipomoea* aqui estudadas a cor da fauce escura e contrastante dá destaque aos filetes de indumento claro, devem funcionar como guias de néctar. As pregas da corola de coloração ligeiramente mais clara podem funcionar do mesmo modo. Flores da família Convolvulaceae apresentam as mais diversas cores, tais como azul, branco, púrpura, vermelho e creme, atraindo diversos grupos de animais (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982;

Stucky, 1984, Maimoni-Rodella & Rodella, 1986/87, Machado & Sazima, 1987, Maimoni-Rodella, 1991, Willmott & Búrquez, 1996).

Ipomoea cairica e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* são diurnas mas o horário de abertura das flores no gênero *Ipomoea* costuma ser muito variável. São citadas espécies diurnas que podem abrir suas flores ao amanhecer (Schlising, 1970, Stucky, 1984, Maimoni-Rodella & Rodella, 1986, 1986/87, Gottsberger *et. al.*, 1989) ou até no início da tarde (Machado & Sazima, 1987) além de espécies noturnas (Frey, 1995, Willmott & Búrquez, 1996). Com relação à *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* existe uma controvérsia sobre o horário de abertura. Frey (1995) afirma que esta espécie, na Bolívia, abre suas flores às 23:00h, enquanto Amaral & Gomes (1996) afirmam que a abertura no Mato Grosso do Sul ocorre predominantemente pela manhã. Observamos a abertura das flores apenas ao nascer do sol. Se não estivermos lidando com problemas de identificação, fatores associados ao local de ocorrência pode estar afetando a antese nesta espécie.

Apesar de não ter sido possível detectar a presença de odor floral pelo olfato humano, abelhas possuem grande sensibilidade olfativa sendo capazes de detectar odores até 100 vezes mais fracos do que podemos perceber (Proctor *et al.*, 1996). Ormond *et al.* (1993) e Barbosa (1996) notaram esta ausência de odor detectável em comunidades melitófilas de restinga e cerrado, respectivamente.

2.4.2 - Sistema de Reprodução

A posição exerta do estame maior em relação ao estigma favorece a remoção de pólen nestas espécies, assim como a deposição de pólen da própria flor sobre o segundo, podendo alterar o papel do polinizador durante a visita (Murcia, 1990, Ennos, 1981). Esta posição das anteras favorece a autopolinização entre as espécies autocompatíveis. Entretanto, as espécies aqui estudadas são auto-

incompatíveis e a reprodução só se dá através de polinizadores. A ação dos polinizadores nas duas espécies tem se mostrado eficiente pois o grupo controle apresentou 81,81% e 62,5% de sucesso na produção de frutos, para *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, respectivamente.

De acordo com a Tabela II *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* apresentou 62.5% de sucesso reprodutivo no grupo controle. Keeler (1975) observou para *Ipomoea carnea* na Costa Rica uma porcentagem de sucesso reprodutivo reduzida no mesmo grupo (entre 10 e 20%). De acordo com Frey (1995) na Bolívia, a porcentagem observada para *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* foi 71%, aproximadamente. Quando a porcentagem de sucesso na polinização cruzada natural (controle) se apresenta muito reduzida, a propagação vegetativa, aliada à reprodução por sementes, representa uma estratégia importante na propagação da espécie. Frey (1995) observou que esta espécie apresenta altas taxas de crescimento e regeneração e é capaz de responder a drásticas mudanças ambientais, exibindo extraordinária capacidade competitiva, caracterizando-se como uma espécie invasora muito eficiente.

Ambas espécies estudadas mostraram autoincompatibilidade (Tabelas I e II). Segundo Martin (1970) sistemas de auto-incompatibilidade estão amplamente distribuídos pelo gênero *Ipomoea*, ocorrendo ocasionalmente em outros gêneros da família Convolvulaceae. Plantas perenes pertencentes ao gênero, como *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, seriam auto-incompatíveis enquanto que as anuais seriam autocompatíveis (Martin, 1970). Assim como observado neste trabalho as espécies auto-incompatíveis testadas por Martin (1970) mostraram falha na germinação do pólen na autofecundação ou apresentaram a formação de um pequeno tubo que não penetrava o estigma (Figuras 7 e 8). Estes eram facilmente lavados pelo fixador ou deslocados durante a preparação do estigma para o microscópio de fluorescência, sugerindo um mecanismo que atua na superfície do

estigma e depende de reações entre o seu exudado e substâncias do pólen (Martin, 1970, Proctor *et al.*, 1996). Este sistema é classificado como esporofítico homomórfico, e ocorre na família Convolvulaceae como um todo (Martin, 1970, Proctor *et al.*, 1996).

O sistema de auto-incompatibilidade esporofítico que ocorre nas Convolvulaceae é considerado geneticamente similar ao das Asteraceae e Brassicaceae, envolvendo um único loco, múltiplos alelos e interações epistáticas (Proctor *et al.*, 1996). Este sistema é considerado raro entre as Angiospermas por diversos autores, como Gibbs (1990) e Proctor *et al.* (1996). Sistemas de auto-incompatibilidade limitam o número de “parceiros” possíveis para o cruzamento, principalmente nas populações onde o número de indivíduos é pequeno (como no caso da população de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* aqui estudada) podendo levar a extinção local (Byers & Meagher, 1992). Entretanto, segundo Stucky & Beckmann (1982), a maioria das populações possui suficiente diversidade de alelos para propiciar a polinização entre os indivíduos. Neste contexto a promiscuidade na polinização é uma estratégia vantajosa para ambas espécies aqui estudadas. Estas mostraram alta taxa de sucesso reprodutivo entre as flores expostas à polinização natural. Além disso possuem eficientes sistemas de reprodução vegetativa, sendo capazes de garantir a manutenção de suas populações.

Amaral & Gomes (1996) afirmam ser *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* autocompatível, mas ressaltam que há necessidade de um agente polinizador para o sucesso da autopolinização, pois os frutos só se formaram quando houve autopolinização manual (quatro frutos em 78 flores). East (1940, *apud* Martin, 1970) considerou *Ipomoea crassicaulis* (Benth) Robins syn. *Ipomoea fistulosa* Mart. como auto-incompatível, enquanto Knigh (1959, *apud* Martin, 1970) considerou-a autocompatível. O próprio Martin (1970) realizou experimentos com indivíduos desta espécie, por ele considerados autocompatíveis, concluindo serem eles auto-

incompatíveis. Estas diferenças em uma mesma espécie quanto ao seu sistema de reprodução foram também observadas para *Passiflora edulis* (Passifloraceae) (Moncur, 1988, *apud* Endress, 1994). De acordo com Prabha & Gupta (1984) o vigor da auto-incompatibilidade em *Ipomoea fistulosa* pode ser afetado pela maturidade do pistilo e pelo momento da estação de floração considerado. Por outro lado, cada autor poderia estar lidando com subespécies diferentes as quais possuiriam sistemas de reprodução diferenciados.

Cruden (1977) afirma que a mudança evolutiva da xenogamia para a autogamia é acompanhada por um decréscimo na razão pólen/óvulo. De acordo com este autor a razão pólen/óvulo (Tabela III e IV) classifica estas espécies como xenógamas obrigatórias, confirmando os resultados observados tanto no microscópio de fluorescência (Figuras 5 e 6) quanto nos experimentos de polinização (Tabela I e II). Alguns autores têm demonstrado que o sistema reprodutivo de várias espécies vegetais não coincide com o esperado pelo que foi apresentado por Cruden (1977), como Kawano & Matsuda (1980) em sua revisão sobre a reprodução das Angiospermas, Preston (1986) para espécies de Cruciferae (Brassicaceae) e Amaral (1992) para a tribo Bignonieae (Bignoniaceae). No entanto, outros têm verificado sua validade para o gênero *Ipomoea*, como Machado & Sazima (1987) para *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* e Stucky (1985) para *Ipomoea hederacea* e *Ipomoea purpurea*, todas elas autógamias facultativas.

2.4.3 - Visitantes

Os visitantes mais importantes para *Ipomoea cairica* variaram de acordo com os locais do campus da UNICAMP onde se deram as observações. Isto evidencia mais uma vez o caráter promiscuo da polinização nesta espécie, que pode ser

visitada por diferentes espécies de abelhas, borboletas e outros insetos (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982).

Na área do IMECC *Melitoma segmentaria* (Anthophoridae) foi o visitante mais importante, sendo o polinizador mais freqüente e efetivo. Esta espécie é citada como polinizadora desta espécie na região de Jaboticabal por Maimoni-Rodella *et al.* (1982) e na região de Botucatu por Sartori (1990). Sartori (1990), no entanto, considerou-a um polinizador pouco freqüente.

As espécies consideradas pouco freqüentes foram *Exomalopsis fulvopilosa* (Anthophoridae) e *Augochlora (Oxystoglossella)* sp. (Halictidae). Delas apenas a primeira pode ser considerada como um polinizador, a outra é pilhadora ou polinizadora ocasional. Por sua vez, *Augochlora (Augochlora)* sp. apresentou baixa freqüência e era também um polinizador ocasional.

