

**JOSÉ ALVES DE SIQUEIRA FILHO**

**FENOLOGIA DA FLORAÇÃO, ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO E  
CONSERVAÇÃO DE BROMELIACEAE NA FLORESTA ATLÂNTICA  
NORDESTINA**

**RECIFE - PE  
2003**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL  
NÍVEL DOUTORADO

**FENOLOGIA DA FLORAÇÃO, ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO E  
CONSERVAÇÃO DE BROMELIACEAE NA FLORESTA ATLÂNTICA  
NORDESTINA**

José Alves de Siqueira Filho

Orientadora:

Profa. Dra. Isabel Cristina S. Machado

Co-orientador:

Prof. Dr. Marcelo Tabarelli

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em  
Biologia Vegetal da Universidade Federal de  
Pernambuco, como parte dos requisitos necessários  
para a obtenção do título de Doutor em Biologia  
Vegetal

RECIFE - PE  
2003

**Siqueira Filho, José Alves de**  
**Fenologia da floração, ecologia da polinização e conservação de Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordestina / José Alves de Siqueira Filho. - Recife: O Autor, 2003. viii, 144 folhas : il., fig., tab.**  
**Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Biologia Vegetal, 2003.**

**Inclui bibliografia, apêndices e anexos.**

- 1. Ecologia – Polinização (Bromeliaceae)- Mata Atlântica – Brasil (NE)**
  - 2. Fenologia – Floração (Bromeliaceae) – Mata Atlântica – Brasil (NE).**
  - 3. Bromeliaceae – Sistema reprodutivo – Mata Atlântica – Brasil (NE).**
  - 4. Biologia da conservação – Bromeliaceae – Mata Atlântica – Brasil (NE).**
- I. Título.**

**581.5 CDU (2.ed.) UFPE**  
**584.85 CDD (21.ed.) BC2004-267**

**FENOLOGIA DA FLORAÇÃO, ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO E  
CONSERVAÇÃO DE BROMELIACEAE NA FLORESTA ATLÂNTICA  
NORDESTINA**

**JOSÉ ALVES DE SIQUEIRA FILHO**

Tese submetida e aprovada pela banca examinadora:

Profª. Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado (Orientadora) Isabel Cristina Sobreira Machado

Profª. Dra. Ariadna Valentina de Freitas e Lopes (UFPE) Ariadna Valentina de F. e Lopes

Prof. Dr. Paulo Eugênio Oliveira (UFU)

Paulo Eugênio Oliveira

Prof. Dr. Peter E. Gibbs (Universidade de St. Andrews)

Peter E. Gibbs

Prof. Dr. Erich Arnold Fischer (UFMS)

Erich Arnold Fischer

Profª. Dra. Inara Roberta Leal (UFPE)

Inara Roberta Leal

Prof. Dr. Antônio Rossano Mendes Pontes (UFPE)

Antônio Rossano Mendes Pontes

RECIFE  
2003

## DEDICO

A minha esposa Maria Jaciane de Almeida  
Campelo e ao meu filho João Hebert.

Aos que partiram inesperadamente José  
Alves de Siqueira & Antônio de Barros  
Campelo (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores: Isabel Cristina Sobreira Machado, pela amizade, respeito, confiança e dedicação durante minha formação, além de muitos exemplos de profissionalismo; e Marcelo Tabarelli, pelo estímulo, novas idéias e simplicidade profissional.

Aos proprietários da Usina Colônia e RPPN Frei Caneca, Dr. Gustavo Jardim P. S. Barros, sua Senhora Marta de Moraes Falcão e seu filho Gustavo Duarte P. S. Barro por apostarem no meu sonho de criar a maior Reserva de Floresta Atlântica privada e uma das mais importantes do Nordeste, além de todo o apoio logístico e amizade durante todos esses anos.

A Luiz Guilherme Façanha, Paulo Henrique e Antônio Carlos (IBAMA) e Tenente Fábio Reis (CIPOMA) pelo apoio nas ações de fiscalização e monitoramento da Reserva Frei Caneca.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, pelos ensinamentos valiosos durante os seis anos de Pós-Graduação na UFPE.

Às Professoras Ana Maria dos Santos Cabral (Diretora) e Leonor Costa Maia (Vice-diretora) do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, pelo apoio irrestrito durante as minhas atividades na Pós-Graduação.

Aos Professores Simon Mayo (Royal Botanical Garden, Kew), Ivan Sazima (UNICAMP), Silvana Buzato (USP) e Paulo Eugênio (UFU) pelas sugestões ao projeto de tese.

As professoras Ariadna Valentina de Freitas Lopes (UFPE), Jarcilene Cortez (UFPE) e Elcida de Lima Araújo (UFRPE) pelas sugestões ao projeto de qualificação.

À Rosângela Lyra Lemos (MHN), Rosário de Fátima A. Rocha (MUFAL), Rita Pereira e Valdelice Correia Lima (IPA), Carmem Zickel e Margareth Sales (PEUFR), Ângela Miranda (HST), Leonardo P. Félix (EAN) e Marlene C. A. Barbosa (UFP), Curadores dos Herbários onde realizei as identificações do material botânico.

À amiga Marlene Carvalho de Alencar Barbosa, Curadora do Herbário UFP, pelo incentivo, apoio e atenção durante todos esses anos na Pós-Graduação.

As Bibliotecárias Nerize da Cruz Santa Rosa e Etiene Silva de Souza Lima da Biblioteca setorial do CCB, pela orientação de citação bibliográfica e ajuda na aquisição de referências.

Aos Secretários do PPGBV: Giovanna de Lima Guterres e Hildebrando Manoel da Silva, aos funcionários do Departamento de Botânica: Tereza Cristina Milha dos Santos (Secretária), Auricéia Barbosa da Silva (Assistente Administrativa) João Paulo Amazonas (Técnico de Herbário) pela atenção, carinho e ajuda e por todo o apoio logístico.

Aos amigos que me ajudaram no campo, em especial: José Antônio Vicente Filho (Zezito), Maria José Vicente (Nice), Maria Jaciane A. Campelo, George Sidney Baracho, Stephen John Jones, Hercílio de Souza Monteiro. Aos funcionários da Usina Colônia: Roberto Felipe (Gerente), Yone, Zélia, Cristiane, Elizângela, Lineide (secretárias) Ivanildo e Bateria (motoristas), Tonhão (tratorista), Vilma (cozinheira), João, Adriano e Paulo (vigilantes), Cláudio, João Batista e Mano (encarregados) por todo apoio logístico durante o trabalho de campo. Roberto Siqueira (Refúgio Charles Darwin), Reginaldo Araújo (Brejo da

Madre de Deus), Avanildo Valentim (Belo Jardim), Ediberto Alves (Altinho), Lula do Mel (Caruaru) e ao “batalhão” de coletores anônimos das localidades de passagem, mateiros, informantes, moradores locais das diversas localidades por onde passei.

Aos pesquisadores Elton M. C. Leme (Herbário Bradeanum), Paulo Eugênio Oliveira (Universidade Federal de Uberlândia), Erich Arnold Fischer (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), Silvana Buzato (Universidade de São Paulo), Ariadna V.F. Lopes (Universidade Federal de Pernambuco), Maria de Pompéia C. A. Coêlho (Universidade Federal Rural de Pernambuco), Peter Gibbs (University de Saint Andrews, Escócia), Walter Till (Universidade de Viena, Áustria), Gregory Brown (Universidade de Wyoming, EUA), Jason Grant (Universidade de Neuchâtel, Suíça), Alain Chautems (Jardim Botânico de Genebra, Suíça), pela aquisição de material bibliográfico, frutíferas discussões, troca de idéias, orientações e dúvidas esclarecidas, e todo o apoio durante alguns momento da tese.

Aos especialistas que identificaram os insetos: Alexandre Soares, Paulo Magno e Z. M. Borges (Museu Nacional, RJ), Carlos Campaner (Museu de Zoologia, USP), Clemens Schilindwein (UFPE), João M.F. Camargo (USP, Ribeirão Preto), e Pe. J.S. Moure (UFPR). Aos especialistas que identificaram os beija-flores: Stephen John Jones, Sônia Aline Roda (UFPA) e Karl.-L. Schuchmann (Museu Koenig, Bonn) e ao parceiro de identificação e descrição de novas espécies de bromélias Elton M.C. Leme (Herbarium Bradeanum).

A todos os companheiros do Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva, pelo convívio tranqüilo, bem como aos amigos e parceiros André Melo dos Santos, Carlos Alberto Uchôa Mergulhão, Rafael Padilha, Sônia Aline Roda, Ana Carolina Carnaval, Paulo Germano, Leonardo P. Félix, Reginaldo Carvalho, Mário Ferreira da Silva e João Vicente Coffani-Nunes, Márcio Nascimento, Rodrigo Lima e André L. Santos pelo aprendizado e companhia.

Aos companheiros do Curso de Ecologia da Floresta Amazônica (INPA) pelo desenvolvimento de idéias, hipóteses, projetos... e o agradável convívio.

Dieter Wittmann, Uwe Sartre, Mathias Schlinder, Boris Schlumpberger e André Hamm do “Institut für Landwirtschaftliche Zoologie und Bienenkunde” durante minha estadia em Bonn, Alemanha através do programa de Cooperação Internacional PROBRAL (Convênio CAPES/DAAD). Clemens Schilindwein (UFPE) e Celso Feitosa (UFPB) pelo apoio nos primeiros dias no estrangeiro.

Aos amigos que nos trouxeram muita luz nesta etapa final após as perdas de pessoas muito queridas: Aloca, Ariadna, Cícero, Ediberto, Isabel, Marcelinho, Marlene, Natanael e Nelcita. Todos nos deram muito conforto e tranqüilidade para seguir adiante. Minha eterna gratidão.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), Centro de Pesquisas ambientais do Nordeste (CEPAN) e Conservation International do Brasil (CI) pelo financiamento deste estudo.

## ÍNDICE

	Pg
DEDICATÓRIA.....	v
AGRADECIMENTOS.....	vi
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
4 - CAPÍTULO I: Fenologia da floração e guildas de polinização de uma comunidade de Bromeliaceae em Floresta Atlântica Montana, Pernambuco, Nordeste do Brasil.....	22
5 -CAPÍTULO II: Raridade, pressão antrópica e conservação de espécies de Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordestina, Brasil.....	65
6 – CAPÍTULO III: Floração sincrônica, polinização e sistema reprodutivo de <i>Araecoccus parviflorus</i> e <i>Lymania smithii</i> , duas espécies ameaçadas da Floresta Atlântica nordestina.....	89
7– CAPÍTULO IV: Fenologia da floração e ecologia da polinização de <i>Cryptanthus diana</i> Leme (Bromeliaceae), um caso incomum de flores de perfume?.....	122
8- CONCLUSÕES.....	139
9- RESUMO.....	141
10 – ABSTRACT.....	143

ANEXOS



## 1 - INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica Nordeste inclui as florestas localizadas ao norte do Rio São Francisco. Atualmente, não restam mais de 2% da vegetação original, cujas principais características são o tamanho reduzido dos fragmentos (<500 ha) e o alto grau de isolamento dos remanescentes (Ranta et al. 1998), sendo considerado o setor mais ameaçado da Floresta Atlântica brasileira (Silva & Tabarelli 2000). Muitas populações encontram-se reduzidas, isoladas e vulneráveis à extinção local e regional (Tabarelli et al. 2002). Um dos principais efeitos da fragmentação é o comprometimento dos processos ecológicos-chave (Peres 2000) como a polinização e dispersão, inviabilizando, a médio e longo prazo, as populações de plantas que dependem de vetores animais (Aizen & Feinsinger 1994, Murcia 1995, Kearns & Inouye 1997, Renner 1998, Sazima & Sazima 1999).

A Floresta Atlântica é um dos principais centros de diversidade da família Bromeliaceae, abrigando 11 gêneros e 80% dos taxa endêmicos (Martinelli 1994). O setor localizado acima do Rio São Francisco, também conhecido como Centro de Endemismo Pernambuco (Prance 1982) é um dos mais importantes centros de endemismo de espécies da América do Sul (Prance 1987, Haffer 1987, Brown Jr. & Freitas 2000). Porém, pouco se sabe a respeito do efeito da fragmentação sobre as relações mutualísticas ou sobre a manutenção das populações naturais. Mesmo assim, novas espécies de Bromeliaceae vêm sendo descritas nos últimos anos (Siqueira Filho & Leme 2000, 2002, Leme & Siqueira Filho 2001), o que revela o atual nível de conhecimento sobre a taxonomia do grupo e, menos ainda, sobre os processos ecológicos que regulam a dinâmica de suas populações.

Estudos sobre fenologia, polinização e sistema reprodutivo de Bromeliaceae têm sido publicados nos últimos anos, sendo confirmada a importância da família pela intrincada cadeia de interações biológicas com animais e plantas associadas (Fischer 1994, Martinelli 1994, 1997, Buzato et al. 2000, Varassin & Sazima 2000, Siqueira Filho & Machado 2001, Lopes 2002). As espécies de Bromeliaceae podem ser consideradas bioindicadoras do grau de conservação dos fragmentos de Floresta Atlântica (Fontoura 2001) e uma excelente ferramenta de trabalho para estudos que apontem áreas prioritárias para a conservação, bem como o manejo e a conservação de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (Siqueira Filho 2002).

Para melhor compreensão dos padrões e processos ecológicos que ocorrem na Floresta Atlântica Nordeste foram realizados, neste trabalho, estudos a respeito da família Bromeliaceae em três níveis: (1) Ao nível de comunidade envolvendo 35 espécies ocorrentes em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN Frei Caneca), situada em um dos últimos trechos de Floresta Atlântica Montana ainda bem conservados em Pernambuco (cap. I), (2) Ao nível regional,

sobre a relação entre raridade das Bromeliaceae e grupos ecológicos e taxonômicos na Floresta Atlântica Nordeste (cap. II), e (3) Estudos de caso envolvendo espécies endêmicas e ameaçadas da Floresta Atlântica Nordeste (caps. III e IV).

Com estes estudos espera-se: (1) Contribuir para ampliar o conhecimento da família Bromeliaceae, (2) Orientar futuros estudos sobre a família, (3) Auxiliar a formulação de hipóteses que predizem padrões específicos (Kessler & Krömer 2000).

## **2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Atualmente, a família Bromeliaceae compreende 2930 espécies reunidas em 56 gêneros (Luther 2002). Ao lado de Cactaceae, Bromeliaceae é uma das maiores famílias exclusivas dos Neotrópicos (Gentry e Dodson 1987). Metade das espécies da família possui hábito epifítico (Benzing 1994) e responde por cerca de 35% da flora total de algumas florestas montanas neotropicais (Gentry & Dodson 1987). Cerca de 40% das espécies ocorrem no Brasil (Leme 1997).

As Bromeliaceae são divididas em três subfamílias, Pitcairnioideae, Tillandsioideae e Bromelioideae, cujo critério de separação está baseado principalmente em características dos frutos, sementes e hábito de vida. A subfamília Bromelioideae apresenta frutos do tipo baga, ausência de apêndices nas sementes, ovário ínfero ou semi-ínfero e folhas na maior parte espinho-serreadas, com as plantas apresentando hábito terrestre ou epífita. A subfamília Pitcairnioideae apresenta frutos capsulares, sementes com apêndices, e hábito terrestre, enquanto Tillandsioideae, embora, apresente fruto do tipo cápsula, as sementes apresentam sementes com apêndices plumosos dispersos pelo vento e hábito preferencialmente epifítico (Smith & Downs 1974, 1977, 1979).

Neste estudo, objetivou-se reunir todas as informações disponíveis na literatura sobre polinização, fenologia, sistema reprodutivo e temas afins sobre a família Bromeliaceae, compreendendo um total de 107 referências de bibliográficas (subdivididas nos subitens a seguir). Considerando todas as espécies de Bromeliaceae atualmente válidas e incluindo aquelas sinonimizadas (Luther 2002), apenas 16,4% do total de espécies da família foram estudadas quanto aos tipos de polinizadores ou sistemas reprodutivos (Tabela 1).

No entanto, a maior parte dos estudos publicados referem-se à observações esporádicas em determinadas espécies ou inferências sobre os prováveis polinizadores baseadas nos atributos florais (Ruschi 1949, 1982, Read 1969, Rauh 1986, 1987, Gardner 1986, Ramírez et al. 1990, Leme 1995, Luther 1993, 1997, Beaman & Judd 1996, Ramírez 2001, Ibisch et al. 2002, Zizka et al. 1999, Kessler 2002).

A maior parte das informações sobre sistema reprodutivo em Bromeliaceae é fundamentada na produção de frutos e sementes de espécies isoladas dos polinizadores em casas de vegetação (McWilliams 1974, Martinelli 1994, Till 2000).