Entre as duas espécies de borboleta da família Hesperidae que visitaram esta planta, *Perichares lotus* foi um visitante pouco freqüente, enquanto *Vehilius stictomenes* foi o segundo visitante mais importante. Ambas borboletas foram consideradas como pilhadoras de néctar e polinizadores ocasionais. Maimoni-Rodella *et al.* (1982) e Sartori (1990) também observaram visitas freqüentes de hesperídeos a *Ipomoea cairica* e os consideraram pilhadores de néctar.

De acordo com Inouye (1980) os comportamentos de pilhagem podem ser classificados como: 1) roubo primário de néctar, quando o mesmo é coletado por danos nos tecidos florais; 2) roubo secundário de néctar, quando o pilhador acessa o néctar através do dano causado pelo agente primário e 3) furto de néctar, onde nenhum dano é causado e a visita é realizada por vias legítimas (como faria o polinizador). Todos os pilhadores de néctar em *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* realizavam furto de néctar, não sendo observado roubo primário ou secundário.

Na região da casa de vegetação do IB abelhas da família Apidae mostraram possuir maior importância. *Eulaema nigrita* foi a espécie mais freqüente. Apresentava cabeça e abdome cobertos de pólen, visitava várias flores em seqüência, tocando o estigma com a cabeça, podendo ser um polinizador eficiente. Maimoni-Rodella *et al.* (1982), no entanto, consideraram esta espécie apenas como pilhadora de néctar. *Exomalopsis fulvopilosa* (Anthophoridae) foi polinizador freqüente e eficiente enquanto *Ceratina (Calloceratina) chloris* (Anthophoridae) ocorreu uma única vez. Apesar de *Apis mellifera* ter sido a segunda espécie mais importante, sendo também um polinizador eficiente, é uma espécie introduzida não sendo um polinizador natural desta espécie de *Ipomoea*.

Uma vespa solitária da família Scoliidae foi observada durante um único dia visitando diversas flores. Segundo Proctor *et al.* (1996) estes insetos costumam se alimentar de outros pequenos insetos, coletando pólen e néctar para suas larvas durante a fase de nidificação. Maimoni-Rodella *et al.* (1982) também observaram visitas raras de insetos da família Scoliidae a *Ipomoea cairica*. Visitas freqüentes e eficientes deste inseto a *Ipomoea aristolochiaefolia* foram observadas por Maimoni-Rodella (1991).

A área da FEM mostrou mais uma vez a importância de *Melitoma segmentaria* e de abelhas da família Apidae para esta espécie.

Melitoma segmentaria e *Ceratina (Crewella) gossypii* (Anthophoridae) foram consideradas polinizadores efetivos de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, sendo *Melitoma segmentaria* claramente o polinizador mais freqüente (91,7%, n=905), enquanto que HesperIIDae e Tenebrionidae foram considerados pilhadores e polinizadores ocasionais, respectivamente. Na região do Chaco Boliviano, Apidae e Anthophoridae foram os grupos mais comuns. No entanto, borboletas HesperIIDae foram consideradas polinizadores mais eficientes (Frey, 1995).

De acordo com Frankie *et al.* (1983), abelhas sociais dos gêneros *Apis* e *Bombus* são conhecidas por terem hábito alimentar generalista, poliléticas, pois forrageiam em diversos tipos de flores. Espécies solitárias, por outro lado, podem ser oligoléticas, coletando pólen de apenas um grupo de espécies vegetais estreitamente relacionadas de uma única família, gênero ou seção, mesmo quando outras fontes de recurso são disponíveis (Frankie *et al.*, 1983). Michener (1954, *apud* Schlising, 1970), afirma que espécies pertencentes aos gêneros *Melitoma* e *Ancyloscelis*, pertencentes a família Anthophoridae, são oligoléticas para o gênero *Ipomoea*. Esta preferência pode implicar numa série de adaptações morfológicas e comportamentais por parte das abelhas, como escopas adaptadas a coleta de pólen do grupo ao qual a abelha se relaciona (Frankie *et al.*, 1983).

Abelhas do gênero *Melitoma* são comumente citadas nos trabalhos realizados por Keeler (1975), Maimoni-Rodella *et al.* (1982), Maimoni-Rodella & Rodella (1992) e Frey (1995), como polinizadores eficientes para o gênero *Ipomoea*. A Tabela VIII mostra as espécies da família Convolvulaceae estudadas no Brasil e seus principais visitantes. *Melitoma segmentaria* é citada para quase todas as espécies melitófilas de *Ipomoea* estudadas no estado de São Paulo (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982; Maimoni-Rodella & Rodella, 1992) e por Gottsberger *et al.* (1988) no estado do Pará. *Melitoma* sp. é citada como visitante de *Ipomoea aff. procumbens*, na Serra do Cipó - MG por Faria (1994). Segundo Michener (1954, *apud* Schlising, 1970), todas as espécies de *Melitoma* do Panamá obtêm pólen de *Ipomoea*. Outras espécies do gênero *Melitoma* são citadas como polinizadores de espécies deste gênero fora do Brasil, como *Melitoma euglossoides*, que na Costa Rica visita *Ipomoea carnea* (Keeler, 1975) e *Ipomoea triloba* (Schiling, 1970), e *Melitoma taurea* que visitava *Ipomoea purpurea*, *Ipomoea hederacea* e *Ipomoea pandurata* na Carolina do Norte, Estados Unidos (Stucky, 1984 e Stucky & Beckmann, 1982) e *Ipomoea pes-caprae*, no México (Devall & Thien, 1989). Espécies da tribo Melitomini (*Melitoma*),

Tabela VIII - Visitantes das espécies de Convolvulaceae estudadas no Brasil.

Espécie	Sist. repr. ¹	Visitantes (polinizadores e pilhadores) ²	Fonte(s)
<i>Ipomoea cairica</i>	AI	<i>M. segmentaria</i> , <i>Exomalopsis (Megamalopsis) fulvofasciata</i> e <i>Ancylosceles apiformes</i> (Anthophoridae), <i>T. (Trigona) spinipes</i> e <i>Eulaema (Apaulema) nigrita</i> (Apidae), <i>Augochlora (Augochlora) exos</i> (Halictidae), Hesperidae.	Maimoni-Rodella et al. (1982).
<i>Merremia dissecta</i>	AC	<i>Trigona (Trigona) snipes</i> e <i>Apis mellifera</i> (Apidae), <i>Ancylosceles apiformes</i> e <i>Ceratina (Crewella) sp.</i> (Anthophoridae), Hesperidae, Pieridae.	Maimoni-Rodella & Rodella (1986).
<i>Merremia cissoides</i>	AC	<i>Ancylosceles apiformes</i> e <i>Exomalopsis (Megamalopsis) fulvofasciata</i> (Anthophoridae), <i>Apis mellifera</i> (Apidae), Hesperidae, Pieridae.	Maimoni-Rodella & Rodella (1986/87).
<i>Ipomoea hederifolia</i>	AC	<i>Amazilia lactea</i> , <i>Calliphlox amethystina</i> , <i>Eupetomena macroura</i> , <i>Phaethornis pretrei</i> , <i>Chlorostilbom aureoventris</i> e <i>A. versicolor</i> (Trochilidae), Pieridae, Papilionidae.	Machado & Sazima (1987).
<i>Ipomoea quamoclit</i>	AC	<i>Phoebis sennae</i> , <i>P. philea</i> e <i>P. argante</i> (Pieridae), <i>Celaenorrhinus similis</i> (Hesperidae).	Machado & Sazima (1987).
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	AI	<i>Pseudaugochloropsis pandora</i> (Halictidae), <i>Centris leprieuri</i> e <i>M. segmentaria</i> (Anthophoridae), <i>Apis mellifera</i> (Apidae).	Gottsberger et al. (1988).
<i>Ipomoea stolonifera</i>	AC	Bruchidae, <i>Centris leprieuri</i> (Anthophoridae), <i>Eulaema sp.</i> (Apidae), <i>Mesoplia regalis</i> .	Gottsberger et al. (1988).
<i>Ipomoea aristolochiaefolia</i>	AC	<i>Apis mellifera</i> (Apidae), <i>Augochloropsis artemisia</i> (Halictidae), Scoliidae, Hesperidae.	Maimoni-Rodella (1991).
<i>Ipomoea acuminata</i>	AC	<i>M. segmentaria</i> e <i>Thygater analis</i> (Anthophoridae), <i>Eulaema (Apaulema) nigrita</i> (Apidae), Hesperidae, Pieridae.	Maimoni-Rodella & Rodella (1992).
<i>Evolvulus lithospermoides</i>	--	<i>Paroxystoglossa jocasta</i> e <i>Dialictus (Chloralictus) sp.</i> (Halictidae)	Faria (1994).
<i>Ipomoea aff. procumbens</i>	--	<i>Melitoma sp.</i> (Anthophoridae) e <i>Lithurge huberi</i> (Megachilidae)	Faria (1994).
<i>Ipomoea procurrens</i>	--	<i>Ceratina sp.</i> , <i>Epicharis iheringi</i> e <i>Paratetrapedia sp.</i> (Anthophoridae)	Carvalho & Bego (1995. apud Barbosa, 1996).
<i>Merremia tomentosa</i>	--	<i>Augochlora sp.</i> (Halictidae), <i>Ceratina cff. gossypii</i> e <i>Exomalopsis fulvofasciata</i> (Anthophoridae)	Carvalho & Bego (1995, apud Barbosa, 1996).
<i>Ipomoea carnea ssp. fistulosa</i>	AC	<i>Melipona sp.</i> (Apidae), Chysomelidae, Cantharidae, Curculionidae, Staphylinidae	Amaral & Gomes (1996).

¹ Sistema reprodutivo. AC: autocompatível, AI: autoincompatível.² os visitantes estão ordenados de acordo com a frequência e/ou importância para a espécie.

apresentam escopas adaptadas à coleta de pólen grande e de exina ornamentada, sendo geralmente, oligoléticas para *Ipomoea* (Camillo *et al.*, 1993)

O uso das flores de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* como abrigo, pode representar mais uma evidência da estreita associação entre *Melitoma segmentaria* e esta espécie. Comportamento semelhante entre abelhas solitárias tem sido observado por outros autores. Geofery (1928, *apud* Pijl & Dodson, 1969) afirma que abelhas dos gêneros *Osmia* e *Anthidium* utilizavam flores de *Serapias* (Orchidaceae) como dormitório durante a noite. Machos de *Hexanthera missionica* fazem o mesmo em flores de *Calibrachoa elegans* (Solanaceae) (Stehmann & Semir, 1994).

Abelhas da família Apidae, apesar de não serem consideradas oligoléticas para este gênero, mostram ser visitantes freqüentes e, em geral, polinizadores eficientes. Entre elas podem ser citados *Eulaema nigrita* (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982, Maimoni-Rodella, 1991) e *Bombus pensilvanicus* (Stucky & Beckmann, 1982, Stucky, 1984, Murcia, 1990).

Abelhas da família Halictidae foram consideradas como pilhadoras ou polinizadoras ocasionais neste e em outros trabalhos para o gênero *Ipomoea* (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982, Sartori, 1990, Maimoni-Rodella & Rodella, 1992). Os Halictidae são abelhas de língua curta e pequeno porte corporal, com menor requerimento energético, o que permite o hábito generalista. Costumam visitar principalmente flores actinomorfas (Roubik, 1989, Faria, 1994). Nas espécies de corola longa entram no tubo para coletar o néctar, mas dificilmente atuam como polinizadores (Roubik, 1989, Faria, 1994).

Borboletas da família Hesperíidae, Pieridae e Papilionidae têm sido citadas como visitantes de espécies do gênero *Ipomoea* no Brasil por diversos autores (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982, Machado & Sazima, 1987, Maimoni-Rodella, 1991, Maimoni-Rodella & Rodella, 1992), independente da síndrome de polinização de cada espécie estudada. A probóscide das borboletas é considerada local de deposição de

pólen mais eficiente que o corpo (Levin *et al.*, 1971). Waddington (1976) sugere que o pólen transportado por estes insetos pode ser “perdido” quando depositado no estigma da mesma flor em espécies auto-incompatíveis, durante o vôo ou em partes florais não-estigmáticas. Wiklund *et al.* (1979) afirmam que as borboletas evoluíram como “parasitas”, alimentando-se do néctar das flores sem polinizá-las. Machado & Sazima (1987) acreditam que nas regiões tropicais, assim como nas temperadas, a função das borboletas como polinizadores seja pequena e que a questão da síndrome de psicofilia deva ser revista. De acordo com Frey (1995), na fronteira Brasil - Bolívia, *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* abria suas flores ainda à noite sendo visitada por um Sphingidae (mariposa). A antese continuava por toda manhã, no início da qual esta espécie era visitada por hesperídeos que aquele autor considerou como polinizadores efetivos. De acordo com Willmott & Búrquez (1996), *Merremia palmeri*, uma espécie de antese noturna, era visitada por várias espécies de Sphingidae e polinizada por elas. A eficiência dos Lepidoptera como polinizadores tem se mostrado controversa e deve ser melhor avaliada no futuro.

Outras espécies da família Convolvulaceae foram estudadas no Brasil, sendo visitadas principalmente por abelhas das famílias Anthophoridae, Apidae e Halictidae. Entre as espécies do gênero *Merremia*, *M. cissoides* e *M. dissecta*, foram estudadas por Maimoni-Rodella & Rodella (1986, 1986/87), na região de Jaboticabal. Estas espécies foram visitadas principalmente por abelhas Anthophoridae, como *Exomalopsis (Megamalopsis) fulvofasciata*, que foi um polinizador eficiente para a primeira espécie e *Ancyloscelis apiformis*, polinizador eficiente para ambas espécies. Entre os Apidae, *Apis mellifera* foi polinizador eficiente em ambas espécies e *Trigona (Trigona) spinipes* polinizador eficiente da segunda espécie. Outros visitantes foram borboletas das famílias Hesperíidae e Pieridae e um besouro da família Chrysomelidae, considerados, respectivamente, pilhadores de néctar e herbívoros florais das duas espécies. *Merremia tomentosa*, numa área de cerrado de Uberlândia

- MG, foi visitada por *Augochlora* sp. (Halictidae), *Ceratina* cff. *gossypii* e *Exomalopsis fulvofasciata* (Anthophoridae) (Carvalho & Bego, 1995, *apud* Barbosa, 1996).

Evolvulus lithospermoides, na Serra do Cipó - MG, foi visitada por *Paroxystoglossa jocasta* e *Dialictus (Chloralictus)* sp. (Halictidae) (Faria, 1994). Podemos notar, que dentro da família Convolvulaceae os grupos de abelhas tendem a se repetir com alguma variação (Tabela VIII).

Este trabalho mostrou a importância da influência do local de ocorrência dos indivíduos de *Ipomoea cairica* para a determinação das visitantes de suas flores (Tabelas V e VI), evidenciando mais uma vez o caráter promíscuo da espécie. O pequeno número de espécies visitantes presentes em cada local também fez com que algumas espécies de abelha tivessem importância muito maior na polinização das flores em relação a outras. A pequena disponibilidade de Anthophoridae na região próxima à casa de vegetação do IB poderia explicar a importância de Apidae para aquela área. No entanto, a presença de *Melitoma segmentaria* foi notada na área dos canteiros junto a casa de vegetação, algumas dezenas de metros além do nosso ponto de observação. Esta espécie parece ocorrer de forma localizada em relação à fonte de recursos.

Os visitantes de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, foram observados em dias não-consecutivos durante os meses de outubro e novembro de 1995, março e abril de 1996, compreendendo dois períodos de floração, e durante a realização do registro fotográfico no mês de maio de 1996. Apesar de apenas duas espécies de abelhas terem sido observadas (Tabela VII), a eficiência destes visitantes foi evidenciada pela alta porcentagem de sucesso na formação de frutos através de polinização natural observada neste trabalho (62,50%). Tendo sido introduzida no campus da UNICAMP por volta de 1980 por João Vasconcellos Neto (com. pess.), esta espécie se mostra totalmente adaptada sendo capaz de manter sua população

na área estudada tanto através da reprodução sexuada como vegetativa. Atualmente ocorre também em outras áreas do campus de forma subespontânea.

Vários fatores são importantes para determinação da composição da fauna de uma comunidade, como o clima, a presença de substratos para a nidificação e eventos históricos (Ducke, 1910, Roubik, 1989). Entre os grupos encontrados no campus, as tribos Melitomini, Exomalopsini e a família Halictidae cavam ninhos no solo (*Augochlora* nidifica em substratos vegetais), Ceratinini se utiliza da medula de ramos finos, galhos, e os Apidae utilizam-se de substratos vegetais como moitas de capim, cavidades (Camillo *et al.*, 1993, Faria, 1994).

O campus da Universidade Estadual de Campinas apresenta atualmente grande diversidade vegetal, com cerca de 400 espécies entre árvores e arbustos (Santin, dados não publicados), além de diversas áreas ruderais e amplos gramados. Existe, portanto, disponibilidade de locais para nidificação e alimentação de abelhas. A relativa pobreza das espécies visitantes nas áreas de estudo (apenas 7 para *Ipomoea cairica* e 2 para *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*) pode ser explicada por ser o campus universitário, um ambiente consideravelmente alterado, onde podas constantes para a manutenção do gramado faz das espécies estudadas, entre outras, um recurso muito imprevisível para as abelhas.