Apenas 5,3% das espécies de Bromeliaceae são conhecidas quanto aos seus polinizadores e sistema reprodutivo baseado em observações de campo e experimentos de polinização controlada. Na mais recente revisão sobre o tema de polinização, Benzing et al. (2000) destacou que a subfamília Bromelioideae era a menos conhecida entre as três subfamílias, porém observamos que a subfamília Bromelioideae é a mais conhecida com 72 (46,4%) espécies estudadas, contra 56 (36,1%) espécies de Tillandsioideae e 27 (17,4%) espécies de Pitcairnioideae. Em se tratando dos principais tipos de polinizadores, predomina a ornitofilia com 82,5% das espécies estudadas contra 11% de espécies quiropterófilas e 6,45% de melitófilas (Tabela 1).

Tabela 1- Síntese do estado atual do conhecimento dos principais tipos de polinizadores e sistema reprodutivo das espécies das subfamílias de Bromeliaceae. n = número de espécies estudadas.

Polinizadores/ Sistema reprodutivo	Bromelioideae n = 72	Pitcairnioideae n = 27	Tillandsioideae n = 56	TOTAL
ORNITOFILIA	65	21	42	128
QUIROPTEROFILIA	0	3	14	17
MELITOFILIA	7	3	0	10
AUTOCOMPATIBILIDADE	14	11	37	62
AUTOINCOMPATIBILIDADE	17	2	4	23

### Fenologia da floração

Poucas informações existem a respeito da fenologia de floração enfocando espécies de Bromeliaceae. Com exceção de trabalhos desenvolvidos na Costa Rica (Stiles 1978), Porto Rico (Kodric-Brown et al. 1984) e Colômbia (Jaramillo & Cavelier 1998), a maior parte dos estudos foram realizados no Brasil.

Alguns desses estudos foram realizados a um nível mais amplo envolvendo comunidades (Fischer 1994, Martinelli 1994, 1997, Buzato et al. 2000, Lopes 2002), outros dizem respeito à espécies sintópicas e congêneres de *Vriesea* (Araújo et al. 1994) e *Tillandsia* (Coffani-Nunes 1997) e outros têm focado espécies em particular como *Hohenbergia ridleyi* (Siqueira Filho e Machado 1998) e *Canistrum aurantiacum* (Siqueira Filho e Machado 2001), nos quais os autores fornecem informações detalhadas sobre a fenologia da floração diária das espécies. Tais estudos são

fundamentais para se entender a organização da comunidade e como ocorre a disponibilidade de recurso aos polinizadores ao longo do ano.

Stiles (1978) sugere que a seleção natural deve produzir uma sequência regular de tempo de floração organizada para minimizar a competição entre espécies de plantas polinizadas por espécies de beija-flores ou para minimizar hibridização interespecífica. A floração sequencial entre três espécies sintópicas de *Vriesea* favorece o uso do mesmo polinizador, neste caso o beija-flor heremita *Rhamphodon naevius* (Araújo et al. 1994). Enquanto Martinelli (1997) observou que 57% das espécies de uma comunidade de Floresta Atlântica Montana florescem sincronicamente. Provavelmente, existem outros mecanismos associados a fenologia da floração que permitem a coexistência de várias espécies. Por exemplo, a floração sincrônica associada com a autogamia pode ser uma estratégia adotada pelas plantas para evitar a hibridização (Wendt et al. 2001, 2002).

Condições ambientais como sazonalidade e precipitação interferem na floração das espécies conforme observado por Martinelli (1997) e Lopes (2002) que registraram um predomínio de floração das espécies na estação chuvosa. Entretanto, em anos atípicos, não há correlação entre precipitação e total de plantas floridas, sugerindo sobreposição de espécies floridas ao longo do ano ou ainda que a floração das espécies obedece a um padrão randômico (ver cap. I). Jaramillo & Cavelier (1998) também encontraram correlação positiva significativa entre precipitação e o total de plantas floridas. Os mesmos autores notaram que a produção de inflorescências de *Tillandsia complanata* aumentou com o incremento da precipitação (ver também Kessler & Krömer 2000).

De um modo geral, as espécies de Bromeliaceae apresentam três estratégias fenológicas predominando o tipo disponibilidade regular (“steady state” sensu Gentry 1974) encontrado por Martinelli (1997), Siqueira Filho e Machado (2001) e Lopes (2002). Esta última autora, apóia a idéia de que a estratégia de oferecer poucas flores por dia está associada com atividades de polinizadores que atuam em linhas de captura (“trapliners” sensu Janzen 1971). Cornucópia (sensu Gentry 1974) ocorre em *Hohenbergia ridleyi* (Siqueira Filho & Machado 1998), *H. ramageana* e *Portea leptantha* (Siqueira Filho & Machado, no prelo). Finalmente, a floração explosiva (“big bang” sensu Gentry 1974) ocorre em espécies de *Billbergia* e *Pepinia* (Nara 1998, ver cap. I).

## **Polinização**

Estudos de polinização na família Bromeliaceae tiveram um aumento relevante nos últimos anos (Fischer 1994, Martinelli 1994, 1997, Buzato et al. 2000, Kessler & Krömer 2000, Kessler 2002, Lopes 2002), porém, não encontramos publicações para nenhuma das espécies de 18 dos 56 gêneros da família.

Estudos sobre polinização foram realizados ao nível de comunidades nas quais as bromélias faziam parte da composição florística estudada (Wolf 1970, Stiles 1978, Snow & Snow 1980, 1986, Kodric-Brown et al. 1984, Arizmendi & Ornelas 1990, Aizen & Feinsinger 1994, Araújo 1996, Buzato et al. 2000, Lopes 2002). Outros estudos destacaram a comunidade de bromélias (Fischer 1994, Bernardello et al. 1991, Martinelli 1994, 1997, Alves et al. 2000, Sazima et al. 2000, Lopes 2002). Estudos de caso com espécies isoladas foram desenvolvidos por Sluys & Stotz (1995), Nara (1998), Siqueira Filho & Machado (1998, 2001).

Em outras regiões neotropicais, podemos citar os estudos desenvolvidos com espécies de *Bromelia* na Costa Rica (Hallwachs 1983), *Puya* no Chile (Johow 1898, 1910), Equador (Ortiz-Crespo 1973) e Peru (Dorst 1956, 1957, Macedo 1978), *Hechtia* (Mitchell 1974, Miquel 2000, Ramírez et al. 2001) e *Tillandsia* (Gardner 1986), ambas no México.

No Brasil, a maior parte dos estudos sobre polinização em Bromeliaceae foram desenvolvidos na Floresta Atlântica (96%) (Ruschi 1949, Snow & Teixeira 1982, Snow & Snow 1986, Fischer 1994, Martinelli 1994, 1997, Araújo et al. 1994, Sluys & Stotz 1995, Araújo 1996, Alves et al. 2000, Buzato et al. 2000, Siqueira Filho & Machado 1998, 2001, Lopes 2002), seguidos por estudos na Amazônia (3%) (Nara 1998) e no Pantanal (1%) (Araújo 2001). Para o Cerrado, não há estudos detalhados sobre a polinização de Bromeliaceae, sendo encontradas apenas descrições gerais sobre polinizadores (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988). Na Caatinga, não foram encontrados trabalhos publicados sobre o tema. (Figura 1).

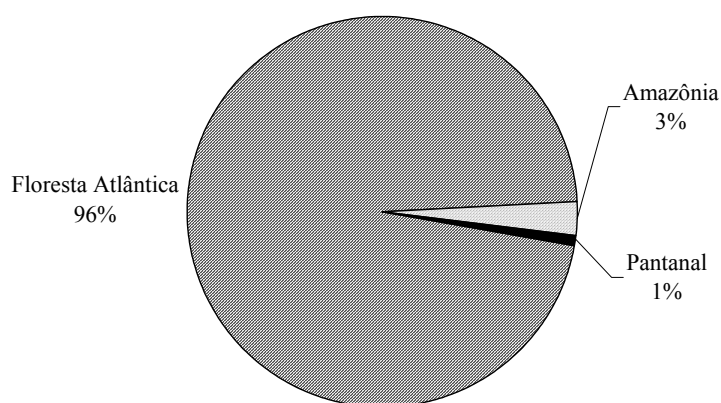


Figura 1 – Proporção dos estudos sobre polinização em Bromeliaceae desenvolvidos na Floresta Atlântica, Amazônia e Pantanal.

Na família Bromeliaceae são conhecidas espécies ornitófilas (McWilliams 1974, Ruschi 1982, Frisch & Frisch 1995), melitófilas (Fischer 1994, Siqueira Filho & Machado 1998, Miquel 2000, Ramírez et al. 2000), quiropterófilas (Vogel 1969, Howell 1972, Dobat & Peikert-Holle 1985, Helversen 1993, Sazima et al. 1989; 1995b, 1999, Christianini et al. no prelo), esfingófilas (Siqueira Filho e Leme 2002) e até espécies polinizadas por roedores (Cocucci & Sérsic 1998), conferindo uma ampla irradiação adaptativa à família (Benzing 1980, 2000, Vogel 1990).

No Brasil, as primeiras observações sobre polinização em Bromeliaceae foram feitas por pesquisadores da escola alemã: Muller (1895, 1896a, b, 1897), Mez (1896), Ule (1896, 1898, 1899, 1901) e compiladas por Knuth (1904), além dos trabalhos desenvolvidos por Werth (1915), Harms (1930), Decker (1934) e Porsch (1924, 1932, 1935). Estes autores registraram visitas de beija-flores, abelhas, moscas e borboletas às flores de Bromeliaceae.

Atualmente, as Bromeliaceae são reconhecidas como uma das mais importantes fontes de recursos para os beija-flores na Floresta Atlântica (Snow & Teixeira 1982, Snow & Snow 1986, Fischer 1994; Araújo 1996; Martinelli 1997; Buzato et al. 2000; Varassin & Sazima 2000; Siqueira Filho & Machado 2001, Lopes 2002). Os beija-flores são os principais polinizadores da família, tanto no Brasil como em outras regiões neotropicais (Kramer et al. 1993, Kessler & Krömer 2000, Kessler 2002) e até o momento foram registradas 51 espécies de beija-flores polinizando bromélias, o que representa 43,6% (34 spp.) dos beija-flores que ocorrem no Brasil (ver Sick 1997).

Tratando apenas dos casos de ornitofilia (128 casos confirmados, ver Tabela 1), 29% (37 spp.) das espécies são polinizadas exclusivamente por uma única espécie de beija-flor (Ruschi 1949, Stiles 1978, Murawiski & Hamrick 1990, Bernardello et al. 1991, Araújo et al. 1994, Fischer 1994, Martinelli 1994, Alves et al. 2000, Buzato et al. 2000, Sazima et al. 2000, Varassin & Sazima 2000, Vasconcelos e Lombardi 2000, Leme & Siqueira 2001), valor relativamente alto se considerarmos os níveis atuais de fragmentação, pois sugere uma dependência da planta por um único polinizador. Por outro lado, *Aechmea nudicaulis*, uma espécie de ampla distribuição geográfica (Smith & Downs 1979) é visitada por até 13 espécies de beija-flores em diferentes estudos (Stiles 1978, Fischer 1994, Sazima et al. 1995a, Araújo 1996, Varassin & Sazima 2000, Vasconcelos & Lombardi 2001, Buzato et al. 2000).

Devido à representatividade da polinização das bromélias por beija-flores, Ruschi (1949) sugeriu o termo “trochilogamia” para distinguir de ornitofilia, nome empregado para as espécies vegetais que eram polinizadas por outras aves que não necessariamente beija-flores, enquanto Kessler (2002) utilizou o termo “troquilofilia” para designar bromélias polinizadas por beija-flores.

Além dos beija-flores, passeriformes também visitam as flores de bromélias como *Curaeus aterrinus* (= *Curaeus Curaeus*, Icterinae), *Mimus thenca* (Mimidae), *Turdus megalanicus*

(Turdinae) visitando *Puya chilensis* e *P. coerulea* (Johow 1898), além de *Coereba flaveola* (Coerebinae) que visita *Aechmea bromeliifolia* e *A. distichantha* juntamente com beija-flores (Sazima & Sazima 1999).

As abelhas como polinizadoras das espécies de Bromeliaceae não são tão raras segundo mencionam alguns autores (Sazima et al. 1989, Vogel 1990, Benzing et al. 2000), e os registros de polinização por insetos vêm crescendo gradualmente (Gardner 1986, Till 1992) mostrando-se exclusivo em alguns gêneros como *Fosterella* (com exceção de duas espécies, ver Ibisch 2002), *Cryptanthus* (Ramírez 2001) e *Hechtia* (Mitchell 1974, Ramírez et al. 2000, Miquel 2000), *Lindmania*, *Brewcaria*, *Cottendorfia* e *Steyerbromelia* (Varadarajan e Brown 1988). Entre os estudos de caso confirmando a polinização por abelhas destacam-se: *Aechmea gamossepala* (Fischer 1994), *Hohenbergia ridleyi* (Siqueira Filho & Machado 1998) e *Araeococcus micranthus* (Nara 1998).

Registros de polinização por morcegos existem nas subfamílias Pitcairnioideae: *Encholirium* (Sazima et al. 1989) e *Pitcairnia* (Rauh 1987, Wendt et al. 2001, Muchhala e Jarrín-V 2002) e Tillandsioideae: *Alcantarea* (Vogel 1969, Martinelli 1997), *Guzmania* (Benzing et al. 2000, Kessler 2002), *Tillandsia* (Beamann e Judd 1996, Benzing et al. 2000), *Vriesea* (Vogel 1969, Dobat e Peikert-Holle 1985, Rauh 1986, Helversen 1993, Fischer 1994, Martinelli 1994, 1997; Sazima et al. 1995a, 1999) e *Werauhia* (Vogel 1969, Salas 1973, Utlely 1983, Rauh 1986, 1987). *Ayensua uaipanensis* (Maguire) L.B.Sm. e *Billbergia robert-readii* E. Gross e Rauh são os únicos registros de quiropterofilia na subfamília Bromelioideae (Varadarajan e Brown 1988; Benzing et al. 2000; Kessler 2002), embora faltem detalhes a respeito dos polinizadores.

Existem quatro espécies de morcegos registradas como polinizadores de bromélias: *Artibeus lituratus* visitando duas espécies (Martinelli 1994, 1997), *Lonchophylla bokermanii* visitando três espécies (Sazima et al. 1989, Wendt et al. 2001), *Glossophaga soricina* visitando quatro espécies (Vogel 1969, Dobat & Peikert-Holle 1985, Martinelli 1994, Wendt et al. 2001, 2002), *Anoura geofroy* visitando sete espécies (Vogel 1969, Salas 1973, Utlely 1983, Dobat & Peikert-Holle 1985, Helversen 1993, Martinelli 1994, Muchhala & Jarrín-V 2002) e *Anoura caudifer* visitando 11 espécies (Vogel 1969, Dobat & Peikert-Holle 1985, Helversen 1993, Fischer 1994, Martinelli 1994, 1997, Ramírez & Seres 1994, Sazima et al. 1995b, 1999, Muchhala & Jarrín-V 2002). Com exceção de *A. lituratus* considerada generalista, as demais espécies de morcegos são ditas nectarívoras (Koopman 1981), embora também utilizem insetos em sua dieta (E. Fischer, com. pess.).

Outro aspecto interessante abordado em espécies de Bromeliaceae está relacionado à qualidade do néctar produzido e sua relação com os tipos de polinizadores (Baker 1975, Freeman et al. 1985, Baker & Baker 1990, Krömer 1997, Buzato et al. 2000, Lopes 2002). Estudos recentes

sobre concentração de néctar em Bromeliaceae vêm despertando interesse devido aos teores de açúcar encontrados serem invariavelmente superiores aos encontrados em outras famílias (Bernardello et al. 1991, Galetto & Bernardello 1992, Sazima et al. 1995ab, Sazima et al. 1999, Buzato et al. 2000, Lopes 2002) o que demonstra a importância da família como principal fonte de recursos para a comunidade de polinizadores.

Alguns autores testaram a relação entre volume e concentração média de néctar e o tamanho da corola, sendo na maioria dos casos encontrada uma correlação positiva entre essas variáveis (Baker 1975, Bolten e Feinsinger 1978, Arizmendi e Ornelas 1990, Fischer 1994, Lopes 2002).

### **Sistema reprodutivo**

Apesar da ampla representatividade da família nos Neotrópicos e da importância horticultural que desperta (Till 2000), pouco se sabe sobre o sistema reprodutivo de Bromeliaceae. Até a o fim da década de 90, acreditava-se que a auto-incompatibilidade era restrita à subfamília Bromelioideae (Martinelli 1997), mas os estudos recentes revelaram que a auto-incompatibilidade ocorre em 23 espécies, assim distribuídas: Bromelioideae: *Aechmea* (7 spp.), *Ananas* (1 sp.), *Araeococcus* (1 sp., ver cap. III), *Billbergia* (3 spp.) *Bromelia* (1 sp.), *Canistrum* (1 sp., ver cap. I) *Quesnelia* (3 spp.); Pitcairnioideae: *Dyckia* (1 sp.) e *Pepinia* (1 sp.); e Tillandsioideae: *Tillandsia* (2 spp.) e *Vriesea* (2 spp.) (Garth 1964, Brewbaker & Gorrez 1967, McWilliams 1974, Aizen & Feinsinger 1994, Araújo et al. 1994, Martinelli 1994, 1997, Ramirez & Seres 1994, Nara 1998, Bianchi et al. 2000, Benzing et al. 2000). Mesmo somando-se a outros 62 casos de auto-compatibilidade (ver Tabela 1) já confirmados nas três subfamílias (Brewbaker & Gorrez 1967, Gilmartin & Brown 1985, Bush & Beach 1986, Araújo et al. 1994, Jaramillo & Cavelier 1998, Baker & Baker 1990, Martinelli 1994, 1997, Siqueira Filho & Machado 1998, 2001, Benzing et al. 2000, ver caps. I e III), tem-se um percentual inferior a 3% de espécies estudadas na família, tornando evidente que muito se tem a investigar sobre os mecanismos reprodutivos em Bromeliaceae.

Entre os mecanismos desenvolvidos pelas Bromeliaceae para evitar a autofecundação na família destaca-se a dicogamia, tanto protandria (Harms 1930) como protoginia, já observada em *Alcantarea*, *Araeococcus*, *Billbergia*, *Nidularium*, *Quesnelia* e *Vriesea* (Martinelli 1997, Nara 1998). Adicionalmente, também foi confirmada a ocorrência de cleistogamia em *Tillandsia capillaris* (Gilmartin e Brown 1985), *T. recurvata* (Benzing 2000), *T. variabilis* (Gardner 1986) e *T. tricholepis*, *T. usneoides* e *T. virescens* (Kessler 2002) indicando autogamia obrigatória nestas espécies.



Em três espécies de *Pitcairnia* foi encontrada a ocorrência de autocompatibilidade e a formação de híbridos naturais (Wendt et al. 2001, 2002). Em espécies como *Tillandsia usneoides* (Garth 1964) e *T. deppeana* (Garcia-Franco & Rico-Gray 1991), existem populações que se comportam como autoincompatíveis enquanto outras são autoincompatíveis (Benzing et al. 2000, Till, com. pess.).

A maioria das espécies de Bromeliaceae possui flores hermafroditas, porém o dioicismo ocorre em *Cottendorfia*, um gênero monotípico (Leme & Marigo 1993), *Hechtia*, gênero endêmico do México (Benzing et al. 2000), e em algumas espécies de *Catopsis* (Palací 1997) e *Dyckia* (Forzza 2001). A andromonoiccia é restrita a *Cryptanthus*, gênero endêmico do Brasil (Ramírez 2001).

### **Conservação X Bromeliaceae**

Um dos principais desafios da biologia da conservação é mitigar os impactos provocados pela fragmentação e perda de hábitat, além de criar alternativas para manter as populações viáveis nos remanescentes atuais (Gascon & Lovejoy 1998) visto que a fragmentação dos hábitats é uma realidade insuperável (Siqueira Filho e Leme 2000).

Apesar das atuais taxas de extinção e fragmentação alarmantes (Dimmit 2000), nos últimos seis anos foram descritas 188 novas espécies de Bromeliaceae (Luther 2002) o que revela que pouco se sabe da riqueza de plantas neotropicais e que provavelmente se tratam de espécies ameaçadas de extinção (Tabarelli et al. 2002).

Mais especificamente, na família Bromeliaceae há estudos que mostram evidências do impacto da fragmentação sobre determinadas espécies (Aizen & Feinsinger 1994, Wilms 1995, Wilms et al. 1996, Sazima & Sazima 1999, Siqueira Filho & Leme 2000, 2002, ver os capítulos seguintes).

O impacto da fragmentação tem consequências mais graves nas florestas neotropicais, onde ocorrem várias espécies de Bromeliaceae epífitas, endêmicas e ameaçadas de extinção (Rauh 1992, Luther 1994, Ibsich et al. 2001, Siqueira Filho 2002), embora poucas espécies se encontrem nas listas oficiais (Hilton Taylor 2000). Mais especificamente, na Floresta Atlântica Nordeste que apesar de responder por 38% de espécies endêmicas (Siqueira Filho 2002), nenhuma espécie está na lista oficial das espécies ameaçadas de extinção do IBAMA (<http://www.ibama.gov.br>), na qual constam apenas 15 espécies de Bromeliaceae, todas restritas à região Sudeste e Sul do Brasil.

Por outro lado, não há consenso entre os estudiosos da conservação sobre a situação das Bromeliaceae em um contexto regional. Por exemplo, Ibsich et al. (2001) sugerem que nenhuma das 296 espécies de Bromeliaceae que ocorrem na Bolívia, incluindo epífitas (49% das espécies) e endêmicas (22% das espécies) necessitam de programas de conservação urgentes ou sejam incluídas

em listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção. Os autores justificam essa posição por constatarem que as Bromeliaceae saxícolas convivem com intensas atividades de agricultura há séculos e muitas espécies podem, inclusive, se beneficiar com a pressão antrópica através do aumento de suas populações em solos pobres e com vegetação escassa.

Um problema importante na Floresta Atlântica fragmentada é a ausência de bons indicadores para avaliar o grau de perturbação do ambiente e os processos biológicos ainda presentes que ajudem na interpretação da situação atual desses remanescentes (Silva 1998). A compreensão dos efeitos da fragmentação sobre a biodiversidade é um dos elementos fundamentais para o sucesso de Programas Conservacionistas (Tabarelli et al. 1999, Margules & Pressey 2000).

Para desenvolver boas estratégias de conservação para proteger determinado grupo biológico de plantas, animais e seus remanescentes, deve-se ter como premissa o conhecimento sobre a história natural do grupo, conhecimento razoável sobre a biogeografia dos grupos estudados e informações baseada em boas coleções de herbários (ver Tabarelli et al. 2002). O estudo com as Bromeliaceae pode ser uma boa ferramenta de como as informações naturalísticas podem ser aproveitadas com esse propósito (Siqueira Filho 2002).

Nos diversos tipos de ambientes onde as Bromeliaceae ocorrem, várias espécies estão seriamente ameaçadas (Siqueira Filho 2002). Com base em um modelo criado para estimar as taxas de extinção de espécies em função das taxas de destruição anual de áreas naturais, revelou-se que com a perda de 15% dessas áreas a cada ano, cerca de 150 espécies de Bromeliaceae (6% da família) serão extintas localmente e que oito a 12 espécies podem desaparecer a cada ano (Dimmitt 2000).

Diante do exposto acima, acreditamos que as informações geradas nos próximos capítulos poderão contribuir para ações estratégicas voltadas para o manejo e conservação de espécies endêmicas e ameaçadas ou a proteção de áreas de endemismo (Silva 1998) auxiliando os tomadores de decisão na adoção de políticas públicas que contemplem a biodiversidade local.

### 3 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENDROTH, A. Bromeliads and birds in our garden. **bromeliad society bulletin**, v. 15, n. 5, p. 107-108, 1965.

AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. **ecology**, v. 75, n. 2, p. 330-351, 1994.

ALVES, M. A. S.; ROCHA, C. F. D.; SLUYS, M. V.; BERGALLO, H. G.C. Guildas de beija-flores polinizadores de quatro espécies de Bromeliaceae de Mata Atlântica da Ilha Grande, RJ, Brasil: Composição e taxas de visitação. In: ALVES, M. A. S.; SILVA, J. M. C.; VAN SLUYS, M.; BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D. (orgs.). **A ornitologia no Brasil: Pesquisa atual e perspectivas**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2000. Pp 171-185.

ARAÚJO, A. C. **Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo**. 1996. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

\_\_\_\_\_. **Flora, fenologia de floração e polinização em Capões do Pantanal Sul Matogrossense**. 2001. 90 f. Tese (Doutorado em Ecologia) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

\_\_\_\_\_; FISCHER, E. A.; SAZIMA, M. Floração sequencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região de Juréia, sudeste do Brasil. **revista brasileira botânica**, v. 17, p. 113-118, 1994.

ARIZMENDI, M. C.; ORNELAS, J. F. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry Forest in México. **biotropica**, v. 22, n. 2, p. 172-180, 1990.

BAKER, H. G. Sugar concentration in nectars from hummingbird flowers **biotropica**, v.7, p.37-41, 1975

\_\_\_\_\_; BAKER, I. The predictive value of nectar chemistry to the recognition of pollinator types. **israel journal of botany**, v. 39, p. 157-166, 1990.

BEAMAN, R. S.; JUDD, W. S. Systematics of *Tillandsia* subgenus *Pseudoalcantarea* (Bromeliaceae). **brittonia**, v. 48, p. 1-19, 1996.

BENZING, D. H. **The biology of the bromeliads**. California, Mad River Press, 1980.

\_\_\_\_\_. How much is know about Bromeliaceae in 1994? **selbyana**, v. 15, p. 1-7, 1994.

\_\_\_\_\_. **Bromeliaceae: Profile of an adaptive radiation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

\_\_\_\_\_ ; LUTHER, H. E.; BENNETT, B. Reproduction and life history. In: BENZING, D. H. (ed.). **Bromeliaceae**: Profile of an adaptive radiation. Cambridge: Cambridge University Press. 2000. Pp. 245-328.

BERNARDELLO, L. M.; GALETTO, L.; JULIANI, H. R. Floral nectar, nectary structure and pollinators in some Argentinean Bromeliaceae. **annals of botany**, v. 67, p. 401-411, 1991.

BOLTEN, A. B.; FEINSINGER, P. Why do hummingbird flowers secrete dilute nectar? **Biotropica**, v. 10, p. 307-309, 1978.

BREBAKER, J. L.; GORREZ, D. D. Genetics of self-incompatibility in the monocot genera *Ananas* (Pineapple) and *Gasteria*. **american journal of botany**, v. 54, n. 5, p. 611-616, 1967.

BIANCHI, M. B.; GIBBS, P. E.; PRADO, D. E.; VESPRINI, J. L. Studies on the breeding systems of understory species of a Chaco woodland in NE Argentina. **flora**, v. 195, p. 339-348, 2000.

BROWN JR., K.; FREITAS, A. V. L. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. **biotropica**, v.32, p. 934-956, 2000.

BUSH, S. P.; BEACH, J. H. Breeding systems of epiphytes in a tropical montane wet forest. **selbyana**, v.16, p. 155-158, 1986.

BUZATO, S.; SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic forest sites. **biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 824-841, 2000.

CHRISTIANINI, A. V.; FORZZA, R. C.; BUZATO, S. Floral traits and pollination: the puzzle of *Encholirium* (Bromeliaceae) species. No prelo.

COFFANI-NUNES, J. V. **Estudo florístico e fenomorfológico de Tillandsioideae – Bromeliaceae na Serra do Cipó, MG.** 1997. Dissertação (Mestrado em Botânica) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

COCUCCI, A.; SÉRSIC, A. Evidence of rodent pollination in subtropical South America. In: OWENS, S. J.; RUDALL, P. J. (eds.) **Reproductive biology**. Royal Botanical Gardens, Kew. 1998. Pp. 113-121.

DIMMIT, M. A. Endangered Bromeliaceae. In: BENZING D. H. (ed.) **Bromeliaceae**: Profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, Cambridge, USA. 2000. Pp. 609-620.

DOBAT, K.; PEIKERT-HOLLE, T. **Blüten und Fledermäuse. Bestäubung durch Fledermäuse und Flughunde (Chiropterophilie).** Frankfurt am Main: Waldermar Kramer, 1985.

DORST, J. Etude biologique des Trochilidés des Hauts Plateaux Péruviens Oiseaux. **rev. fr. ornithol**, v. 26, p. 165-193, 1956.

\_\_\_\_\_. The *Puya* stands of the Peruvian High Plateaux as a bird habitat. **ibis**, v. 99, p. 594-599, 1957.

- FISCHER, E. A. **Polinização, fenologia e distribuição espacial de Bromeliaceae numa comunidade de Mata Atlântica, Litoral Sul de São Paulo**. 1994. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.
- \_\_\_\_\_. **Polinização por morcegos Glossophaginae versus Phyllostominae em Floresta de terra firme na Amazônia Central**. 2000. 123 f. Tese (Doutorado em Ecologia) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- FONTOURA, T. Bromeliad and habitat fragmentation in the Atlantic rainforest of Northeastern Brazil: the remaining species. In: GANESHIAH, K. N., UMA SHAANKER, U.; BAWA, K. S. (eds.). **Tropical ecosystems: structure, diversity and human welfare**. Proceedings of the international conference on tropical ecosystems. New Dehli: Oxford –IBH, 2001. Pp. 399-404.
- FORZZA, R. C. **Filogenia da tribo Puyeeae Wittm. e revisão taxonômica do gênero *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Pitcairnioideae – Bromeliaceae)**. 2001. 208 f. Tese (Doutorado em Ciências Área de Botânica) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- FREEMAN, C. E.; WORTHINGTON, R. D.; CORRAL, R. D. Some floral nectar-sugar compositions from Durango and Sinaloa, México. **biotropica**, v. 17, p. 309-313, 1985.
- FRISCH, J. D.; FRISCH, C. A. D. **O jardim dos beija-flores**. São Paulo: Dalgas-Ecoltec Ecologia Técnica, 1995. 272p.
- GALETTO, L.; BERNARDELLO, L. M. Nectar secretion pattern and removal effects in six argentinean Pitcairnioideae (Bromeliaceae). **botanica acta**, v. 105, p. 292-299, 1992.
- GARCIA-FRANCO, J. G.; RICO-GRAY, V. Biología reproductiva de *Tillandsia deppeana* Steudel (Bromeliaceae) en Veracruz, México. **brenesia**, v. 35, p. 61-79, 1991.
- GARDNER, C. S. Inferences about pollination in *Tillandsia* (Bromeliaceae). **selbyana**, v. 9, p. 76-87, 1986.
- GARTH, R. E. The ecology of Spanish moss (*Tillandsia usneoides*): its growth and distribution. **ecology**, v. 45, n. 3, p. 470-480, 1964.
- GASCON, C.; LOVEJOY, T. E. Ecological impacts of forest fragmentation in Central Amazonia. **zoology**, v. 101, p. 273-280, 1998.
- GENTRY, A. H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **biotropica**, v. 6, p. 64-68, 1974.
- \_\_\_\_\_; DODSON, C. H. Diversity and biogeography of Neotropical vascular epiphytes. **annals of the missouri botanical garden**, v. 74, p. 205-233, 1987.
- GILMARTIN, A. J.; BROWN, G. K. Cleistogamy in *Tillandsia capillaris* (Bromeliaceae). **biotropica**, v. 17, p. 256-259, 1985.

- HAFFER, J. Biogeography of Neotropical birds. In: WHITMORE, T. C.; PRANCE, G. T. (eds.). **Biogeography and Quaternary history in tropical America**. Claredon Press, Oxford. 1987. Pp. 105-150.
- HALLWACHS, W. *Bromelia pinguin* and *Bromelia karatas*. In: JANZEN, D. H. (ed.). **Costa Rican Natural History**. Chicago, IL: University of Chicago Press. 1983. Pp. 195-197.
- HARMS, H. Bromeliaceae. In: ENGLER; PRANTL, (eds.). **Die Naturalischen Pflanzenfamilien**. v. 2, n.15a, 1930. Pp. 65-159.
- HELVERSEN, V. O. Adaptations of flowers to the pollination by Glossophagine bats. In: BARTHOLOTT, W.; NAUMANN, C. M.; SCHMIDT-LOSKE, K.; SCHUCHMANN, K. L. (eds.). **Animal-plant interactions in tropical environments**. Zoologisches Forschungsinstitut & Museum Alexander Koenig, Bonn. 1993. Pp. 41-59.
- HILTON-TAYLOR, C. (comp.). **IUCN red list of threatened plants**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: [s.n], xviii, 61p. 2000.
- HOWELL, D. J. **Physiological adaptations in the syndrome of Chiropterophily with emphasis on the bat *Leptonycteris***. 1972. 217 f. PhD thesis. Arizona University. 1972.
- IBISCH, P. L.; NOWICKI, C.; VÁSQUEZ, R. Towards and understanding of diversity patterns and conservation requirements of the Bolivian Bromeliaceae. **journal of the bromeliad society**, v. 51, n. 3, p. 99-113, 2001.
- \_\_\_\_\_; VÁSQUEZ, R.; GROSS, E.; KRÖMER, T.; REX, M. Novelities in Bolivian *Fosterella* (Bromeliaceae). **selbyana**, v. 23, n. 2, p. 204-219, 2002.
- JANZEN, D. H. Euglossinae bees as long-distance pollinators of tropical plants. **science**, v. 171, p. 203-205, 1971.
- JARAMILLO, M. A.; CAVELIER, J. Fenologia de dos espécies de *Tillandsia* (Bromeliaceae) en um bosque montano alto de la cordillera oriental Colombiana. **selbyana**, v. 19, n. 1, p. 44-51, 1998.
- JOHOW, F. Über ornithophilie in der chilenischen. **flora**, v. 28, p.338-341, 1989.
- \_\_\_\_\_. Estudios de Biología vegetal I. Sobre algunos casos de ornitofilia en la flora Chilena. **anales university chile**, v.126, p. 27-50, 1910.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. Endangered mutualism: The conservation of Plant-pollinator interactions. **annual review of ecology and systematics**, v. 29, p. 83-112, 1997.
- KESSLER, M. Environmental patterns and ecological correlates of range size among bromeliad communities of Andean forest in Bolivian. **the botanical review**, v. 68, p. 100-127, 2002.
- \_\_\_\_\_; KRÖMER, T. Patterns and ecological correlates of pollination modes among bromeliad communities of Andean forests in Bolivia. **plant biology**, v.2, p. 659-669, 2000.