As Figuras 11, 12 e 17 mostram que a freqüência de visitas variam ao longo do período de antese para as duas espécies estudadas. Real (1981) estudando *Ipomoea batatas* e *Ipomoea indica* observou que os visitantes destas espécies apresentavam um pico de visitação entre 8:00 e 11:00h e que as abelhas de menor porte costumavam aparecer no fim do período de antese. Nossos resultados se assemelham aos que foram obtidos por Real (1981). Para aquela autora seus resultados estão relacionados à variação na quantidade de néctar produzido ao longo do dia; os picos de visita, assim como a ocorrência de polinizadores de maior tamanho, coincidem com picos de disponibilidade deste recurso. Este padrão, no

entanto, mostrou-se claro apenas para *Ipomea batatas*, enquanto *Ipomoea indica*, não houve relação entre o número de visitas e tamanho do polinizador com a disponibilidade de néctar. Para Schlising (1970) o aumento no número de visitas ocorre a cada meia-hora paralelamente ao aumento da temperatura durante a manhã. Como a temperatura do ambiente também pode afetar a produção de néctar, além da atividade dos insetos, podemos concluir que estes fatores se interrelacionam (Dafni, 1992). Segundo Keeler (1975) a taxa de produção de néctar por *Ipomoea carnea* aumenta bruscamente às 9:00h (de 0,5 μ l para 2,1 μ l) e continua subindo até às 12:00h (2,9 μ l). O total acumulado das 7:00h às 12:00 é de 10,5 μ l. A quantidade de néctar acumulado por *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* foi em média menor do que a observada por Keeler para *Ipomoea carnea*. Isto, no entanto, pode estar relacionado à evaporação, já que a coleta se deu por volta das 13:00h (uma hora depois da última medida realizada por Keeler (1975)), um período muito quente do dia. A concentração de solutos apresentada pelo néctar desta espécie é adequado às abelhas. Segundo Proctor *et al.* (1996) a quantidade de açúcar do néctar coletado por abelhas é cerca de 40%. Segundo Faria (1994) os Apoidea, na Serra do Cipó - MG são ativos, principalmente, entre 8:00 e 16:00h com pico entre 10:00 e 12:00h

A variedade de visitantes dos nectários extraflorais observada neste trabalho ocorreu também tanto na Costa Rica (Keeler, 1975; 1978) quanto na Bolívia (Frey, 1995). Keeler (1975; 1977) afirma que 80% dos visitantes dos nectários extraflorais de *Ipomoea carnea* são formigas (50% delas do gênero *Camponotus*) e que elas teriam uma função defensiva desta planta contra herbívoros. No entanto, o dano sofrido por indivíduos de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* nos quais as formigas estão presentes foi alto na região do Chaco Boliviano (Frey, 1995). Experimentos futuros com iscas e isolamento de plantas são de suma importância para determinar o papel destas formigas para *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*.

Ipomoea cairica mostrou ser uma espécie que facilmente se adapta aos polinizadores disponíveis, sendo capaz de se reproduzir eficientemente mesmo nos ambientes mais alterados. Isto aliado a sua capacidade de reprodução vegetativa faz dela uma espécie muito difícil de ser controlada (Maimoni-Rodella *et al.*, 1982).

Ipomoea carnea ssp. *fistulosa* é uma planta daninha com grande habilidade competitiva, alta taxa de crescimento, capacidade de se reproduzir vegetativamente, grande amplitude ecológica, alta produtividade de sementes. Além disso é capaz de atrair para seus nectários extraflorais diversas espécies de formigas com função provavelmente defensiva (Keeler, 1975; 1977, Frey, 1995). É uma espécie plástica, podendo ocorrer em diversos ambientes. Todos estes fatores contribuem para a rápida expansão desta espécie em áreas por ela invadidas e dificultam ações para o seu controle.

Tem sido registrado o ataque de larvas de besouros do gênero *Megacerus* às sementes de algumas espécies de *Ipomoea* (Keeler, 1975, Devall & Thien, 1989, Frey, 1995). Frey (1995) verificou alta taxa de infestação das sementes de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* por larvas do besouro *Megacerus flabelliger* na Bolívia (70-82%), sugerindo que estudos de controle biológico sejam realizados em condições controladas para potencial aplicação deste inseto nas populações da Índia. Keeler (1975) observou 18% de taxa de infestação de frutos de *Ipomoea carnea* por *Megacerus alternatus*, na Costa Rica. A análise de sementes dos indivíduos de *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* que ocorrem no Brasil poderiam indicar a presença destes insetos que foram apontados como fonte potencial de controle biológico (Frey, 1995).

Neste estudo foi observado o ataque em massa do besouro *Chelomorpha informes* (Chrysomelidae: Cassidinae) às folhas e botões imaturos de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, o que pode diminuir o número de sementes produzidas pela planta (Crawley, 1983). Estudos detalhados sobre o papel destes insetos para as

populações desta espécie podem ser fontes potenciais de controle biológico da mesma e devem ser desenvolvidos no futuro.

3 - CAPÍTULO II - HERBIVORIA E PALATABILIDADE DAS FLORES DE *Ipomoea cairica* (L.) Sweet E *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin (CONVOLVULACEAE).

3.1 - INTRODUÇÃO

Existe uma assimetria fundamental nas interações entre plantas e herbívoros. Enquanto os animais são limitados por alimento, as plantas raramente são reguladas por herbívoros. Os efeitos da abundância, qualidade nutricional e distribuição espacial das plantas nas mudanças da população de herbívoros são usualmente mais pronunciadas do que o impacto de herbívoros se alimentando, sobre o número de plantas (Crawley, 1983, Ohgushi, 1992).

No entanto, herbívoros exercem uma forte influência seletiva nas plantas pela remoção da biomassa que poderia ser alocada para o crescimento e a reprodução (Coley *et al.*, 1985). Sob condições naturais os herbívoros influenciam as plantas ao nível populacional e na estrutura de suas comunidades, mesmo quando o dano causado por eles parece pequeno (Fox, 1981).

Estando sujeitas ao ataque de uma série de organismos, as plantas adquiriram uma série de mecanismos de resistência e/ou defesa. Elas se protegem contra herbívoros através de estruturas físicas (pêlos, espinhos, tecidos lenhosos), substâncias químicas (toxinas, substâncias que conferem impalatabilidade e compostos que reduzem a digestibilidade) ou pela associação com animais como formigas (Crawley, 1983, Zangerl & Bazzaz, 1992). Mecanismos de resistência e/ou defesa química e estrutural são geralmente os maiores determinantes da palatabilidade de folhas e ramos (Coley *et al.*, 1985).

Segundo Rausher (1992), mecanismos de resistência são caracteres de uma planta que influenciam a quantidade de dano sofrido por esta sob determinadas

condições ambientais. Enquanto mecanismos de defesa são quaisquer mecanismos de resistência que evoluíram ou foram mantidos na população devido a seleção exercida pelos herbívoros ou outros inimigos naturais. Neste trabalho foram investigados mecanismos de resistência, sem procurar determinar se possuíam caráter defensivo. No entanto, os trabalhos aqui citados nem sempre seguem este padrão por serem anteriores ao trabalho de Rausher (1992).

De acordo com a teoria de defesa ótima, existe um custo para a defesa e/ou resistência, já que recursos alocados para a mesma não podem ser simultaneamente alocados para outra função, como crescimento e reprodução (McKey, 1974, Rhoades, 1979, Herms & Mattson, 1992). Além disso, a energia alocada para um tipo de defesa (e/ou resistência) não está disponível para outro tipo de defesa (Crawley, 1983, Steward & Keeler, 1988). Como o impacto da perda de determinada quantidade de tecido depende das características (valor) do mesmo e algumas partes de uma planta são mais atacadas que outras, defesas devem ser alocadas principalmente para as partes mais valiosas e com maior probabilidade de ataque (Zangerl & Bazzaz, 1992).

Sendo assim, frutos, sementes e, em menor extensão, flores são mais intensamente defendidos de que as partes vegetativas. Isto porque a função de uma planta consiste primariamente em duas atividades, aquisição de recursos e reprodução (Zangerl & Bazzaz, 1992). A quantidade de substâncias defensivas tende a aumentar dos botões para os frutos. Em certas espécies a maior quantidade de constituintes com potencial ou demonstrada atividade aleloquímica está nas flores e nos frutos (Zangerl & Bazzaz, 1992). Foi demonstrado que as toxinas (alcalóides, glicosídeos cianogênicos) são a mecanismos de defesa e/ou resistência primária de flores, folhas jovens e outros tecidos efêmeros de plantas anuais e perenes (Cates & Rhoades, 1977).

Mecanismos de resistência e/ou defesa no gênero *Ipomoea* (Convolvulaceae)

são representados por alcalóides indólicos, nectários de defesa, folhas pubescentes e lenhosidade (Steward & Keeler, 1988). Alcalóides indólicos estão entre as classes mais tóxicas de alcalóides e podem atuar em concentrações menores do que as encontradas em plantas, sendo capazes de deter herbívoros (Corcuera, 1984).

A família Convolvulaceae possui cerca de 56 gêneros, sendo *Ipomoea* (400 espécies) um dos maiores (Cronquist, 1981; Mabberley, 1987 *apud* Simão-Bianchini, 1991). No Brasil esta família está representada em todo território nacional, incluindo diversas espécies consideradas daninhas e amplamente distribuídas pelo país (Blanco, 1978).

Entre elas estão *Ipomoea cairica* uma planta invasora de culturas, capaz de se reproduzir por sementes e vegetativamente, cuja presença foi registrada em todas as regiões do Estado de São Paulo e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, também capaz de se reproduzir por sementes e vegetativamente, conhecida por sua grande habilidade competitiva e por possuir substâncias neurotóxicas para animais. Representa grandes problemas econômicos para a agricultura e a pecuária, originária dos Estados de Mato Grosso do Sul e Pará, foi introduzida no Estado de São Paulo, provavelmente, para fins ornamentais (Blanco, 1978).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o ataque sofrido pelas flores de *Ipomoea cairica* e de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, em áreas ruderais da região de Campinas e relacionar os resultados obtidos com bioensaios de consumo no laboratório utilizando um herbívoro generalista. Estes últimos têm como objetivo verificar se a resistência observada no campo pode ser mediada quimicamente.

3.2 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. Observações sobre herbivoria floral.