- KNUTH, P. **Handbuch der Blütenbiologie**. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann. 1904. p. 99-107.
- KODRIC-BROWN, A.; BROWN, J. H.; BYERS, G. S.; GORI, D. F. Organization of a tropical island community of hummingbirds and flowers. **ecology**, v. 65, p. 1358-1368, 1984.
- KOOPMAN, K. F. The distributional patterns of new world nectar-feeding bats. **annals of the missouri botanical garden**, v. 68, p. 352-369, 1981.
- KRAEMER, M.; SCHMITT, U.; SCHUCHMANN, K. L. Notes on the organization of a Neotropical high-altitude hummingbird-flower community. In: BARTHLOTT, W.; NAUMANN, C. M.; SCHMIDT-LOSKE, K.; SCHUCHMANN, K. L. (eds.) **Animal-plant interactions in tropical environments**. Zoologisches Forschungsinstitut & Museum Alexander Koenig, Bonn. 1993. Pp.61-65.
- KRÖMER, T. **Untersuchungen zur verbreitung, ökologie und nektarzusammensetzung von Bromeliaceen**. 1997. PhD thesis. University of Göttingen, Göttingen. 1997.
- LEME, E. M. C. Contribuição ao estudo do gênero *Alcantarea* – I. **bromelia**, v. 2, n. 3, p. 15-23, 1995.
- \_\_\_\_\_. **Canistrum: Bromélias da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Salamandra, 1997. 107p.
- \_\_\_\_\_; MARIGO, L. C. **Bromélias na natureza**. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira & Marigo Comunicação Visual Ltda. 1993. 183 p.
- \_\_\_\_\_; SIQUEIRA FILHO, J. A. Studies in Bromeliaceae of Northeastern Brazil – I. **selbyana**, v. 2, p. 146-154, 2001.
- LOPES, A. V. **Polinização por beija-flores em remanescente da Mata Atlântica Pernambucana, Nordeste do Brasil**. 2002. 126 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.
- LUTHER, H. E. An unusual night-flowering *Guzmania* from southern Ecuador. **journal of the bromeliad society**, v. 43, p. 195-197, 1993.
- \_\_\_\_\_. A guide to the species of *Tillandsia* regulated by appendix II of CITES, **selbyana**, v. 15, p. 112-131, 1994.
- \_\_\_\_\_. A showy *Fosterella* from Bolivia. **journal of the bromeliad society**, v. 47, p. 118-119, 1997.
- MACEDO, H. de. A proposito de la mayor de las Bromeliaceas. **bol. soc. geogr.**, v. 97, p. 35-41, 1978.
- MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic Conservation planning. **nature**, v. 405, p. 243-253, 2000.

- MARTINELLI, G. **Reproductive biology of Bromeliaceae in the Atlantic rainforest of Southeastern Brazil**. 1994. 197 f. Ph.D. thesis. University of St. Andrews. St. Andrews, Scotland. 1994.
- \_\_\_\_\_. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. (eds.). **Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em mata atlântica**. Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1997. Pp 213-250.
- MEZ, C. Bromeliaceae. In: DECANDOLLE, C. De (ed.). **Monographie Phanerogamarum**. v. 9. 1986. Pp 1-1990.
- McWILLIAMS, E. L. Evolutionary ecology. In: SMITH, L.B.; DOWNS, R. J. (eds.). Pitcairnioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica**. Monograph n. 14. Hafner Press, New York, USA. 1974. Pp. 40-55.
- MIQUEL, M. E. L. **Distribución de la abundancia y uso de los recursos florales por abejas (Hymenoptera, Apoidea) del Valle Zapotitlán delas Salinas, Puebla**. 2000. 114 f. Monografía (Graduação em Ciências Biológicas) Universidad de las Américas, Puebla. México. 2000.
- MITCHELL, P. Proof of insect pollination of *Hechtia scariosa*. **journal of the bromeliad society**, v. 24, n. 1, p. 28-29, 1974.
- MURCIA, C. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. In: SCHELLAS, J.; GREENBERG, R. (eds.). **Forest patches in tropical landscapes**. Island Press, London. 1995. Pp. 19-36.
- MUCHHALA, N.; JARRÍN-V, P. Flower visitation by bats in cloud forest of western Ecuador. **biotropica**, v. 34, p. 387-395, 2002.
- MÜLLER, F. Bromeliaceen. **berichte deutschen botanischen gesellschaft**, v. 8, p. 160-162, 1895.
- \_\_\_\_\_. Einige Bemerkungen über Bromeliaceen. I-VIII. **flora**, v. 82, p. 314-328, 1896a.
- \_\_\_\_\_. Die Bromelia silvestris der Flora fluminensis. **berichte deutschen botanischen gesellschaft**, v.14, p. 3-11, 1896b.
- \_\_\_\_\_. Einige Bemerkungen über Bromeliaceen. IX-XIII. **flora**, v. 83, p. 455-473, 1897.
- MURAWSKI, D. A.; HAMRICK, J. L. Local genetic and clonal structure in the tropical terrestrial bromeliad, *Aechmea magdalenae*. **american journal of botany**, v. 77, n. 9, p. 1201-1208, 1990.
- NARA, A. K. **Biologia floral e polinização de quatro espécies de Bromeliaceae de ocorrência em vegetação de baixio na Amazônia Central**. 1998. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Universidade do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 1998.



- ORTIZ-CRESPO, F. L. Field studies of pollination of plants of the genus *Puya*. **journal of the bromeliad society**, v. 23, n. 3-7, p. 54-57, 1973.
- PALACÍ, C. A. **A systematic revision of the genus *Catopsis* (Bromeliaceae)**. PhD Thesis. University of Wyoming, Laramie, 1997.
- PERES, C. A. Identifying keystone plant resources in tropical forests: the case of gums from *Parkia* pods. **journal of tropical ecology**, v. 16, p. 1-31, 2000.
- PORSCH, O. Vogelblumenstudien I. **jahrb. wiss. bot**, v. 63, p. 553-706, 1924.
- \_\_\_\_\_. Das problem fledermausblume. Sitzungsanzeig. Akademien Wissenschaft der Wien, **math. Nat. Kl.** v. 3, p.1-2, 1932.
- \_\_\_\_\_. Säugetiere als Blumenbeute und die frage der Säugetierblume 2. **biologia generalis**, v. 11, p. 171-188, 1935.
- \_\_\_\_\_. Säugetiere als Blumenbeute 3. **biologia generalis**, v. 12, p.1-21, 1936.
- PRANCE, G. T. 1982. Forest refuges: evidence from woody angiosperms. In: PRANCE, G. T (ed.). **Biological diversification in the tropics**. Columbia University Press, New York. Pp. 137-198.
- \_\_\_\_\_. Biogeography of Neotropical plants. In: WHITMORE, T. C.; PRANCE, G. T. (eds.). **Biogeography and quaternary history in tropical America**. Clarendon Press, Oxford. 1987. Pp.175-196.
- RAMÍREZ, I. M. Pollinators in *Cryptanthus*: a hypothesis. **journal of the bromeliad society**, v. 51, p. 65-70, 2001.
- \_\_\_\_\_; CHI-MAY, F.; CARNEVALI, G.; MAY-PAT, F.& CHUC-PUC, G. Portraits of Bromeliaceae from the Mexican Yucatán Peninsula – I: *Hechtia schottii* Baker ex Hemsley. **journal of the bromeliad society**, v. 50, n. 1, p. 20-24, 2000.
- RAMIREZ, N.; GIL, C.; HOKCHE, O.; SERES, A.; BRITO, Y. Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. **annals of the missouri botanical garden**, v. 77, p. 383-397, 1990.
- \_\_\_\_\_; SERES, A. Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a Venezuelan tropical cloud forest. **plant systematics and evolution**, v.190, p.129-142, 1994.
- RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELA, J; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **biodiversity and conservation**, v.7, p. 385-403, 1998.
- RAUH, W. Bromelienstudien 1. Neue und wenig bekannte Arten aus Peru und anderen Ländern (18. Mitteilung). **tropische und subtropische pflanzenwelt**, v. 58, p. 41, 1986.
- \_\_\_\_\_. Neue und wenig bekannte arten aus Peru und anderen Ländern (19 Mitteilung). **tropische und subtropische pflanzenwelt**, v. 60, p. 934-938, 1987.

\_\_\_\_\_. Are *Tillandsias* endangered plants? **selbyana**, v. 13, p. 139-139, 1992.

RENNER, S. S. Effects of habitat fragmentation on plant pollinator interactions in the tropics. In: NEWBERY, D. M.; PRINS, H. H. T.; BROWN, N. D. (eds.). **Dynamics of tropical communities**. Blackwell Science. 1998. Pp. 339-360.

RUSCHI, A. A. Polinização realizada pelos Trochilídeos, a sua área de alimentação e repovoamento. **boletim do museu de biologia professor mello-leitão**. biologia, v. 2, p.1-51, 1949.

\_\_\_\_\_. **Beija-flores do Estado do Espírito Santo**. Editora Rios LTDA. 1982.

SALAS, D. Una bromeliaceae costarricense polinizada por murcielagos. **brenesia**, v. 2, p. 5-10, 1973.

SAZIMA, I.; VOGEL, S.; SAZIMA, M. Bat pollination of *Encholirium glaziovii*, a terrestrial bromeliad. **plant systematics and evolution**, v. 168, p.167-179, 1989.

\_\_\_\_\_, BUZATO, S.; SAZIMA, M. The saw-billed hermit *Ramphodon naevius* and its flowers in southeastern Brazil. **journal für ornithologie**, v. 136, p. 195-206, 1995a.

SAZIMA, M.; BUZATO, S.; SAZIMA, I. Bat pollination of *Vriesea* in Southeastern Brazil. **bromelia**, v. 2, n. 4, p. 29-37, 1995b.

\_\_\_\_\_; SAZIMA, I. The perching bird *Coereba flaveola* as a co-pollinator of bromeliad flowers in southeastern Brazil. **Plant Systematics and Evolution**. **canadian journal of zoology**, v. 77, p. 47-51, 1999.

\_\_\_\_\_; BUZATO, S.; SAZIMA, I. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Forest sites in Brazil. **annals of botany**, v. 83, p. 705-712, 1999.

\_\_\_\_\_; BUZATO, S.; SAZIMA, I. Polinização por beija-flores em *Nidularium* e gêneros relacionados. In: LEME, E. M. C. (ed.). **Nidularium: Bromélias da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Sextante Artes. 2000. Pp 190-195.

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. ed. rev., ampl., 1997. Pp. 422-466.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. A polinização de plantas do Cerrado. **revista brasileira de biologia**, v. 48, n. 4, p. 651-663, 1988.

SILVA, J. M. C. Integrating biogeography and conservation: an example with birds and plants of the Cerrado region. **Anais da academia brasileira de ciências**, v. 70, n. 4, p. 881-888, 1998.

\_\_\_\_\_; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **nature**, v. 404, p. 72-73, 2000.

SIQUEIRA FILHO, J. A. Bromélias em Pernambuco: Diversidade e aspectos conservacionistas. In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (eds.). **Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco**. V.1. SECTMA e Massangana, Recife, Pernambuco. 2002. Pp. 219-228.

\_\_\_\_\_; LEME, E. M. C. Suplemento: *Neoregelia* subgênero *longipetalopsis*. In: E. M. C. LEME (ed.). *Nidularium*: Bromélias da Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Sextante Artes.2000. Pp 227-237.

\_\_\_\_\_; LEME, E. M. C. An addition to the genus *Canistrum*: a new combination for an old species from Pernambuco and a new species from Alagoas, Brazil. **journal of the bromeliad society**, v. 52, p. 105-121, 2002.

\_\_\_\_\_; MACHADO, I. C. Biologia floral de *Hohenbergia ridleyi* (Baker) Mez (Bromeliaceae). **bromelia**, v. 5, p. 1-13. 1998.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da floresta atlântica, Nordeste do Brasil. **acta botânica brasílica**, v. 15, n. 3, p. 427-444, 2001.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Síndromes de polinização de uma comunidade de Bromeliaceae e biologia floral de *Vriesea psittacina* (Hooker) Lindley em Brejo dos Cavalos, Caruaru, Pernambuco. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (orgs.) **Brejos de Altitude**: História Natural, ecologia e conservação. No prelo.

SLUYS, M. V.; STOTZ, D. F. Patterns of hummingbird to *Vriesea neoglutinosa* in Espírito Santo, southeastern Brazil. **bromelia**, v. 2, n. 3, p. 27-35, 1995.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Bromeliaceae 1: Pitcairnioideae. **flora neotropica**. The New York Botanical Garden, v. 14, p.1-662, 1974.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Bromeliaceae 2: Tillandsioideae. **flora neotropica**. The New York Botanical Garden, v. 14, p. 663-1492, 1977.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Bromeliaceae 3: Bromelioideae. **flora neotropica**. The New York Botanical Garden, v. 14, p.1493-2142, 1979.

SNOW, D. W.; SNOW, B. K. Relationships between hummingbirds and flowers in the Andes of Colombia. **bulletin of the british museum of natural history**, v. 38, n. 2, p. 105-139, 1980.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Feeding ecology of hummingbirds in the Serra do Mar, Southeastern Brazil. **el hornero**, v. 12, p. 286-296, 1986.

\_\_\_\_\_; TEIXEIRA, D. L. Hummingbirds and their flowers in the coastal mountains of Southeastern Brazil. **journal für ornithologie**, v. 123, p. 286-296, 1982.

STILES, F. G. Temporal organization of flowering among the hummingbird food plants of a tropical wet forest. **biotropica**, v.10, n.10, p. 194-210, 1978.

\_\_\_\_\_; FREEMAN, C. E. Patterns in floral nectar characteristics of some bird-visited plant species from Costa Rica. **biotropica**, v. 25, p. 191-205, 1993.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C. A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **biological conservation**, v. 91, p. 119-127, 1999.

- \_\_\_\_\_; MARINS, J. F.; SILVA, J. M. C. La biodiversidad brasileña amenazada. **investigación y ciencia**, v. 308, p.42-49, 2002.
- TILL, W. Systematics and evolution of the tropical-subtropical *Tillandsia* subgenus *Diaphoranthema* (Bromeliaceae). **selbyana**, v. 13, p. 88-94, 1992.
- \_\_\_\_\_. Survey of the botanical content of the bromeliad family to provide new blood for commercial breeding. **acta horticulturnae**, v. 513, p. 367-376, 2000.
- ULE, E. Über Blütenverschluss bei Bromeliaceen mit Berücksichtigung der Blütheneinrichtungen der ganzen familien. **berichte deutschen botanischen gesellschaft**, v.14, p. 407-422, 1896.
- \_\_\_\_\_. Über Standortsanpassung einiger Uricularien in Brasilien. **berichte deutschen botanischen gesellschaft**, v. 16, p. 308-314, 1898.
- \_\_\_\_\_. Über spontan entstandene Bastarde von Bromeliaceen. **berichte deutschen botanischen gesellschaft**, v. 17, p. 51-64, 1899.
- \_\_\_\_\_. Die vegetation von Cabo Frio and der küste von Brasilien. **botanischer jahrbuch fur systematik**, v. 28, p. 511-528, 1901.
- UTLEY, J. F. A revision of the middle American Tecophylloid *Vriesea* (Bromeliaceae) **tulane studies in zoology and botany**, v. 24, p. 1-81, 1983.
- VARADARAJAN, G. S.; BROWN, G. K. Morphological variation of some floral features of the subfamily Pitcairnioideae (Bromeliaceae) and their significance in pollination biology. **botanical gazette**, v.149, p. 82-91, 1988.
- VARASSIN, I. G.; SAZIMA, M. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em mata atlântica no sudeste do Brasil. **boletim museu biologia mello leitão**, v. 11/12, p. 57-70, 2000.
- VASCONCELOS, M. F. de; LOMBARDI, J. A. Hummingbirds and their flowers in the Campos rupestres of southern Espinhaço range, Brazil. **melopsittacus**, v. 4, n.1, p. 3-30, 2001.
- VOGEL, S. Chiropterophilie in der neotropischen Flora. Neue Mitteilungen III. **flora abteilung b**, v.158, p.89-323, 1969.
- \_\_\_\_\_. Radiación adaptativa del síndrome floral en las familias neotropicales. **boletín de la academia nacional de ciencias córdoba**, v. 59, p. 5-30, 1990.
- WENDT, T.; CANELA, M. B. F.; FARIA, A. P. G.; RIOS, R. I. Reproductive biology and natural hybridization between two endemic species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). **american journal of botany**, v. 88, p. 1760-1767, 2001.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; KLEIN, D. E.; RIOS, R. I. Selfing facilities reproductive isolation among three sympatric species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). **plant systematics and evolution**, v. 232, p. 201-212, 2002.

WERTH, E. Kurzer Überblick über die Gesamtfrage der Ornithophilie. **botanischer jahrbuch für systematik**, 53, Beibl. v.116, p. 314-378, 1915.

WILMS, W. Die Bienenfauna im Küstenregenwald Brasiliens und ihre Beziehungen zu Blütenpflanzen: Fallstudie Boracéia, São Paulo. **1995. 219 f. Dissertation docktors der Fakultät für Biologie der Eberhard-Karls-Universität, Tübingen. 1995.**

\_\_\_\_\_; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ENGELS, W. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced Africanized honey bee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic rainforest. **studies on neotropical fauna and environment**, v. 31, p. 137-151, 1996.

WOLF, L. L. The impact of seasonal flowering on the biology of some tropical hummingbirds. **the condor**. v. 72, n. 1, p. 1-14, 1970.

ZIZKA, G. R.; HORRES, R.; NELSON, E. C.; WEISING, K. Revision of the genus *Fascicularia* Mez (Bromeliaceae). **botanical journal of the linnean society**, v. 129, p. 315-332, 1999.

## **CAPÍTULO I**

# **FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E GUILDAS DE POLINIZAÇÃO DE UMA COMUNIDADE DE BROMELIACEAE EM FLORESTA ATLÂNTICA MONTANA, PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL**

**JOSÉ ALVES DE SIQUEIRA FILHO & ISABEL CRISTINA MACHADO\***

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, s. n., Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brasil.

e-mail: [siqueira@ufpe.br](mailto:siqueira@ufpe.br), [imachado@ufpe.br](mailto:imachado@ufpe.br)

\*Autor para correspondência

Título curto: fenologia da floração e polinização em Bromeliaceae

Manuscrito a ser submetido para o periódico PLANT ECOLOGY.

# FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E GUILDAS DE POLINIZAÇÃO DE UMA COMUNIDADE DE BROMELIACEAE EM FLORESTA ATLÂNTICA, PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

JOSÉ ALVES DE SIQUEIRA FILHO & ISABEL CRISTINA MACHADO

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, s.n., Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brasil.

*Resumo:* A fenologia da floração e as guildas de polinização de 35 espécies de Bromeliaceae foram estudadas em um remanescente de Floresta Atlântica Montana em Pernambuco, Nordeste do Brasil. Não foi encontrada correlação entre a precipitação pluviométrica e o total de espécies floridas, sendo que  $7,87 \pm 2,22$  spp. ( $n = 30$  quinzenas) florescem na estação seca (outubro a fevereiro) e  $8,28 \pm 2,02$  spp. ( $n = 37$  quinzenas) florescem na estação chuvosa (março a setembro). As flores das Bromeliaceae variam de 5,5 mm (*Aechmea mertensii*) a 91mm (*Bromelia karatas*), predominando as cores vermelha (25,7%), rósea (17,1%) e branca (17,1%). A estratégia fenológica do tipo disponibilidade regular e a ornitofilia foram predominantes e geralmente estão associadas com plantas epífitas e facultativas de flores longo-tubulosas, com volumes de néctar variando entre 2,27 a 646,5  $\mu$ l ( $n = 28$  spp.) e pouco concentrado (<30%). O tipo e o tamanho da inflorescência, bem como o total de flores por inflorescência ocorreu indistintamente entre os modos de polinização. O volume médio de néctar variou significativamente entre as guildas de polinização ( $H = 11,3263$ ,  $gl = 2$ ,  $p = 0,0035$ ,  $n = 28$  spp.). A concentração média de açúcares no néctar da comunidade foi de  $24,51 \pm 7,4\%$  ( $n = 28$  spp.), sendo significativamente diferente entre as guildas ( $F = 3,6405$ ,  $gl = 24$ ,  $p = 0,0406$ ,  $n = 28$  spp.). Vinte e uma espécies são polinizadas por beija-flores, nove por abelhas, quatro por morcegos e uma esfingídeo. Os beija-flores *Glaucis hirsuta*, *Phaethornis ruber* e *Thalurania watertonii* foram os principais polinizadores das bromélias ao longo do estudo. As Bromeliaceae ornitófilas respondem por quase metade das plantas da comunidade ornitófila local. A polinização por abelhas em Bromeliaceae (26%) foi superior ao obtido para outras áreas úmidas. Houve predomínio das espécies autocompatíveis (64,7%) sobre às auto-incompatíveis (35,3%), não evidenciando relação entre autocompatibilidade e distribuição geográfica das espécies.

*Palavras-chave:* atributos florais, Bromeliaceae, comunidade, fenologia da floração, Floresta Atlântica, fragmentação, grupos ecológicos, guildas de polinização, recompensa floral, sistema reprodutivo, Nordeste do Brasil.

*Abstract:* The flowering phenology and the pollination guilds of 35 species of Bromeliaceae were studied in a remnant of Montane Atlantic forest in Pernambuco state, Northeastern Brazil. We did not find correlation between rainfall levels and the total of blooming species;  $7.87 \pm 2.22$  spp. (n = 30 periods of fifteen days) flowered during the dry season (October to February), and  $8.28 \pm 2.02$  spp. (n = 37 fortnights) flowered during the rainy season (March to September). The bromeliad flowers measured from 5.5 mm (*Aechmea mertensii*) to 91.0 mm (*Bromelia karatas*). Most of them have red flowers (25,7%), rose (17,1%), or white (17,1%). The steady state phenological pattern and the ornithophilous pollination system were the most common, and were generally associated with obligatory or facultative epiphytic plants with long tube flowers. The nectar volume ranged from 2.27 to 646.5  $\mu$ l (n = 28 spp.), and most of the species offer low concentrated nectar (<30%). The type and the size of the inflorescence and the number of flowers per inflorescence were not apparently related to the pollination systems. The mean volume of nectar varied significantly among the guilds (H = 11.3263; gl = 2; p = 0.0035, n = 28 spp.). Mean sugar concentration in the nectar of the community in general was  $24.51 \pm 7.4\%$  (n = 28 spp.). This also differed significantly among the guilds (F = 3.6405; gl = 24; p = 0.0406, n = 28 spp.). The pollination guilds were ornithophilous (21), melitophilous (9), quiropterophilous (4), and sphingophilous (1). The hummingbirds: *Glaucis hirsuta*, *Phaethornis ruber* and *Thalurania watertonii* were the main pollinators of the studied bromeliads. The ornithophilous species of Bromeliaceae correspond almost to 50% of the ornithophilous species of the community. The number of bromeliad species pollinated by bees in the study site (26.0%) is higher than other humid areas. Self-compatibility was the most common reproductive system (64.7% against 35.3% of self-incompatible species). We did not find any association between self-compatibility and geographic distribution of the species.

*Key words:* Atlantic forest, Bromeliaceae, community, ecological groups, floral rewards, floral traits, flowering phenology, forest fragmentation, pollination guilds, reproductive system, Northeastern Brazil.

## **Introdução**

De um modo geral, pouco se sabe sobre a ecologia da polinização ao nível de comunidades em regiões neotropicais (Stiles 1978; Arizmendi e Ornelas 1990; Ramírez et al. 1990; Aizen e Feinsinger 1994; Ramírez e Seres 1994; Buzato et al. 2000; Oliveira e Gibbs 2000; Kessler e Krömer 2000). No Brasil, só mais recentemente, os estudos com estes enfoques se iniciaram, sendo a Floresta Atlântica o local da maior parte das investigações (Fischer 1994; Martinelli 1994; Buzato 1995; Sazima *et al* 1995b; Lopes 2002).



A família Bromeliaceae compreende 2930 espécies, das quais cerca de 40% ocorrem no território brasileiro (Leme 1997). Na Floresta Atlântica ocorrem 11 gêneros endêmicos e 80% das espécies são endêmicas (Martinelli 1994).

Uma das mais notáveis irradiações adaptativas de biótipos florais entre as Angiospermas (Vogel 1990; Benzing 2000), com espécies ornitófilas (McWilliams 1974), melitófilas (Siqueira Filho e Machado 1998), quiropterófilas (Sazima et al. 1989; 1999), esfingófilas (Siqueira Filho e Leme 2002) e polinizada até por roedores (Cocucci e Sérscic 1998), as Bromeliaceae são as mais importantes fontes de recursos para os beija-flores na Floresta Atlântica (Fischer 1994; Araújo 1996; Martinelli 1997; Buzato et al. 2000; Varassin e Sazima 2000; Lopes 2002), caracterizando uma das poucas famílias em que a polinização por vertebrados é superior à efetuada por insetos (Sazima et al. 1989).

Com base em estudos sobre polinização e sistema reprodutivo de Bromeliaceae publicados na literatura, estimamos que apenas 16,4% do total de espécies da família foram estudadas a partir de inferências sobre a arquitetura floral, destas apenas 5,3% das espécies são conhecidas por estudos desenvolvidos no campo e experimentos de polinização controlada (ver fundamentação teórica). Isto sugere uma lacuna de informações sobre os padrões de polinização na família. Com relação à fenologia, ao nível de comunidades, os dados são ainda mais escassos para Bromeliaceae (Martinelli 1994, Fischer 1994, Buzato et al. 2000, Lopes 2002).

Este trabalho se refere a três anos de estudo sobre os padrões de fenologia da floração e as guildas de polinização de uma comunidade de Bromeliaceae. Através de características morfológicas das flores, fatores ecológicos (luz, hábitat e forma de vida), distribuição temporal do recurso e comportamento dos polinizadores tentou-se identificar padrões nas relações mutualísticas desta família na Floresta Atlântica Nordestina, comparando-se com aqueles obtidos no Sudeste brasileiro (Fischer 1994; Martinelli 1994; Buzato et al. 2000). Espera-se contribuir para ampliar as informações sobre os sistemas de polinização e a organização da comunidade de Bromeliaceae em um fragmento de Floresta Atlântica Montana, Nordeste do Brasil.

## **Material e Métodos**

### ***Local de Estudo***

Os estudos de campo foram realizados na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Frei Caneca (Figura 1) entre abril de 1999 a abril de 2002, em visitas quinzenais de um a oito dias, totalizando 192 dias de trabalho com cerca de 1920 horas de observação. Localizada no município de Jaqueira, zona da mata sul de Pernambuco, a área da Reserva totaliza 630,42 ha. Na Reserva, as atividades foram realizadas nos seguintes locais: Mata da Serra do Quengo (8°42'41"S 35°50'30"O,

648 m alt.), Mata do Jasmim (8°43'15"S, 35°50'13"O, 600 m alt.) e no *inselberg* denominado Pedra do Cruzeiro ou Espelho (8°43'23"S, 35°50'20"O, 700 m alt.). Os locais estão inseridos em uma matriz de cana-de-açúcar, banana e pequenas lavouras temporárias.

A RPPN Frei Caneca está inserida na superfície da Borborema, em áreas do complexo das Serras do Urubu e Espelho. Nesta região o relevo é montanhoso e acidentado com predominância de granitos. Os solos mais comuns são Podzólicos vermelho-eutrófico com pouca influência do Podzólico vermelho-amarelo distrófico. O clima é tropical quente e úmido com temperatura média anual em torno de 22-24°C com quatro a cinco meses de estação seca entre outubro e fevereiro e chuvosa de março a setembro (IBGE 1985).

A precipitação média anual na Usina Frei Caneca, que dista sete quilômetros da área de estudo, é de 1332 mm, correspondente a uma média de 47 anos. Embora a vegetação da área de estudo seja classificada como floresta estacional semidecidual Montana (500-750 m de altitude) (Veloso et al. 1991; IBGE 1992), consideramos a área como floresta ombrófila densa. Na área predominam espécies arbóreas de Nyctaginaceae, Bombacaceae e Leguminosae (*sensu lato*) e muitas epífitas, especialmente das famílias Araceae, Bromeliaceae, Orchidaceae e Polypodiaceae.

A Serra do Urubu, que inclui a área da RPPN Frei Caneca, é uma das 25 áreas de extrema importância biológica recentemente apontada no workshop de “Ações e áreas prioritárias para a conservação da Biodiversidade em Pernambuco” (Pernambuco 2002), em razão da expressiva riqueza de alguns grupos biológicos endêmicos e ameaçados de extinção como aves (205 spp.) (Roda 2002), anfíbios (23 spp.) (Santos e Carnaval 2002), Bromeliaceae (35 spp.) (Siqueira Filho e Leme 2000), Orchidaceae (80 spp.) (J.Siqueira *in prep.*) e Pteridófitas (127 spp.) (Lopes 2003).

### ***Riqueza de bromélias***

Para caracterizar a riqueza das espécies de Bromeliaceae foi realizado um censo sistemático das espécies ocorrentes na RPPN Frei Caneca a partir de observações focais durante todo o período de estudo, percorrendo trilhas no interior das matas e no “inselberg” perfazendo um total estimado de cerca de 8 quilômetros em uma área de  $\pm 300$  ha.

### ***Fenologia da floração***

O monitoramento da fenologia das espécies de Bromeliaceae foi realizado em intervalos regulares de 15 dias, entre abril de 1999 a março de 2002, totalizando 66 visitas. A precipitação foi registrada diariamente a partir de um pluviômetro instalado no local. Partindo da premissa que a precipitação acumulada pode influenciar positivamente a floração das espécies de Bromeliaceae, foi registrada a precipitação de chuvas acumuladas por 15 dias com o total de espécies floridas.

Foram registrados o total de espécies e indivíduos floridos em trilhas pré-existentes na mata. Nas espécies de distribuição agregada foram contabilizados todos os indivíduos em floração, porém nas espécies de distribuição não agregada, os indivíduos foram contabilizados por amostragem visual ao longo das trilhas percorridas. No total, 33 espécies foram analisadas, pois outras espécies como *Vriesea gigantea* e *V. oleosa* não foram estudadas por se tratarem de espécies localmente raras com apenas um indivíduo florido cada, durante todo o período de estudo.

Durante a floração de cada espécie foram registrados o total de flores por dia e a quantidade total de flores/inflorescência. Baseado na produção média de flores/dia/espécie na comunidade, a produção de flores/planta/dia foi categorizada como: poucas  $\leq 20$  flores e muitas  $\geq 20$  flores. Posteriormente, foi determinado o padrão fenológico de cada espécie, de acordo com as classificações de Gentry (1974) e Newstrom et al. (1994).

### ***Atributos florais e Grupos ecológicos***

Foram registradas informações sobre as flores, tais como: morfologia externa, cor, odor, tamanho, horário, sequência e duração da antese, número e disposição das peças florais, disponibilidade de pólen e néctar para caracterizar as síndromes de polinização (Faegri e Pijl 1979) ou guildas de polinização (Simberloff e Dayan 1991). A terminologia utilizada sobre os tipos de inflorescências foi obtida em Smith e Downs (1977, 1979).