Observações sobre os visitantes florais de *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* ocorreram no período entre julho de 1995 e julho de 1996 em áreas ruderais do campus da Universidade Estadual de Campinas (22° 53'S e 47° 04'W). Durante as observações procurou-se notar se havia ocorrência de herbivoria das partes forais, e coletar os herbívoros observados. Após o período de antese, flores murchas foram coletadas e a presença de perfurações, fendas ou qualquer outro dano causado por herbívoros anotada. A porcentagem de flores atacadas foi calculada.

3.2.2. Bioensaios de Consumo.

3.2.2.1. Dupla escolha com planta viva.

Larvas de um herbívoro generalista (*Spodoptera frugiperda* [Lepidoptera: Noctuidae]) foram criadas até o 5º instar com uma dieta basal de folhas de mamona (*Ricinus communis* [Euphorbiaceae]). Neste estágio 15 larvas em estado de saciedade foram individualizadas em placas de Petri com 8,5 cm de diâmetro, forradas com papel de filtro umedecido e contendo uma amostra de, aproximadamente, 1,714 cm² (sd=0,289, n=50) de área de folha de mamona (Controle) e outra de mesma área das flores a serem testadas (Experimental). Controle e Experimental foram dispostos de forma equidistante na placa de Petri.

Transcorrido um período de seis horas, as larvas foram retiradas e as áreas consumidas no Controle e no Experimental foram mensuradas da seguinte forma: a área não-consumida foi fotocopiada, e "escaneada" em Scanner de mesa Sharp Jx-

330. Cada imagem foi separada em um único arquivo de extensão .bmp e "limpa" através do programa CorelDraw5, sendo então analisada pelo programa Área 2.1 (C. Bravo, 1992). A área obtida foi subtraída da área total da amostra obtendo-se assim a área consumida.

Utilizou-se então um índice de consumo para análise dos dados: $IC = (\text{área experimental consumida} / \text{área experimental consumida} + \text{área controle consumida}) \times 100$.

Como grupo controle externo ao experimento utilizou-se tanto como Controle como Experimental folhas de mamona esperando-se um IC próximo de 50, onde não haveria preferência por nenhuma das folhas oferecidas. Uma espécie foi considerada impalatável quando seu IC era significativamente menor que o IC do controle externo.

Foram realizadas inicialmente três baterias de bioensaíos: a) controle: mamona x mamona; b) *I. cairica*: mamona x *I. cairica*; c) *I. carnea*: mamona x *I. carnea*. Foram utilizadas flores de uma mesma população.

3.2.2.2. Dupla escolha com extratos de plantas

Sendo uma espécie considerada impalatável, foram obtidos os extratos bruto, clorofórmico e aquoso de suas flores. Cerca de 8,6 gramas de flores frescas (da mesma população) foram extraídas em 250 ml de álcool absoluto comercial. Este material foi homogeneizado em Polytron e filtrado em gravidade. O resíduo foi misturado com álcool absoluto comercial e filtrado por mais duas vezes com volume igual acima. O filtrado resultante foi seco em rotovapor a baixa pressão e temperatura de 40°C. O evaporado foi então completado para 15 ml de álcool metílico. Um terço deste material foi separado para formar o extrato bruto, o qual foi seco em fluxo de ar e recuperado em um volume conhecido de metanol e acetato de

etila 1:1. Os dois terços restantes foram misturados com 10 ml de água e 10 ml de clorofórmio. Após uma breve agitação e descanso formavam-se duas fases. A fase clorofórmica, mais densa, ia ao fundo do recipiente sendo coletada com uma pipeta. Por mais quatro vezes 10 ml de clorofórmio foi acrescentado a fase aquosa, tratado e coletado como acima. O extrato aquoso resultante foi filtrado, seco em fluxo de ar e, posteriormente, diluído em um volume conhecido de água. A fase clorofórmica foi seca com sulfato de sódio anidro, filtrada a gravidade e evaporada em rotovapor como acima. O material seco foi então diluído em um volume conhecido de clorofórmio. Os controles (brancos) dos extratos foram obtidos pela repetição do mesmo processo desde o início, utilizando-se apenas os solventes empregados acima nas mesmas proporções experimentais.

Para definir qual o volume usado na diluição de cada extrato e seus respectivos brancos, determinamos o volume que seria aplicado sobre cada amostra de folhas de mamona (50 μ l) durante os testes, utilizamos então a seguinte relação:

peso de 1,714 cm² de flor (0,1g)-----volume a ser aplicado (50 μ l)

peso das flores frescas utilizadas (8,6g)-----volume de diluição (x).

O volume obtido foi de, aproximadamente, 4,3 ml. Como para o extrato bruto utilizou-se um terço do material recuperado após a evaporação, este foi diluído em um terço do volume obtido (1,4 ml, aproximadamente), os demais extratos foram diluídos em dois terços deste volume (2,9 ml, aproximadamente).

A partir destes extratos foram realizadas outras seis baterias de bioensaios: a) bruto: extrato bruto x branco bruto; b) branco bruto: branco bruto x mamona; c) clorofórmico: extrato clorofórmico x branco clorofórmico; d) branco clorofórmico: branco clorofórmico x mamona; e) aquoso: extrato aquoso x branco aquoso; f) branco aquoso: branco aquoso x mamona.

Para o extrato bruto foram realizadas duas baterias com 15 repetições cada. Muitas vezes vários indivíduos não se alimentavam do Controle ou do Experimental sendo descartados na análise de dados.

Cinquenta microlitros destes extratos, e seus respectivos controles, foram aplicados com uma pipeta Ependorf sobre amostras de folhas de mamona com área aproximada de $1,714 \text{ cm}^2$. Após a secagem, foram montados experimentos em placas de Petri como descrito anteriormente, os Índices de Consumo foram calculados como acima.

3.2.4. Análise estatística.

As diferenças entre os Índices de Consumo foram calculadas através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com dados em percentagem, uma vez que os dados percentuais transformados em arco seno da raiz quadrada da proporção não apresentaram distribuição normal. As análises foram complementadas por um teste de comparações múltiplas (Campos, 1979).

3.3 - RESULTADOS

Durante os períodos de visitação raramente observavam-se herbívoros atacando flores de *Ipomoea cairica*. Quando flores já murchas foram coletadas a porcentagem de ataque foi de 15% (n=83), aproximadamente. Com relação a *Ipomoea carnea ssp. fistulosa*, em geral, não foram observados herbívoros nem qualquer forma de dano às flores. No entanto, no mês de dezembro, *Chelomorpha informes* (Chrysomelidae: Cassidinae) que se alimentava das folhas de *Ipomoea carnea ssp. fistulosa* apresentou um aumento populacional. Ao se alimentar de todas as folhas disponíveis passou a raspar os botões imaturos desta espécie, prejudicando seu desenvolvimento a ponto de causar interrupção da floração e conseqüentemente das observações.

Nos experimentos de dupla escolha com flores de *Ipomoea* versus mamona, houve diferença significativa no consumo de *Spodoptera frugiperda* entre os grupos controle, *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea ssp. fistulosa* ($p < 0,0001$) (Tabela I). O índice de consumo médio do grupo controle foi de 45,703 (sd = 15,103, n = 15), de 46,075 (sd = 17,523, n = 15) para *I. cairica*, não ocorrendo diferenças significativas entre eles e 0 (n = 12) para *I. carnea ssp. fistulosa*, significativamente diferente do controle e de *I. cairica*.

Nos experimentos de escolha com extratos de *I. carnea ssp. fistulosa* versus brancos (controles), a análise de variância pelo Teste de Kruskal-Wallis mostrou haver diferença significativa entre os diferentes extratos e controles ($p < 0,0001$) (Tabela II). O índice médio de consumo para o extrato bruto foi de 12,536 (sd = 23,766, n = 17) e para o aquoso 14,214 (sd = 17,606, n = 9), os quais foram significativamente diferentes do extrato clorofórmico e do controle. O extrato clorofórmico apresentou índice médio de 45,345 (sd = 33,708, n = 11) e não mostrou diferença significativa de seu controle específico (branco clorofórmico).

Não houve diferença significativa entre os grupos controle ($p > 0,05$) (Tabela

II). O IC médio foi 47,275 (sd = 29,839, n = 14) para branco bruto, 53,956 (sd = 29,434, n = 10) para branco aquoso e 39,172 (sd = 31,437, n = 10) para branco clorofórmio.

Tabela I - Média do índice de consumo e resultado da análise de variância pelo teste de Kruskal-Wallis para amostras de flores de *I. cairica* e *I. carnea* ssp. *fistulosa* e grupo controle.

Tratamento	N	IC (x±sd)	Soma dos escores ¹
<i>I. cairica</i>	15	46,07±17,52	376,0 a
<i>I. carnea</i> ssp. <i>fistulosa</i>	15	0	77,0 b
controle (mamona)	11	45,70±15,10	408,0 a

Teste estatístico de Kruskal-Wallis = 26,43; p < 0,0001; g.l.=6.

¹ Escores com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0.05).

Tabela II - Média do índice de consumo e resultado da análise de variância pelo teste de Kruskal-Wallis para os diferentes extratos de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, seus respectivos brancos e grupo controle.

Tratamentos	N	IC (x±sd)	Soma dos escores ¹
extrato aquoso	9	14,21±17,61	215,5 a
extrato bruto	17	12,54±23,77	394,0 a
extrato clorofórmico	11	45,34±33,71	550,5 b
branco aquoso	10	53,96±29,43	579,5 c
branco bruto	14	47,27±29,84	736,0 c
branco clorofórmico	10	39,17±31,44	444,0 b,c
controle (mamona)	15	45,70±15,10	821,0 b,c

Teste estatístico de Kruskal-Wallis = 22,59; p < 0,0001; g.l.=2

¹ Escores com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0.05).

3.4 - DISCUSSÃO

De acordo com as observações de campo cerca de 15% das flores de *Ipomoea cairica* sofriam algum tipo de ataque pelos herbívoros após o período de visitação pelos polinizadores. Enquanto de as flores de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, em geral, não eram atacadas a não ser durante os de grande aumento populacional de *Chelimorpha informes* (Chrysomelidae: Cassidinae). Assim, esperava-se que *Ipomoea cairica* fosse menos protegida em relação ao herbívoro generalista *Spodoptera frugiperda*.

O efeito usual do ataque de herbívoros é atrasar a floração, tanto pelo dano aos botões quanto pela redução do suprimento de carboidratos e proteínas devido à perda das folhas. Em *Trifolium subterraneum* (Fabaceae) foram observados 30 dias de atraso na floração, a redução do número de sementes foi tanta que prejudicou a persistência da espécie no campo (Crawley, 1983). Neste estudo foi observado que o ataque em massa de *Chelimorpha informes* (Chrysomelidae: Cassidinae) às folhas e aos botões imaturos de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, fazia parar a floração, o que pode ter diminuído o número de sementes produzidas por esta planta. Estudos detalhados sobre o papel destes insetos para as populações desta espécie podem ser fontes potenciais de controle biológico da mesma.

Nos ensaios de dupla escolha com planta viva *Ipomoea cairica* apresentou índice de consumo semelhante ao grupo controle, indicando não possuir proteção contra *Spodoptera frugiperda*. O contrário ocorreu com relação a *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, os herbívoros nem sequer experimentavam as amostras das flores (Tabela I).

Os testes de dupla escolha realizados com extratos das flores de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, mostraram que o extrato bruto tem alta atividade anticonsumo, o que indica a existência de resistência química nesta espécie. Em geral, as larvas

nem chegavam a experimentar as amostras (12 indivíduos), comendo apenas mamona, outras nada comiam (13 indivíduos). O extrato aquoso mostrou ter efeito semelhante ao bruto, sendo portanto esta a fração responsável por seu efeito deterrente (Tabela II).

Segundo Frey (1995) o extrato aquoso do pó de folhas secas de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* contém alcalóides, açúcares redutores, glicosídeos e taninos. O látex possui inseticidas não-identificados e entre eles uma saponina de estrutura química desconhecida chamada ipomotocina, além de 1 a 2% do açúcar galactomanana.

Diferentes tipos de mecanismos de resistência química refletem a história de vida e a estrutura de comunidade das plantas (Feeny, 1976, Rhoades & Cates, 1976). Segundo estes autores espécies perenes (vida longa) e pertencentes a comunidades de baixa diversidade, representam um recurso mais previsível e são consideradas aparentes. Estas plantas se utilizariam de substâncias do metabolismo secundário que reduzem a digestibilidade, defesas quantitativas, dose-dependentes, consideradas por estes autores de maior custo. Plantas dos primeiros estágios sucessionais, disponíveis por um curto espaço de tempo, e plantas raras em comunidades diversas são consideradas não-aparentes. As substâncias do metabolismo secundário utilizadas por elas serão de baixo custo, como toxinas (defesas qualitativas, dose independentes). Além disso, padrões de defesa refletirão a frequência e severidade da herbivoria experimentada pelas plantas no tempo evolucionário (Herms & Mattson, 1992).

Em relação à história de vida, *Ipomoea cairica* é considerada uma espécie de aparência intermediária. Mesmo sendo perene, apresenta oscilações no número de ramos mês a mês, o que pode reduzir sua aparência (Steward & Keeler, 1988, Satori, 1990). *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, por outro lado, é considerada aparente (Steward & Keeler, 1988). Sendo assim, esperava-se que ambas, principalmente a

segunda, investissem em defesas que reduzam a digestibilidade (quantitativas), como taninos, sílica (Coley *et al.*, 1985, Herms & Mattson, 1992).

No entanto, autores constataram a presença de alcalóides indólicos nas duas espécies (Smolenski *et al.*, 1972, Steward & Keeler, 1988). Alcalóides funcionam como deterrentes para herbívoros, estando os alcalóides indólicos entre os mais tóxicos (Corcuera, 1984).

De acordo com Steward & Keeler (1988) *Ipomoea carnea*, provavelmente uma subespécie relacionada a *Ipomoea carnea ssp. fistulosa* possui um alcalóide indólico. O extrato metanólico de folhas, caules e botões desta espécie causou 75 a 100% de mortalidade larval em *Tylenchulus semipenetrans* e *Anguina tritici*. O óleo de suas sementes causou 65 a 90% de mortalidade das larvas (Kumari *et al.*, 1986).

Segundo a teoria de defesa ótima, o investimento em um determinado tipo de defesa limita o investimento em outro tipo (Crawley, 1983, Steward & Keeler, 1988). Por outro lado, as comparações realizadas por Steward & Keeler (1988) mostraram que não há relação entre presença de alcalóides no gênero *Ipomoea* e a presença de nectários, pubescência, lenhosidade ou a aparência. Entretanto, a maioria das espécies que têm nectários extraflorais, falha na pubescência e é perene (Steward & Keeler, 1988).

Assim, além de alcalóides indólicos, *Ipomoea cairica* possui nectários e *Ipomoea carnea ssp. fistulosa* possui alcalóides indólicos, nectários, lenhosidade e látex (Steward & Keeler, 1988, Frey, 1995).

Este padrão pode estar relacionado à redução do custo destas defesas. Sendo os alcalóides metabólitos intermediários, a reciclagem de moléculas reduz seu custo (Siegler & Price, 1976). Já o néctar pode ser reabsorvido (Proctor *et al.*, 1996). Se o custo é mínimo, não se esperaria a alocação diferencial de recursos de um tipo de defesa para outro. Além disso, balanços são difíceis de detectar quando as defesas servem a múltiplas funções. A história de vida de uma planta representa

importantes adaptações para permanência da mesma em um micro-habitat.

Nectários podem ter um papel no metabolismo de carboidratos, alcalóides provêm estoques de nitrogênio, pêlos reduzem a dissecação e lenhosidade providencia suporte (Steward & Keeler, 1988).

Com relação aos nectários extraflorais, Frey (1995), questiona o papel defensivo dos mesmos em *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, pois nem sempre a presença de formigas e outros visitantes (Vespidae, Cerambycidae) nos nectários representava menor nível de infestação por parasitas das folhas e do caule. Keeler (1975, 1977, 1978) constatou a presença de formigas com função defensiva em *Ipomoea carnea*. Quando os nectários possuem função defensiva, a posição destes em relação ao caule e ramos pode estar relacionada ao valor destes órgãos (Frey, 1995). Segundo Keeler & Kaul (1984) plantas do gênero *Ipomoea* que possuem nectários apresentam sementes maiores.

Podem ocorrer também defesas ligadas ao sexo. De acordo com Zangrel & Bazzaz (1992) em plantas dióicas os indivíduos masculinos parecem ser mais danificados que os femininos, para plantas monóicas os dados são escassos. *Lupinus polyphylus* (Fabaceae) apresenta conteúdo de alcalóides ligeiramente maior no pólen do que nos carpelos, enquanto as sementes apresentavam muito mais que os anteriores (Zangrel & Bazzaz, 1992). *Heliotis virescens* utiliza as anteras do algodão (*Gossypium hirsutum* [Malvaceae]) como principal fonte de recurso. A cor das anteras do algodão varia entre creme e amarelo. Constatou-se que anteras amarelas reduziã o crescimento deste inseto em 15% devido a um maior conteúdo de gossypol (Zangrel & Bazzaz, 1992). Existem importantes variações na defesa dos sexos e espécies que usam consumidores de pólen para dispersá-lo não podem defendê-lo.

Nossos resultados demonstram que *Ipomoea cairica* e *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, diferem quanto à palatabilidade e estratégias de resistência. A primeira

espécie é palatável, não apresentando proteção com relação a *Spodoptera frugiperda*, aparentando ser capaz de escapar de potenciais herbívoros durante o período de visitação e polinização. Como visto no capítulo I, a fecundação do óvulo nesta espécie ocorre cinco horas após a polinização, o que garante a formação do fruto se o ataque às partes florais, exceto o ovário, ocorrer após este período.

Ipomoea carnea ssp. *fistulosa* é impalatável, mostrando intensa proteção contra *Spodoptera frugiperda*, além de possuir diversas características de resistência. Desta forma, suas flores permanecem intactas até que o período de fecundação se complete (12 horas). *Chelimorpha informis*, no entanto, mostrou ser capaz de atacá-la, prejudicando sua reprodução.