Para verificar se existe um padrão significativo na proporção dos atributos florais e grupos ecológicos nas guildas de ornitofilia, melitofilia e quiropterofilia, as Bromeliaceae foram categorizadas: (1) quanto ao formato da flor: tubulosa ou campanulada, (2) quanto ao tamanho da flor: pequenas ( $\leq 20$  mm) comp. ou grandes ( $\geq 20$  mm) comp., (3) quanto às cores das flores, brácteas e folhas: uma cor predominante ou duas cores predominantes, (4) tipo de inflorescência: simples ou compostas, (5) tamanho da inflorescência: pequena ( $\leq 50$  cm) alt. ou grande ( $\geq 50$  cm) alt., (6) total de flores/inflorescência: poucas flores com  $< 50$  flores/inflorescência ou muitas flores com  $> 50$  flores/inflorescência, (7) Volume de néctar: pouco ( $\leq 50$   $\mu$ l/flor) ou muito ( $\geq 50$   $\mu$ l/flor), (8) concentração de néctar: pouco concentrado ( $\leq 30\%$ ) ou muito concentrado ( $\geq 30\%$ ). Com relação aos grupos ecológicos as espécies foram categorizadas quanto a: (9) Forma de vida: epífita, terrestre ou facultativa, (10) requerimento de luz: esciófila, heliófila ou indiferente, (11) hábitat das espécies: sub-bosque, dossel e estrato emergente ou indiferentes (ocorrem em ambos os estratos), (12) Considerando o Rio São Francisco uma importante barreira geográfica para espécies de plantas e animais (ver Silva e Tabarelli 2000) considerou-se distribuição geográfica: restrita – ocorrência apenas acima do Rio São Francisco ou ampla – ocorrência também abaixo do Rio São Francisco, (13) sistema reprodutivo: AC – espécies auto-compatíveis ou AI – espécies auto-incompatíveis, (14) tipo de dispersão: abiótica ou biótica.

Com relação às plantas com dispersão biótica, estas foram categorizadas quanto ao tipo de dispersor baseado em observações focais diretas ou inferidas com base nas características de cor, odor, morfologia dos frutos ou na produção natural de sementes (ver Fischer e Araújo 1995; Benzing e Stiles 1998; Benzing et al. 2000).

Informações adicionais contidas na Tabela 1 foram obtidas em Garth 1964; Brewbaker e Gorrez 1967; Mc Williams 1974; Smith e Downs 1977; Fischer 1994; Sazima et al. 1995a.; Leme 1999; Siqueira Filho e Machado 1998, 2001; Sousa e Wanderley 2000.

O volume e a concentração de açúcares no néctar foram obtidos para 28 das 35 espécies da comunidade a partir de flores isoladas dos visitantes florais com sacos de voal, sendo utilizadas micro-seringas Hamilton® de 10 e 25 µl. e refratômetro de bolso Atago® escala 0-32% e 28-62%.

A caracterização morfológica do pólen das Bromeliaceae estudadas foi realizada a partir de lâminas frescas, coradas com gelatina rósea e analisadas em um equipamento óptico para verificar a presença ou não de ráfides.

### ***Visitantes florais***

O comportamento dos visitantes às flores foi estudado a partir de observações focais em horários variados do dia complementados pela análise de fotografias. Durante as sessões de visitas, foram registrados o período, a frequência, a duração, o horário e o comportamento dos visitantes florais, sendo os beija-flores visitantes categorizados como exclusivo, principal ou secundário (*sensu* Fischer 1994). As funções dos beija-flores na comunidade de Bromeliaceae estudada foram determinadas de acordo com as proposições de Feinsinger e Colwell (1978).

Ainda de acordo com o comportamento de visitas tanto os insetos (abelhas) como os beija-flores foram classificados como polinizadores ou pilhadores.

Quanto ao local de deposição do pólen nos beija-flores foi utilizada a terminologia encontrada em Sick (1997) e para as abelhas foi utilizado Roubik (1989).

Exemplares dos insetos visitantes foram capturados para identificação, sendo o material posteriormente depositado na coleção entomológica do Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os beija-flores foram identificados através de fotografias pelos especialistas e também comparadas com a literatura especializada (Sick 1997; Schuchmann 1999).

### ***Material Botânico***

Amostras das plantas férteis foram herborizadas seguindo os métodos usuais e depositadas no Herbário da Universidade Federal de Pernambuco - Geraldo Mariz (UFP) (ver Tabela1).

### ***Sistema reprodutivo***

A categorização das espécies como auto-compatível (AC) e auto-incompatível (AI) foi baseada na literatura disponível (Garth 1964; Bewbaker e Gorrez 1967; McWilliams 1974; Smith e Downs 1979; Martinelli 1994; Siqueira Filho e Machado 1998, 2001) ou inferidas a partir de observações de campo, sendo em alguns casos confirmada através de experimentos (autopolinizações espontâneas e manuais e polinização cruzada). Algumas espécies que não produziram frutos em condições naturais foram consideradas auto-incompatíveis.

### ***Análise estatística***

Para verificar a correlação positiva entre total de plantas floridas e a precipitação pluviométrica foi feito teste de regressão linear (Sokal e Rohlf 1995). Para verificar a proporção de plantas com flores no período seco e chuvoso e a proporção dos atributos florais e grupos ecológicos em relação aos tipos de polinização, foi realizado o teste de quiquadrado ( $X^2$ ) de amostras independentes (Sokal e Rohlf 1995). O teste de Kruskal-Wallis foi executado para verificar diferenças no volume médio de néctar entre as guildas e a análise de variância foi utilizada para verificar diferenças na concentração média entre as guildas. As relações entre tamanho da corola e: (1) volume médio de néctar e (2) concentração média de néctar foram analisadas na comunidade em geral e entre as guildas através da correlação de postos de Spearman ou Pearson e aplicada o teste de regressão linear (Sokal e Rohlf 1995). A normalidade das variáveis foi analisada através de testes de Lilliefors (Sokal e Rohlf 1995), sendo as análises executadas através do programa Bioestat® (Ayres et al. 1998). *Canistrum pickelii* foi excluída da análise das guildas por se a única espécie a apresentar síndrome floral de esfingofilia (ver resultados e discussão).

### ***Resultados e Discussão***

#### ***Riqueza de bromélias***

Na RPPN Frei Caneca foram registradas até o momento 39 espécies de Bromeliaceae reunidas em 18 gêneros, o equivalente a 85,7% dos gêneros que ocorrem em Pernambuco (Siqueira Filho 2002). Parte dessas espécies (41%) são endêmicas da Floresta Atlântica Nordeste (*sensu* Silva e Tabarelli 2000; Siqueira Filho e Tabarelli ver cap. II), um dos quatro mais importantes centros de endemismo da Floresta Atlântica.

A expressiva riqueza de Bromeliaceae no local de estudo é comparável a áreas contínuas de Floresta Atlântica no Sudeste brasileiro, sendo a quarta maior localidade em número de espécies e a primeira em número de gêneros (Siqueira Filho 2002), sendo *Aechmea gustavoi* e *Neoregelia pernambucana*, duas novas espécies de Bromeliaceae recentemente descritas a partir de coletas na

Reserva (Siqueira Filho e Leme 2000; Leme e Siqueira Filho 2001). Os principais atributos florais e grupos ecológicos estudados em 35 espécies de Bromeliaceae ocorrentes na RPPN Frei Caneca estão sumarizados na Tabela 1.

A riqueza das Bromeliaceae do local de estudo quando comparada com outros levantamentos em comunidades neotropicais, seja pelo tamanho da área, seja pela heterogeneidade de formações vegetal/ambiental, está associada a mecanismos “refinados” de partilha (*sensu* Fischer e Araújo 1996) dos vetores de pólen, que não só permitem a coexistência de espécies distintas, bem como sugerem a riqueza de espécies de polinizadores proporcional à de espécies de bromélias (Varassin e Sazima 2000) (ver apêndice 1).

### ***Fenologia da floração***

De acordo com a classificação de Gentry (1974), as espécies apresentam estratégia do tipo disponibilidade regular (69%), explosiva (20%) e cornucópia (11%). A predominância de disponibilidade regular garante a oferta de flores em várias espécies por um longo período de tempo o que propicia a oferta de recursos durante o ano todo aos polinizadores.

Ao nível da comunidade de Bromeliaceae, algumas espécies apresentam floração subanual (*Araeococcus parviflorus*, *Lymania smithii* e *Billbergia morelii*), supranual (*Vriesea gigantea* e *V. chapadensis*) ou contínua (*Canistrum aurantiacum* e *Orthophytum disjunctum*) florescendo ao longo de quase todo o ano (Newstrom et al. 1994). Espécies como *Billbergia morelii* e *Vriesea limae* apresentam forte sincronia de floração.

Não foi encontrada correlação linear entre a precipitação pluviométrica e o total de plantas floridas, assim como, entre o total de espécies floridas e as estações do ano (seca e chuvosa) (Figura 2). Ao longo do período observado,  $8,09 \pm 2,1$  espécies florescem em média quinzenalmente ( $n = 67$  quinzenas). Numa perspectiva histórica de 1956 a 2002, 1999 foi o quarto ano mais seco, enquanto que em 2000 foi registrado o ano mais chuvoso do período. Em 2001 foi registrado o quinto ano mais chuvoso enquanto 2002 foi o terceiro mais chuvoso. Deste modo, é possível que a ausência de correlação entre precipitação e fenologia da floração esteja relacionada com valores extremos de precipitação observados nos anos estudados.

Espécies anemocóricas como *Tillandsia bulbosa*, *T. gardneri*, *T. stricta* e *T. tenuifolia*, *Vriesea* cf. *chapadensis*, *V. limae*, *Racinaea spiculosa* e *Catopsis berteroniana* floresciam principalmente durante a estação chuvosa (Figura 3) com a frutificação e dispersão dos diásporos durante a estação seca, período de maiores ventos.

Nos três anos de estudo, não houve padrão evidente de sobreposição de floração entre as espécies da comunidade (Figura 3), o qual oscilou entre 30 e 36% das espécies floridas sincronicamente. Em 1999, as maiores sobreposições de espécies floridas ocorreram em plena estação chuvosa. Em 2000, a maior sincronia ocorreu no fim da estação seca e início da chuvosa. Em 2001, os valores de maior sincronia ocorreram no início da estação chuvosa e em plena estação seca. Em 2002, só foram observadas quatro quinzenas, insuficientes, portanto, para registrar a sincronia de floração (Figuras 2 e 3).

Entre espécies de uma mesma guilda de polinizadores foram observados pelo menos 30 eventos de sobreposição de floração. Embora a competição por polinizadores não represente uma força seletiva suficiente para diminuir a sobreposição de floração, mecanismos de distribuição espacial ou mecanismos florais de isolamento reprodutivo podem permitir a coexistência de floração sincrônica (Waser 1978).

A floração seqüencial entre as espécies de uma mesma guilda de polinizadores (ver Figura 3) favorece a partição do recurso floral pelo mesmo vetor de pólen (Araújo et al. 1994), garantindo a oferta de alimento aos beija-flores durante as rotas migratórias (deslocamento), sobretudo dos Trochilinae (Fischer 1994; Sick 1997).

Trinta e duas (94%) espécies produzem poucas flores/planta/dia, porém não foram encontradas diferenças significativas na proporção desta variável e as guildas de polinização. A baixa oferta de flores diárias é confirmada pela predominância de disponibilidade regular e sugere uma atividade dominante de polinizadores com comportamentos de forrageamento em rotas de captura (Sazima et al. 1995b).

### ***Atributos florais das espécies***

As síndromes florais (*sensu* Faegri e Pijl 1979) traduzem um conjunto de atributos florais que devem ser analisados detalhadamente, evitando inferências errôneas sobre o tipo de polinizador de uma determinada espécie (Ruschi 1949; Vogel 1969; Sazima et al. 1995). Por exemplo, espécies ornitófilas na comunidade como *Pseudananas sagenarius*, *Portea leptantha* são, eventualmente, polinizadas por insetos (Hesperiidae e Euglossini) (neste estudo). Também espécies de *Alcantarea* e *Vriesea* quiropterófilas são visitadas por beija-flores oportunistas no final da antese (Martinelli 1994; Sazima et al. 1995a).

Com exceção de *Tillandsia gardneri*, *T. tenuifolia* e *T. stricta*, cujas flores duram cerca de dois dias, as espécies de Bromeliaceae tratadas aqui apresentam as flores com longevidade de apenas um dia o que pode estar associado com polinizadores eficientes e maior especialização da planta com relação ao polinizador (Benzing et al. 2000). No caso de flores com longevidade de mais

de um dia (Galetto e Bernardello 1992, Nara 1998, Cocucci e Sérsic 1998) pode haver associação à textura das flores (Ramírez et al. 1990) e, no caso de flores diurnas, a possibilidade de acesso aos polinizadores noturnos ativos (Benzing et al. 2000).

A maioria das espécies apresentam flores diurnas, com exceção das espécies de flores noturnas de *Vriesea* spp. e *Canistrum pickelii*, característica muito rara na subfamília Bromelioideae e conhecido anteriormente apenas em *Aechmea kleinii* (Reitz 1953).

Nas espécies ornitófilas foi confirmada a ausência de odor, estando de acordo com a síndrome floral (*sensu* Faegri e Pijl 1979). Embora nas espécies melitófilas seja típico o odor como em *Araeococcus micranthus* (Nara 1998), nas espécies aqui estudadas este não foi percebido, com exceção de *Aechmea lingulata* que exala um aroma intenso, agradável e adocicado. As quatro espécies quiropterófilas de *Vriesea* exalam um sutil odor desagradável à noite também observado em espécies afins deste gênero no sudeste brasileiro (Sazima et al. 1995a; Sazima *et al.* 1999). Odor agradável em Tillandsioideae ocorre em *Alcantarea odorata*, provavelmente polinizada por esfingídeos (Leme 1995).

A predominância de flores tubulosas na comunidade estudada não está associada a um tipo de polinizador específico. Considera-se que a dominância de flores tubulosas esteja associada a um caráter sistemático, independente do polinizador (Cronquist 1988 *apud* Sazima et al. 1999). Adicionalmente, as flores campanuladas foram restritas às espécies de *Vriesea* quiropterófilas. Houve variação na morfologia do ápice da corola desde patente e reflexa até cuculada (um tipo de imbricamento) que restringe o acesso do polinizador ao nectário (ver Tabela 1).

Com relação a cor das flores na comunidade estudada, predominou a cor vermelha (25,7%), seguida de espécies com flores róseas (17,14%) e brancas (17,14%). Durante o período de floração, as folhas de algumas espécies tornam-se róseas (*Aechmea gustavoii*, *Bromelia karatas*, *Neoregelia pernambucana*). Em outras espécies (*Aechmea stelligera*, *Canistrum aurantiacum*, *Guzmania lingulata* e *Vriesea psittacina*) não houve uma cor predominante, mas sim um conjunto representado pelo vermelho e amarelo nas brácteas florais ou na inflorescência aumentando a sinalização aos polinizadores, principalmente beija-flores, confirmando a predominância do vermelho em plantas ornitófilas (Ruschi 1949; Grant 1966; Martinelli 1997; Sick 1997; Baumberger 1987).

Não houve diferenças significativas nas proporções de alguns atributos como: tipo de inflorescência (simples ou compostas), tamanho das inflorescências (pequenas  $\leq 50$  cm alt. ou grandes  $\geq 50$  cm alt.) e total de flores/inflorescência (poucas com  $< 50$  flores/inflorescência ou muitas com  $> 50$  flores/inflorescência). Ayala (1986) e Brener (1991) sugerem que estes atributos



associados com a distribuição espacial das plantas podem influenciar a atividade de forrageio dos beija-flores.

Com exceção de *Cryptanthus diana* em que foram observadas evidências de perfume como recompensa aos polinizadores (Siqueira Filho e Machado ver cap. IV) e *Araeococcus parviflorus* como único caso reportado de pólen como recurso floral em Bromeliaceae (ver cap. III), as flores de todas as espécies de Bromeliaceae estudadas são nectaríferas (Benzing et al. 2000).

O volume médio de néctar na comunidade estudada foi de  $51,92 \pm 121,68 \mu\text{l}$  ( $n = 28$  spp.), variando de  $2,71 \pm 1,43 \mu\text{l}$  ( $n = 7$ ) em *T. gardneri* até  $646,5 \pm 6,93 \mu\text{l}$  ( $n=1$ ) em *Vriesea* cf. *chapidensis*. O volume médio de néctar variou significativamente entre as guildas de polinização ( $H = 11,3263$ ,  $gl = 2$ ,  $p = 0,0035$ ,  $n = 28$  spp.), sendo em média  $5,8 \pm 3,08$  ( $n = 6$  spp.), para melitofilia,  $26,65 \pm 25,49$  ( $n = 18$  spp.), para ornitofilia e  $288,42 \pm 313,13$  ( $n = 3$  spp.), para quiropterofilia.

São escassas as informações sobre o volume máximo de néctar produzido pelas Bromeliaceae. Algumas espécies de *Vriesea* e *Alcantarea* quiropterófilas, produzem flores com copiosa quantidade de néctar (Sazima et al. 1995a; Martinelli 1997).

A concentração média de açúcares no néctar de flores da comunidade estudada foi de  $24,51 \pm 7,4\%$  ( $n = 28$  spp.), semelhante ao observado em outras comunidades neotropicais (Snow e Snow 1980; 1986, Arizmendi e Ornelas 1990; Buzato et al. 2000, Lopes 2002) e inferior a concentração média encontrada para Bromeliaceae na Argentina ( $35,3\%$ ,  $n = 12$  spp., variando de 25-48%, ver Bernardello et al. 1991). A concentração média de néctar foi significativamente diferente entre as guildas ( $F = 3,6405$ ,  $gl = 24$ ,  $p = 0,0406$ ,  $n = 28$  spp.), variando de  $8,61 \pm 2,07 \%$  ( $n = 7$ ) em *Vriesea limae* (quiropterófila) até  $41 \pm 3,54 \%$  ( $n = 12$ ) em *Hohenbergia ramageana* (melitófila).