4 - CONCLUSÕES

- As duas espécies estudadas são predominantemente melitófilas. Néctar e pólen são os principais recursos utilizados pelos visitantes florais.
- O principal fator que atua na seleção dos polinizadores é a morfologia floral. Abelhas de pequeno e médio porte são capazes de penetrar o tubo floral e compõem a guilda de visitantes florais nas duas espécies.
- Abelhas da família Anthophoridae mostraram possuir estreita relação com as duas espécies estudadas, especialmente *Melitoma segmentaria*, uma espécie muito freqüente e eficiente. A família Apidae mostrou ser um grupo também importante para *Ipomoea cairica*, principalmente quando as Anthophoridae não estavam presentes.
- O sistema reprodutivo xenogâmico com auto-incompatibilidade do tipo esporofítica homomórfica, faz da polinização promíscua uma estratégia importante para estas espécies. A reprodução vegetativa ocorre em ambas espécies de forma muito eficiente.
- Diversos mecanismos de defesa contra herbívoros estão presentes nestas espécies como, nectários, compostos químicos, lenhosidade, látex.
- As espécies estudadas são daninhas de grande importância econômica e capacidade de adaptação e expansão em diversos ambientes. O estudo da química e da interação das mesmas com os herbívoros é de suma importância para futuros programas de controle

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, M. E.C. 1992, Ecologia floral de dez espécies da tribo Bignonieae (Bignoniaceae), em uma floresta semidecídua no município de Campinas, SP. Tese de Doutorado, Unicamp, Campinas, São Paulo, 189pp.
- AMARAL, M. E. C. & GOMES, P. R. 1996, Ecologia da polinização e sistema reprodutivo de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin (Convolvulaceae), no Pantanal do Abobral, Mato Grosso do Sul. *In Anais do 3º Congresso de Ecologia do Brasil*. p.367.
- AUSTIN, D. F. 1975, Convolvulaceae. In: Flora do Panama. *Annals of Missouri Botanical Garden* 62: 157-224.
- BAKER, H. G. 1965, Characteristics and modes of origin of weeds. pp. 147-172 In: BAKER, H. G. & STEBBINS, G. L. (eds.) *The genetics of colonizing species*. Academic Press, New York.
- BAKER, H. G. 1983, An outline of the history of anthecology, pollination biology. pp. 7-22 In: REAL, L. (ed.) *Pollination biology*. Academic Press, Orlando.
- BARBOSA, A. A. A. 1996, Biologia reprodutiva de uma comunidade de campo sujo de cerrado, Uberlândia/MG. Tese de Doutorado, Unicamp, Campinas, São Paulo, 178pp.
- BLANCO, H. G. 1972, A importância de estudos ecológicos nos programas de controle de plantas daninhas. *O Biológico* 38: 343-350.
- BLANCO, H. G. 1978, Catálogo das espécies de mato infestantes de áreas cultivadas no Brasil - Família das campainhas (Convolvulaceae). *O Biológico* 44: 259-278.
- BROWN, B. A. & CLEGG, M. T. 1984, Influence of flower color polymorphism on genetic transmission in a natural population of the common morning glory, *Ipomoea purpurea*. *Evolution* 38: 796-803.

- BYERS, D. L. & MEAGER, T. R. 1992. Mate availability in small populations of plant species with homomorphic sporophytic self-incompatibility. *Heredity*, 68: 353-359.
- CAMILLO, E. GARÓFALO, C. A. & SERRANO, J. C. 1993, Hábitos de nidificação de *Melitoma segmentaria*, *Centris collaris*, *Centris fuscata* e *Paratetrapedia gigantea* (Hymenoptera, Antophoridae). *Rev. bras. Ent.*, 37: 145-156.
- CAMPOS, H. 1979, *Estatística experimental não-paramétrica*. 3º ed. ESA "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 342pp. De acordo com Prabha & Gupta (1984) o vigor da auto-incompatibilidade em *Ipomoea fistulosa* pode ser afetado pela maturidade do pistilo e pelo momento da estação de floração considerado.
- CATES, R. G. & RHOADES, D. F. 1977, Patterns in the production of antiherbivore chemical defenses in plants communities. *Biochem. Sys. Ecol.*, 5: 185-193.
- COLEY, P. D., BRYANT, J. P. & CHAPIN III, F. S. 1985, Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 230: 895-899.
- CORCUERA, L. J. 1984, Effects of indole alkaloides from gramineae on aphids. *Phytochemistry* 23: 539-541.
- CRAWLEY, M. J. 1983, *Herbivory: the dynamics of animal-plant interactions*. Blackwell Scientific Publications, London, 437pp.
- CRONQUIST, A. 1981, *An integrated system of classification of flowering plants*. 2nd ed. Columbia Univ. Press. New York. 1262pp.
- CRUDEN, R. W. 1977, Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 31: 32-46.
- CRUDEN, R. W. & HERMANN-PARKER, S. M., 1979, Butterfly pollination of *Caesalpinia pulcherrima*, with observations on psychophilous syndrome. *J. Ecol.*, 67: 155-16-168.
- DAFNI, A. 1992, *Pollination ecology: a practical approach*. Oxford University Press. Oxford. 250pp.

- DEVALL, M. S. & THIEN, L. 1989, Factors influencing the reproductive success of *Ipomoea pes-caprae* (Convolvulaceae) around the Gulf of Mexico. *Am. J. Bot.*, 76: 1821-1831.
- DUCKE, A. 1910. Explorações botânicas e entomológicas no Estado do Ceará. *Rev. Trimest. Inst. Ceará*, 24: 3-61.
- ENDRESS, P. K. 1994, *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 511pp.
- ENNOS, R. A. 1981, Quantitative studies on the mating system in two sympatric species of *Ipomoea* (Convolvulaceae). *Genetica* 57: 93-98.
- EPPERSON, B. K. & CLEGG, M. T. 1987, Frequency-dependent variation for outcrossing rate among flower-color morphs of *Ipomoea purpurea*. *Evolution* 41: 1302-1311.
- FAEGRI, K. & PIJL, L. van der 1979, *The principles of pollination ecology*. 3th ed. Pergamon Press. Oxford.
- FARIA, G. M. 1994, A flora e a fauna apícola da Serra do Cipó-MG, Brasil: composição, fenologia e suas interações. Tese de Doutorado, Unesp, Rio Claro, São Paulo, 239pp.
- FEENY, P. 1976, Plant apparency and chemical defense. *Rec. Adv. Phytochem.* 10: 1-40.
- FOX, L. R. 1981, Defense and dynamics in plant-herbivore system. *Am. Zool.*, 21: 853-864.
- FRANKIE, G. W., HARBER, W. A., OPLER P. A. & BAWA, K. S. 1983, Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rican dry forest. pp. 411-447 In: JONES, E. C. & LITTLE, R. J. (eds.). *Handbook of Experimental Pollination Biology*. Von Nostrand Reinhold, New York.
- FREY, R. 1995, *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin: taxonomy, biology and ecology reviewed and inquired. *Trop. Ecol.*, 36(1): 21-48.

- GIBBS, P. 1990, Self-incompatibility in flowering plants: a neotropical perspective. *Rev. bras. Bot.*, 13: 125-136.
- GOTTSBERGER, G. 1989, Floral ecology. Report on the years 1985 (1984) to 1988. *Prog. Bot.* 50: 352-379.
- GOTTSBERGER, G., CAMARGO, J. M. F. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1988, A bee-pollinated tropical community: The beach dune vegetation of Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. *Bot. Jahrb. Syst.* 109: 469-500.
- HERMS, D. A. & MATTSON, W. J. 1992, The dilemma of plants: to grow or defende. *Quart. Rev. of Bio.*, 67: 283-335.
- HILL, T. A. 1977, *The biology of weeds*. Carmelot Press, Southampton. 64pp.
- INOUE, D. W. 1980, The terminology of floral larceny. *Ecology* 61: 1251-1253.
- KAGEYAMA, P.Y. 1987, Conservação "in situ" de recursos genéticos de plantas. *I. P. E. F.* 35: 7-37.
- KAWANO, S. & MATSUDA, J. 1980, The productive and reproductive biology of flowering plants. *Oecologia*, 45: 307-317.
- KEELER, K. H. 1975, *Ipomoea carnea* Jacq. (Convolvulaceae) in Costa Rica. *Brenesia* 5: 1-6.
- KEELER, K. H. 1977, The extrafloral nectaries of *Ipomoea carnea* (Convolvulaceae). *Am. J. Bot.* 64: 1182-1188.
- KEELER, K. H. 1978, Insects feeding at extrafloral nectaries of *Ipomoea carnea* (Convolvulaceae). *Ent. News* 89: 163-168.
- KEELER, K. H. & KAUL, R. B. 1984, Distribution of defense nectaries in *Ipomoea* (Convolvulaceae). *Am. J. Bot.*, 7: 1364-1372.
- KISSMANN, K.G. e GROTH, D., 1992, *Plantas infestantes e nocivas*. Basf. São Paulo, Tomo II 798p.

- KUMARI, R., VERMA, K. K., DHINDSA, K. S. & BHATTI, D. S. 1986, *Datura*, *Ipomoea*, *Tagetes* and *Lawsonia* as control of *Tylenchulus semipenetrans* and *Anguina tritici*. *Indian Journal of Nematology* 16: 236-240.
- LEVIN, D. A., KERSTER, H. W. & NEIDZLEK, M. 1971, Pollinator flight directionality and its effect on pollen flow. *Evolution*, 25: 1113-1118.
- LI, K. P. & ZHANG, Q. T. 1987, Development of embryo and fruit in *Ipomoea batatas* Lam. *Acta Botanica Sinica*, 29: 34-40.
- MACHADO, I. C. S. & SAZIMA, M. 1987, Estudo comparativo da biologia floral em duas espécies invasoras: *Ipomoea hederaefolia* e *Ipomoea quamoclit* (Convolvulaceae). *Rev. brasil. Biol.* 47: 425-436.
- MAEDA, J. M., 1985, Manual para o uso de câmara de Newbauer para contagem de pólen e espécies florestais. Departamento de Silvicultura. UFRRJ. 5pp.
- MAIMONI-RODELLA, R. C. S. 1991, Biología floral de *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don. (Convolvulaceae). *Turrialba* 41: 344-349.
- MAIMONI-RODELLA, R. C. S. & RODELLA, R. A. 1986, Aspectos da biologia floral de *Merremia dissecta* (Jacq.) Hall. f. var. *edentata* (Meissn.) O'Donnell (Convolvulaceae). *Rev. Agric.* 61: 213-222.
- MAIMONI-RODELLA, R. C. S. & RODELLA, R. A. 1986/87, Biologia floral de *Merremia cissoides* (Lam.) Hall. F. (Convolvulaceae). *Naturalia*, 11/12: 117-123.
- MAIMONI-RODELLA, R. C. S. & RODELLA, R. A. 1992, Biologia floral de *Ipomoea acuminata* Roem. et Schult. (Convolvulaceae). *Rev. brasil. Bot.*, 15: 129-133.
- MAIMONI-RODELLA, R. C. S., RODELLA, R. A., AMARAL-JÚNIOR, A. & YANAGIZAWA, Y. 1982, Polinização em *Ipomoea cairica* (L.) Sweet. (Convolvulaceae). *Naturalia*, 7: 167-172.
- MARTIN, F. W. 1959, Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain. Technol.*, 34: 125-128.

- MARTIN, F. W. 1970, Self- and interspecific incompatibility in the Convolvulaceae. *Bot. Gaz.*, 131: 139-144.
- McKEY, D. 1974, Adaptive patterns in alkaloid physiology. *Am. Nat.*, 108: 305-320.
- MEDINA, D. M. & CONAGIN, C.H.T.M. 1964, Técnica citológica. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas. Publicação 2610, p.108.
- MEISSNER, C. F. 1869, Convolvulaceae. In: MARTIUS, C. P. F. *Flora brasiliensis* 7: 199-370, tab. 72-124.
- MICHENER, C. D. 1954, The bees of Panama. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 104: 1-175.
- MURCIA, C. 1990, Effect of floral morphology and temperature on pollen receipt and removal in *Ipomoea trichocarpa*. *Ecology* 71: 108-98-1109.
- OHGUSHI, T. 1992, Resource-limitation on insect herbivore populations. pp. 199-241 In: HUNTER, M. D., OHGUSHI, T. & PRICE, P. W. (eds.) *Effects of resource distribution on animal-plant interactions*. Academic Press, New York.
- OLIVEIRA, P. E., GIBBS, P. E., BARBOSA, A. A., TALAVERA, S. 1992, Contrasting breeding systems in two *Eriotheca* (Bombacaceae) species of Brazilian cerrados. *Pl. Syst. Evol.* 179: 207-219.
- ORMOND, W. T., PINHEIRO, M. C. B., LIMA, H. A., CORREIA, M. R. C. & PIMENTA, M. L. 1993, Estudo das recompensas florais das plantas da restinga de Maricá-Itapuaçu, Rio de Janeiro. I. Nectaríferas. *Braeda*, 6: 179-195.
- PERCIVAL, M. S. 1965, *Floral biology*. Pergamon Press. Oxford.
- PIJL, L. van der, 1954, *Xylocopa* and flowers in the tropics. II. Observations on *Thunbergia*, *Ipomoea*, *Costus*, *Centrosema* and *Canavalia*. *Proc. Royal Acad. Sci.*, 57: 541-551.
- PIJL, L. van der & Dodson, C. H. 1969, *Orchid flowers: their pollination and evolution*. Univ. Miami Press, Coral Gables, 241pp.
- POLO, M. 1982, Ervas daninhas de uma cultura de milho, no município de Campinas, Estado de São Paulo. Tese de Mestrado, Unicamp, São Paulo, 151pp.

- PRABHA, K. & GUPTA, S. C. 1984, Effects of floral age and flowering season on self-incompatibility vigor on *Ipomoea fistulosa*. *Beitr. Biol. Pflanz.*, 59: 359-366.
- PRESTON, R. E. 1986, Pollen-ovule ratios in Cruciferae. *Am. J. Bot.*, 73: 1732-1740.
- PROCTOR, M., YEO, P. & LACK, A. 1996, *The natural history of pollination*. Harper Collins Publishers Co. London, 479pp.
- RAUSHER, M. D. 1992, Natural selection and the evolution of plant-insect interactions. pp. 20-88 In: ROITBERG, B. D. & ISMAN, M. B. (eds.) *Insect chemical ecology an evolutionary approach*. Chapman & Hall, New York.
- REAL, L. A. 1981, Nectar availability and bee-foraging on *Ipomoea* (Convolvulaceae). *Biotropica* 13 (suppl.): 64-69.
- REAL, L. A. 1983 Introduction. pp. 1-5 In: REAL, L. (ed.) *Pollination biology*. Academic Press, Orlando.
- RHOADES, D. F. 1979, Evolution of plant chemical defense against herbivores. pp. 3-54 In: ROSENTHAL, G. A. & JANZEN, D. H. (eds.) *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. Academic Press, Orlando.
- RHOADES, D. F. & CATES, R. G. 1976, Toward a general theory of plant antiherbivory chemistry. *Rec. Adv. Phytochem.* 10: 168-213.
- ROUBIK, D. W. 1989, *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 514pp.
- SARTORI, A. L. B. 1990, Aspectos da biologia da reprodução de *Ipomoea cairica* (L.) Sweet. Monografia de Bacharelado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 22pp.
- SCHLISING, R. A. 1970, Sequence and timing of bee foraging in flowers of *Ipomoea* and *Aniseia* (Convolvulaceae). *Ecology*, 51: 1061-1067.
- SETZER, J. 1966, Atlas climático do Estado de São Paulo. Ed. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguai. São Paulo, 61pp.

- SIEGLER, D. S. & PRICE, P. W. 1976, Secondary compounds in plants: primary functions. *Am. Nat.*, 110: 101-105.
- SIMÃO-BIANCHINI, R. 1991 Convolvulaceae da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. Tese de Mestrado. USP, São Paulo, 260pp.
- SMITHE, F. B. 1974, *Naturalist's color guide*. The American Museum of Natural History, New York.
- SMOLENSKI, S. J., SILINIS, H. & FARNSWORTH, N. R. 1972, Alkaloid screening. I. *Lloydia* 35: 1-34.
- STACE, C. A. 1979, Convolvulaceae. In: HEYWOOD, V.H. (ed.) *Flowering plants of the world*. Oxford University Press. Oxford.
- STEHMANN, J. R. & SEMIR, J. 1994, Sistema de reprodução e polinização em *Calibrachoa elegans* (Solanaceae). In *Annais do VI Congresso Latino Americano de Botânica*. p.849.
- STEWART, J. L. & KEELER, K. H. 1988, Are there trade-offs among antiherbivore defenses in *Ipomoea* (Convolvulaceae)? *Oikos* 53: 79-86.
- STUCKY, J. M. 1984, Forager attraction by sympatric *Ipomoea hederacea* and *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae) and corresponding forager behavior and energetics. *Am. J. Bot.* 71: 1237-1244.
- STUCKY, J. M. 1985, Pollination systems of sympatric *Ipomoea hederacea* and *Ipomoea purpurea* and significance of interspecific pollen flow. *Am. J. Bot.* 72: 32-43.
- STUCKY, J. M. & BECKMAN, R. L. 1982 Pollination biology, self-incompatibility and sterility in *Ipomoea pandurata* (L.) G. F. W. Meyer (Convolvulaceae). *Am. J. Bot.* 69: 1022-1031.
- WADDINGTON, K. D. 1976, Pollination of *Apocynum silvicicum* (Apocynaceae) by Lepidoptera. *SWest. Nat.*, 21: 31-36.

- WIKLUND, C., ERICKSON, T. & LUNDBERG, H. 1979, The wood white butterfly *Leptidea sinapis* and nectar plants: a case of mutualism or parasitism? *Oikos*, 33: 358-362.
- WILLMOTT, A. P. & BÚRQUEZ, A. 1996, The pollination of *Merremia palmeri* (Convolvulaceae): can hawk moths be trusted. *Am. J. Bot.* 83: 1050-1056.
- ZANGERL, A. R. & BAZZAZ, F. A. 1992, Theory and pattern in defense allocation. pp. 363-392 *In*: FRITZ, R. & SIMMS, E. L.(eds) *Plant resistance to herbivores and pathogens*. Univ. of Chicago Press, Chicago.