Foi encontrada uma correlação positiva entre tamanho da corola e volume de néctar na comunidade ( $r_s = 0,5818$ ,  $p = 0,0012$ ,  $n = 28$  spp.) (Figura 4A), porém não houve a correlação entre o tamanho e a concentração de açúcares no néctar destas espécies (Figura 4B) entre as plantas ornitófilas (ver Buzato 1995), correlações positivas entre tamanho da corola e volume de néctar foram observadas em outras comunidades neotropicais (Arizmendi e Ornelas 1990; Lopes 2002).

Tratando as guildas separadamente, foi encontrada correlação positiva entre o tamanho da corola e a concentração média de açúcares no néctar entre as espécies ornitófilas ( $F = 5,7076$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 0,0281$ ,  $n = 16$  spp.) (Figura 4C). Com base nos dados apresentados por Buzato (1995) também foram encontradas correlações positivas entre tamanho da corola e concentração de néctar na comunidade de bromélias ornitófilas em Cunha, São Paulo ( $r = 0,795$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,0587$ ,  $n = 6$  spp.). Nossos resultados são corroborados por Baker (1975), Bolten e Feinsinger (1978) e Fischer (1994) que também encontraram correlações positivas entre as duas variáveis.

Em comunidades neotropicais, Bromeliaceae é responsável pelo aumento na concentração de néctar na guilda de espécies ornitófilas (Snow e Teixeira 1982; Stiles 1985; Bernardello et al. 1991; Sazima et al. 1995b), quiropterófilas (Helvesen 1993) e melitófilas (neste estudo), elevando as medidas de concentração de açúcares do néctar ao nível de comunidades (Buzato et al. 2000; Lopes 2002).

Isto sugere que as Bromeliaceae apresentam “qualidade” de néctar superior às outras plantas até agora estudadas, reflexo de uma tendência evolutiva na família Bromeliaceae (Sazima *et al* 1999). Valores em torno dessa média evitariam a competição entre os beija-flores e abelhas (Baker 1975).

### **Grupos ecológicos**

Os modos de polinização ocorreram indistintamente entre as formas de vida (epífita, facultativa e terrestre), condições de luz (esciófilas, heliófilas e indiferentes) e habitats (sub-bosque, dossel e estrato emergente e indiferentes). Na maior parte das comunidades estudadas, o hábito epifítico é predominante entre as plantas ornitófilas (Buzato et al. 2000, Araújo 2001).

Também não houve diferença significativa na proporção dos tipos de dispersão biótica (57%) e abiótica (43%) entre as três principais guildas analisadas, sendo todas as Bromelioideae zoocóricas e todas as Tillandsioideae anemocóricas.

As espécies de Bromeliaceae estudadas apresentam atributos florais relacionados às síndromes de ornitofilia (60%), melitofilia (26%), quiropterofilia (11%) e esfingofilia (3%) (Figuras 6 e 7). A predominância de ornitofilia em Bromeliaceae, de uma maneira geral, é confirmada em vários estudos com comunidades neotropicais (Gentry e Dodson 1987, Kramer et al. 1993, Kessler e Krömer 2000, Kessler 2002), principalmente na Floresta Atlântica (Snow e Teixeira 1982, Snow e Snow 1986, Fischer 1994, Sazima et al. 1995b, Martinelli 1997, Varassin e Sazima 2000, Lopes 2002) sendo considerada a família mais importante na guilda de ornitofilia da Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil (Buzato *et al* 2000), assim como em outras regiões neotropicais (Kraemer et al. 1993), sendo influenciada por fatores abióticos como a altitude e temperatura média anual (Kessler e Krömer 2000).

Em algumas espécies não foram observados os polinizadores legítimos pela baixa abundância de indivíduos floridos e por dificuldades de observação nas espécies que ocorrem no dossel e estrato emergente como *Aechmea mertensii*, *Tillandsia usneoides*, *Racinaea spiculosa*, *Vriesea gigantea*, *V. chapadensis* (Figura 6F, G), *V. oleosa* e *V. procera*. Nas espécies que também ocorrem no sub-bosque como *Neoregelia pernambucana* (Figura 6B), *Canistrum pickelii* (Figura 7K) ou saxícolas de *inselberg* como *Orthophytum disjunctum* (Figura 6E) também não foram observados os visitantes esperados, apesar de várias horas de observações focais em diferentes anos.

A baixa frequência de visitas pode ser atribuído com indivíduos isolados ou que uma ou poucas visitas são suficientes para o polinizador tomar todo o néctar produzido pela flor (ver *Vriesea psittacina* em Siqueira Filho e Machado, no prelo).

### **Dispersão**

No caso das espécies dispersas pela fauna, houve dominância das aves (40%), seguidas por mamíferos (11%) e formigas (6%). *Tangara faustuosa* (Thraupidae), ave endêmica e ameaçada de extinção da Floresta Atlântica Nordeste (Collar 1994), foi observada consumindo frutos de *Canistrum aurantiacum*, *Neoregelia pernambucana* e *Portea leptantha* (Siqueira Filho e Leme 2000; Siqueira Filho e Machado 2001). Fischer e Araújo (1995) registraram roedores (*Proechimys iheringi*), marsupiais (*Philander opossum*) e aves dispersando frutos de *Nidularium* na Mata Atlântica do sudeste brasileiro. Eles concluíram que a frutificação seqüencial entre as espécies favorece o contínuo suprimento de alimento para a fauna ao longo do ano.

### **Ornitofilia**

Foram observadas 44 espécies de Angiospermas ornitófilas na RPPN Frei Caneca (Tabela 2, Figura 6A, B, C, Figura 7A, B, C e D), das quais Bromeliaceae foi a família mais representativa com 21 (49%) espécies (Figura 5), seguidas por Heliconiaceae (9%), Gesneriaceae e Orchidaceae, ambas com 7% das espécies. Portanto, as Bromeliaceae correspondem a quase metade da comunidade de plantas ornitófilas da Reserva. Assim, é provável que os beija-flores explorem um dos conjuntos mais ricos de plantas ornitófilas registrado para a Floresta Atlântica Costeira em Caraguatatuba, São Paulo (Buzato et al. 2002) e superior a vários estudos que contemplam a guilda de ornitofilia (ver Lopes 2002), o que confirma o expressivo papel que Bromeliaceae desempenha na comunidade (Sazima et al. 2000). Na região estuarina do Rio Verde, as Bromeliaceae representam 81% das espécies ornitófilas da comunidade (Fischer 1994).

Na RPPN Frei Caneca ocorrem 15 espécies de beija-flores (ver Apêndice 1) correspondendo a 65% das espécies registradas na Floresta Atlântica Nordeste (FAN). Porém 85,7% das espécies ornitófilas (Figura 5) de Bromeliaceae da área são polinizadas apenas por três espécies de beija-flores: *Phaethornis ruber* (Figura 7A), *Thalurania watertonii* (Figura 7D) e *Glaucis hirsuta* (Figura 7B), este último predominante nas flores tubulosas longas. *Amazilia leucogaster* (Figura 7C), *Melanotrochilus fuscus*, *Phaethornis malaris margarettae* e *Heliothryx aurita* foram considerados beija-flores secundários para a maioria das Bromeliaceae em função das visitas esporádicas (Figura 5).

Nas comunidades de Bromeliaceae no sudeste brasileiro ocorre dominância de *Ramphodon naevius* nas matas de baixada (Fischer 1994, Martinelli 1994, Buzato et al. 2000) e *Phaethornis eurynome* nas matas de encosta e altitude (Varassin e Sazima 2000). Em floresta de terras baixas em Pernambuco, *Glaucis hirsuta* e *Phaethornis ruber* dominam os recursos florais na comunidade de Bromeliaceae ornitófilas (Lopes 2002).

Foi observado uma sobreposição de recursos de 81% entre Trochilinae e Phaethornitinae, sendo *Aechmea gustavoi* (Figura 6A) a única espécie polinizada exclusivamente pelo beija-flor heremita, *G. hirsuta*. *Thalurania watertonii*, espécie endêmica da floresta Atlântica Nordeste (Sick 1997), foi o principal polinizador de 15 (71%) espécies ocorrentes na Reserva. Nos intervalos de visitas às flores, *T. watertonii* repousava em galhos próximos à fonte de recurso, patrulhava o território contra outros beija-flores e caçava insetos.

Em *Vriesea flammea* as flores são ressupinadas e o pólen é depositado no mento e na garganta do beija-flor (polinização esternotribica). Em *Billbergia morelli* e *Vriesea psittacina* o pólen é depositado na frente e vértice do beija-flor. Nas demais espécies ornitófilas, o pólen se deposita no bico podendo tocar a frente ou o mento dependendo do tamanho do bico do beija-flor. De um modo geral, os Trochilinae de bico curto tendem a visitar flores com corolas curtas até mesmo espécies não consideradas ornitófilas (Apêndice 1) enquanto os Phaethornitinae tendem a visitar flores com corola mais longas. Em ambos os casos, o bico do beija-flor é o principal local de deposição de pólen (Stiles 1978; Sazima et al. 1995b; Buzato et al. 2000; Lopes 2002).

Os poucos registros de pilhagem às flores ornitófilas foram de *Phaethornis ruber* em *Billbergia morelli* e *Portea leptantha*. Este beija-flor é considerado oportunista e como tendo comportamento de forrageio generalista atuando geralmente como parasita de território (*sensu* Feinsinger e Cowell 1978), frequentemente atuando como pilhador de néctar em várias espécies como *Nematanthus fluminensis* (Gesneriaceae) (Sazima et al. 1995b), *Irlbachia alata* (Gentianeaceae) (Machado et al. 1998), *Souroubea guianensis* (Marcgraviaceae) (Machado e Lopes 2000), *Lundia cordata* (Bignoniaceae) e *Ruellia cearensis* (Acanthaceae) (Lopes 2002). Este comportamento de pilhagem geralmente está condicionado à disponibilidade de néctar nas flores, que pode variar entre visitas legítimas e pilhagem (Buzato 1995).

Foram registrados encontros agonísticos intra e interespecíficos entre os beija-flores. Os machos de *Thalurania watertonii* comportavam-se ora como territorialistas afugentando outros beija-flores, ora atuando em linhas de captura (*sensu* Sazima et al. 1995b). Embora encontros agressivos ocorram, estes são minimizados em virtude dos machos serem territoriais e fêmeas generalistas, diferenças de estratégias na atividade de forrageamento durante o dia, além de diferenças na organização espacial das plantas (Ayala 1986, Fischer 1994).

## **Melitofilia**

Na RPPN Frei Caneca as abelhas foram observadas polinizando cinco das nove espécies de bromélias consideradas melitófilas (Tabela 1, Figura 6D, Figura 7E, F, G, H, ver caps. III e IV). *Lymania smithii*, *Hohenbergia ramageana*, *Cryptanthus diana* e *Aechmea lingulata* também são visitadas ocasionalmente por beija-flores. A polinização por abelhas em Bromeliaceae é considerada rara (Vogel 1990) e aparentemente inexistente em áreas úmidas como na Floresta Atlântica, sendo mais frequente em regiões xéricas onde predominam espécies de *Tillandsia* epífitas (Gardner 1986, Till 1992, Cocucci e Sérscic 1998, Kessler e Krömer 2000).

Mesmo assim, são poucas espécies de Bromeliaceae reconhecidamente melitófilas como *Hohenbergia ridleyi* (Siqueira e Machado 1998), *Aechmea gamossepala*, que é polinizada por *Bombus morio* no litoral sul de São Paulo (Fischer 1994) e algumas espécies de *Hechtia* (Pitcairnioideae) de florestas secas do México (Miquel 2000, Ramírez et al. 2000, Siqueira Filho e Machado ver cap. III). Provavelmente, a maioria das espécies de *Fosterella* (Pitcairnioideae) devem ser polinizadas por pequenas abelhas (Ibisch et al. 2002).

Embora o conjunto dos atributos florais como cor e tamanho da corola, odor suave e adocicado, alta concentração de néctar confira a síndrome de melitofilia (*sensu* Faegri e Pijl 1979) para algumas espécies como *Hohenbergia ramageana* e *Aechmea lingulata*, foram observadas visitas de uma ampla gama de polinizadores (ver também Siqueira Filho e Machado 1998). Nestes casos, a flexibilidade de polinização pode indicar um ajuste ao tipo de polinizador, sendo um fator importante no sucesso reprodutivo (evolutivo) do grupo (Gardner 1986, ver Figura 5).

Abelhas *Trigona* visitaram 12 (34%) espécies de Bromeliaceae (Figura 7H), na maioria dos casos pilhando as flores, sobretudo de espécies ornitófilas. O comportamento de pilhagem dessas abelhas tem sido registrado em várias espécies de Bromeliaceae ornitófilas desde a Amazônia (*Pepinia sprucei*, J. A. Siqueira *dados não publicados*) até a Floresta Atlântica no Sudeste como *Pitcairnia flammea* (Wendt et al. 2002), *Vriesea platynema* e *V. friburgensis* (Wilms et al. 1996).

Com exceção de *Tillandsia tenuifolia*, foram encontradas ráfides nas anteras juntas com pólen das Bromeliaceae estudadas. As ráfides são cristais de oxalato de cálcio, já reportadas para Bromeliaceae (Pohl 1941; Kugler 1942). Sua produção está relacionada como defesa contra herbívoros (Roubik 1989), o que evitaria a competição por pólen de flores ornitófilas com as abelhas que utilizam para alimentar suas larvas. Porém, apesar disso, a pilhagem pelas *Trigona* alcançou 43% das espécies ornitófilas, sendo o pólen o principal recurso obtido.

## **Quiropterofilia**

A quiropterofilia na Reserva foi restrita a quatro espécies de *Vriesea* (Figura 6F, G, H, Figura 7I, J)). Polinização por morcegos ocorrem em representantes da subfamília Pitcairnioideae,

como *Encholirium* (Sazima et al. 1989) e *Pitcairnia* (Wendt et al. 2001; Muchhala e Jarrín-V 2002) e de Tillandsioideae como *Alcantarea* (Vogel 1969; Martinelli 1997), *Guzmania* (Benzing et al. 2000; Kessler 2002), *Tillandsia* (Beamann e Judd 1996; Benzing et al. 2000), *Vriesea* (Vogel 1969; Dobat e Peikert-Holle 1985; Helversen 1993; Fischer 1994; Martinelli 1994, 1997; Sazima et al. 1995a, 1999) e *Werauhia* (Vogel 1969; Utley 1983). *Ayensua uaipanensis* (Maguire) L.B.Sm. e *Billbergia robert-readii* E. Gross e Rauh são os únicos registros de quiropterofilia na subfamília Bromelioideae (Varadarajan e Brown 1988; Benzing et al. 2000; Kessler 2002).

Apesar de várias observações de campo em quatro anos, nunca foi observada a visita de morcegos nas espécies de *Vriesea* (*V. cf. chapadensis*, *V. gigantea*, *V. limae* e *V. oleosa*) supostamente quiropterófilas. Destas, apenas *V. gigantea* foi observada visitas de morcegos (Fischer 1994, Sazima et al. 1995a, Sazima et al. 1999). A baixa frequência de visitas de morcegos parece comum a algumas plantas quiropterófilas (Machado et al. 1998) e autores como Martinelli (1994) e Wendt et al. (2002), nunca observaram os legítimos polinizadores de espécies de Bromeliaceae quiropterófilas apesar de várias horas de observação.

Adicionalmente, há evidências de que a fragmentação e perda de habitat das Bromeliaceae associado ao plantio de banana (*Musa paradisiaca sensu lato*) no local de estudo, poderiam explicar a baixa frequência ou completa ausência de morcegos, sendo a abundância e diversidade dos polinizadores afetada por esses fatores (Rathcke e Jules 1993). Na Reserva, há uma grande oferta de flores da *M. paradisiaca* (cerca de 60 flores/planta) durante todo o ano chegando a ocupar uma área com cerca de 40 ha o que pode tornar as espécies de *Vriesea* menos atrativas aos morcegos.

### ***Esfingofilia***

Com base nos atributos florais (*sensu* Faegri e Pijl 1979), tais como flores alvas, tubulosas e estreitas, horário noturno de antese, volume e concentração de néctar, *Canistrum pickelii* foi considerada uma espécie esfingófila (Figura 7K), que se confirmada será o primeiro caso na subfamília Bromelioideae (Siqueira Filho e Leme 2002). Esta espécie é polinizada por beija-flores na manhã do dia seguinte. Em Bromeliaceae, as síndromes transicionais, mistas ou não específicas (*sensu* Kessler e Krömer 2000, Kessler 2002), ocorrem em *Guzmania kentii* H. Luther (Benzing et al. 2000) sendo também conhecidas em outras famílias de Angiospermas como Lobeliaceae (*Siphocampylus*), Malvaceae (*Abutilon*) e Marcgraviaceae (*Marcgravia*), Musaceae (*Musa*), envolvendo a polinização por beija-flores e morcegos (Buzato et al. 1994; Sazima et al. 1994; Sazima et al. 1995b; Lopes et al. 1998; Liu et al. 2002) ou ainda por beija-flores e abelhas (Freeman et al. 1985; Buzato 1995).

A síndrome de polinização por esfingídeos em Bromeliaceae ocorre em *Alcantarea* (2 spp.) (Knuth 1904, Porsch 1924, Leme 1995), *Pitcairnia* (2 spp.) (Benzing et al. 2000), *Vriesea* (1 spp.)

(Martinelli 1994) e principalmente em *Tillandsia* (19 spp.) (Gardner 1986), embora os casos confirmados tenham sido feitos apenas em *Pitcairnia albiflos* Herbert (Wendt et al. 2001, 2002), que é também associada à polinização por morcegos, e em *Tillandsia dasyliriifolia* Baker e *T. utriculata* L. associada com a polinização por beija-flores (Kodric-Brown et al. 1984; Gardner 1986; Arizmendi e Ornelas 1990).

### ***Sistema reprodutivo***

Houve predomínio de espécies auto-compatíveis (64,7%) sobre as espécies auto-incompatíveis (35,3%) na comunidade estudada, resultado este similar ao de outras comunidades neotropicais (Ramírez e Seres 1994). A grande abundância de híbridos de espécies cultivadas está, geralmente, associada com mecanismos de autocompatibilidade (Martinelli 1994), sendo cada vez mais registrada a presença de híbridos na natureza (Gardner 1984, Luther 1984, Wendt et al. 2001, 2002, Gouda 2002).

Das 12 (34,3%) espécies com limitada distribuição geográfica apenas quatro (18,2%) são autocompatíveis, contrariando as opiniões de Karron (1991); Hamrick et al. (1991); Wyatt et al. (1992); Wendt et al. (2002), os quais sugerem que espécies com limitada distribuição apresentam uma maior tendência de autocompatibilidade que espécies afins de ampla distribuição.

Algumas espécies consideradas auto-incompatíveis como *Canistrum pickelii* e *Vriesea limae* parecem vulneráveis com a ausência de visitas dos esfingídeos e morcegos apresentando baixa formação de frutos em condições naturais. Curiosamente, *Aechmea stelligera*, apesar ser visitada com frequência por beija-flores, não produziu frutos em condições naturais, indicando possivelmente, autoincompatibilidade da espécie associada com a distribuição não agregada dos indivíduos (rara no local) que não favorece o transporte do pólen ou ainda ausência de populações com diferentes genótipos.

A formação de frutos em *Billbergia morelii* sob condições naturais foi considerada baixa, em torno de 36%, sendo as causas mais prováveis ocorrência de xenogamia obrigatória, a presença de poucos indivíduos férteis na área, a baixa produção de néctar e à floração do tipo explosiva, disponível aos beija-flores por pouco tempo. *Billbergia morelii* pertence ao subgênero típico (*Billbergia*) considerado auto-incompatível (McWilliams 1974).

### ***Considerações finais***

A comunidade de Bromeliaceae estudada responde por parte da expressiva riqueza de espécies na RPPN Frei Caneca (pelo menos pela guilda de ornitofilia) e pela “qualidade” do néctar oferecido aos vetores de pólen. Tanto o volume médio de néctar na comunidade quanto a

concentração média de néctar das espécies ornitófilas variou significativamente entre as guildas, sugerindo uma “fidelidade” dos tipos de polinizadores às fontes de recursos.

Embora os beija-flores pareçam pouco sensíveis aos distúrbios da fragmentação (Stouffer e Bierregaard Jr. 1995) as espécies ornitófilas e quiropterófilas de bromélias podem sofrer com a baixa frequência dos polinizadores esperados, visto que as flores de *Musa paradisiaca* (*sensu lato*), uma espécie exótica, atraem muitos beija-flores e morcegos.

De um modo geral, a comunidade de Bromeliaceae na RPPN Frei Caneca confirma a tendência de polinização por beija-flores na família. Porém, a polinização por abelhas (26%) parece bem maior do que o obtido para áreas úmidas (Kessler e Krömer 2000), seguidas pela polinização por morcegos e esfingídeos, reforçando ainda mais a idéia de ampla irradiação adaptativa das Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordeste.

### **Agradecimentos**

G.D.P.S.Barros (Colônia Agroindustrial) pelo suporte logístico na RPPN Frei Caneca. J.A.Vicente Filho pelo auxílio nos trabalhos de campo. S.J.Jones, S.A. Roda (UFPA) e K.-L. Schuchmann (Museu Koenig, Bonn), pela identificação dos beija-flores. A.V.Lopes (UFPE), A. Chautems (Jardim Botânico de Genebra) pelo fornecimento de algumas referências. A.M.M. Santos e M. Tabarelli (UFPE) pelo auxílio na estatística. E.M.C. Leme (Herbarium Bradeanum) e W. Till (Universidade de Viena) pelas valiosas sugestões. CAPES e CNPq pelo auxílio financeiro.

### **Referências bibliográficas**

- Aizen, M.A. e Feinsinger, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351.
- Araújo, A.C. 2001. Flora, fenologia de floração e polinização em Capões do Pantanal Sul Matogrossense. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 90p.
- Araújo, A.C. 1996. Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 69p.
- Araújo, A.C., Fischer E.A e Sazima M. 1994. Floração sequencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região de Juréia, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 17: 113-118.
- Arizmendi, M.C. e Ornelas, J.F. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry Forest in México. *Biotropica* 22: 172-180.



- Ayala, A.V. 1986. Aspectos de la relación entre *Thalurania furcata colombica* (Aves-Trochilidae) y las flores en que liba en un bosque subandino. *Caldasia* 14: 549-562.
- Ayres, M., Ayres Jr., M., Ayres, D.L. e Santos, A.S. 1998. Bioestat: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá, MCT- CNPq, Manaus.
- Baker, H. 1975. Sugar concentration in nectars from hummingbird flowers. *Biotropica* 7: 37-41.
- Baumberger, R. 1987. Floral structure, coloration, and evolution of bird-pollinated plants; correlation with functional traits in insectivorous birds. Ph.D. Dissertation Philosophischen Fakultät II, Zürich. 88p.
- Beaman, R.S. e Judd, W.S. 1996. Systematics of *Tillandsia* subgenus *Pseudoalcantarea* (Bromeliaceae) *Brittonia* 48: 1-19.
- Benzing, D.H., Luther H.E. e Bennett B. 2000. Reproduction and life history. pp. 245-328. In: Benzing, D.H (ed.). *Bromeliaceae: Profile of an adaptive radiation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Benzing, D.H. e Stiles, K. 1998. Seed dispersal by fleshy-fruited bromeliads: misconceptions and directions for deeper inquiry about mechanisms. *Bromelia*. 5: 23-35.
- Bernardello L.M, Galetto L, Juliani H.R. 1991. Floral nectar, nectary structure and pollinators in some Argentinean Bromeliaceae. *Annals of Botany* 67: 401-411.
- Bolten, A.B. e Feinsinger, P. 1978. Why do hummingbird flowers secrete dilute nectar? *Biotropica* 10: 307-309.
- Brener, A.G.F. 1991. Forrajeo del colibrí *Selasphorus flammula* en relación con tamaños y distribución de parches florales. *Revista de Biología Tropical* 39: 169-172.
- Brewbaker, J.L. e Gorrez, D.D. 1967. Genetics of self-incompatibility in the monocot genera *Ananas* (Pineapple) and *Gasteria*. *American Journal of Botany* 54: 611-616.
- Buzato, S. 1995. Estudo comparativo de flores polinizadas por beija-flores em três comunidades da Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 85p.
- Buzato, S., Sazima, M. e Sazima, I. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic forest sites. *Biotropica* 32: 824-841.
- Buzato, S., Sazima, M e Sazima, I. 1994. Pollination of three species of *Abutilon* (Malvaceae) intermediate between bat and hummingbird flower syndromes. *Flora*. 189: 327-334.
- Cocucci, A. e Sérsic, A. 1998. Evidence of rodent pollination in subtropical South America. pp. 113-121. In: Owens S.J. and Rudall, P.J. (eds.) *Reproductive biology*. Royal Botanical Gardens, Kew.

- Collar, N.J., Crosby, M.J. e Stattersfield, A.J. 1994. Birds to watch 2: The world list of threatened birds. Birdlife International (conservation series, n. 4) Cambridge, England.
- Dobat, K. e Peikert-Holle, T. 1985. Blüten und Fledermäuse. Bestäubung durch Fledermäuse und Flughunde (Chiropterophilie). Waldermar Kramer, Frankfurt am Main.
- Faegri, K e Pijl, L.van der. 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, New York.
- Feinsinger, P. e Colwell, R.K. 1978. Community organization among Neotropical nectar-feeding birds. *American Zoology* 18: 779-795.
- Fischer, E.A. 1994. Polinização, fenologia e distribuição espacial de Bromeliaceae numa comunidade de Mata Atlântica, Litoral Sul de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 80p.
- Fischer, E.A. e Araújo, A.C. 1996. The bromeliad flora of the Rio Verde estuary (Juréia, São Paulo): a comparison with other Neotropical communities. *Bromelia* 3: 19-25.
- Fischer, E.A. e Araújo, A.C. 1995. Spatial organization of a bromeliad community in the Atlantic rainforest, south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 11: 559-567.
- Freeman, C.E., Worthington, R.D., e Corral, R.D. 1985. Some floral nectar-sugar compositions from Durango and Sinaloa, México. *Biotropica* 17: 309-313.
- Galetto, L. e Bernardello, L.M. 1992. Nectar secretion pattern and removal effects in six argentinean Pitcairnioideae (Bromeliaceae). *Botanica Acta* 105: 292-299.
- Gardner, C.S. 1986. Inferences about pollination in *Tillandsia* (Bromeliaceae). *Selbyana* 9: 76-87.
- Gardner, C.S. 1984. Natural hybridization in *Tillandsia* subgenus *Tillandsia*. *Selbyana* 7: 380-393.
- Garth, R.E. 1964. The ecology of spanish moss (*Tillandsia usneoides*): its growth and distribution. *Ecology* 45: 470-480.
- Gentry, A.H. e Dodson, C.H. 1987. Diversity and biogeography of Neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 74: 205-233.
- Gentry, A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6: 64-68.
- Gouda, E.A. 2002. New natural hybrid from Mérida, Venezuela. *Journal of the Bromeliad Society* 52: 125-127.
- Grant, K.A. 1966. A hypothesis concerning the prevalence of red coloration in California hummingbird flowers. *The American Naturalist*. 100: 85-97.
- Hamrick, J.L., Godt, M.J.W., Murawski, D.A. e Loveless, M.D. 1991. Correlations between species traits and allozyme diversity: implication for conservation biology. pp. 75-86. In: Falk, D.A.S e Holsinger, K.E. (eds.) *Genetics and conservation of rare plants*. Oxford University Press, Oxford.

- Helversen, V. O. 1993. Adaptations of flowers to the pollination by Glossophagine bats. pp. 41-59. In: Barthlott, W. Naumann, C.M., Schmidt-Loske, K. e Schuchmann K.-L (eds.). Animal-plant interactions in tropical environments. Zoologisches Forschungsinstitut and Museum Alexander Koenig, Bonn.
- IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira, IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE. 1985. Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste, IBGE, Rio de Janeiro.
- Ibisch, P.L., Vásquez, R., Gross, E., Krömer, T. e Rex, M. 2002. Novelties in Bolivian *Fosterella* (Bromeliaceae). *Selbyana* 23: 204-219.
- Karron, J.D. 1991. Patterns of genetic variation and breeding systems in rare plant species. pp. 87-98. In: Falk, D.A.S e Holsinger, K.E. (eds.) Genetics and conservation of rare plants. Oxford University Press, Oxford.
- Kessler, M. 2002. Environmental patterns and ecological correlates of range size among bromeliad communities of Andean forest in Bolivian. *The Botanical Review*. 68: 100-127.
- Kessler, M. e Krömer, T. 2000. Patterns and ecological correlates of pollination modes among bromeliad communities of Andean forests in Bolivia. *Plant Biology* 2: 659-669.
- Knuth, P. 1904. *Handbuch der Blütenbiologie*. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann.
- Kodric-Brown, A., Brown, J.H., Byers, G.S. e Gori, D.F. 1984. Organization of a tropical island community of hummingbirds and flowers. *Ecology*. 65: 1358-1368.
- Kraemer, M., Schmitt, U. e Schuchmann, K.-L. 1993. Notes on the organization of a Neotropical high-altitude hummingbird-flower community. pp.61-65. In: Barthlott, W. Naumann, C.M., Schmidt-Loske, K. e Schuchmann K.-L (eds.) Animal-plant interactions in tropical environments. Bonn, Germany.
- Kugler, H. 1942. Raphidenpollen bei Bromeliaceen. *Berichte Deutschen Botanischen Gesellschaft* 60: 388-393.
- Leme, E.M.C. 1999. New species of Brazilian Bromeliaceae: A tribute to Lyman B. Smith. *Harvard Papers in Botany* 4: 135-168.
- Leme, E.M.C. 1997. *Canistrum*: Bromélias da Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Salamandra, 107p.
- Leme, E.M.C. 1995. Contribuição ao estudo do gênero *Alcantarea* – I. *Bromelia* 2: 15-23.
- Leme, E.M.C. e Siqueira Filho, J.A. 2001. Studies in Bromeliaceae of Northeastern Brazil – I. *Selbyana* 2: 146-154.
- Liu, A.-Zhong, Li, D-Z., Wang, H., Kress, W.J. 2002. Ornithophilous and chiropterophilous pollination in *Musa itinerans* (Musaceae), a pioneer species in tropical rain forests of Yunnan, Southwestern China. *Biotropica* 34: 254-260.

- Lopes, A.V. 2002. Polinização por beija-flores em remanescente da Mata Atlântica Pernambucana, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 126p.
- Lopes, A.V., Machado, I.C. e Baracho, G.S. 1998. Polinização de *Abutilon scabridum* K.Schumann (Malvaceae): Morcegos, Beija-flores e Esfingídeos. p. 122. In: Resumos do VII Congresso Latinoamericano de Botânica e XIV Congresso Mexicano de Botânica.
- Lopes, M.S. 2003. Florística, aspectos ecológicos e distribuição altitudinal das Pteridófitas em remanescente de Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 77p.
- Luther, H.E. 1984. A hybrid *Pitcairnia* from western Ecuador. *Journal of the Bromeliad Society* 34: 272-274.
- Machado, I.C. e Lopes, A.V. 2000. *Souroubea guianensis* Aubl.: Quest for its legitimate pollinator and the first Record of tapetal oil in the Marcgraviaceae. *Annals of Botany* 85: 705-711.
- Machado, I.C., Sazima, I. e Sazima, M. 1998. Bat pollination of the terrestrial herb *Irlbachia alata* (Gentianaceae) in northeastern Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 209: 231-237.
- Martinelli, G. 1997. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. pp213-250. In: Lima, H.C. e Guedes-Bruni, R.R. (eds.). Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em mata atlântica. Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Martinelli, G. 1994. Reproductive biology of Bromeliaceae in the Atlantic rainforest of Southeastern Brazil. PhD thesis. University of St. Andrews. St. Andrews, Scotland. 197p.
- McWilliams, E.L. 1974. Evolutionary ecology. pp. 40-55. In: Smith, L.B. e Downs, R.J. (eds.). Pitcairnioideae (Bromeliaceae). *Flora Neotropica Monograph* n. 14. Hafner Press, New York.
- Miquel, M.E.L. 2000. Distribución de la abundancia y uso de los recursos florales por abejas (Hymenoptera, Apoidea) del Valle Zapotitlán delas Salinas, Puebla. Tesis profesional. Universidad de las Américas, Puebla. México. 113p.
- Muchhala, N. e Jarrín-V, P. 2002. Flower visitation by bats in cloud forest of western Ecuador. *Biotropica* 34: 387-395.
- Nara, A.K. 1998. Biologia floral e polinização de quatro espécies de Bromeliaceae de ocorrência em vegetação de baixio na Amazônia Central. Dissertação de Mestrado, Universidade do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 82p.
- Newstrom, L.E., Frankie, G.W. e Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.

- Oliveira, P.E. e Gibbs, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a Cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195: 311-329.
- Pernambuco, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. 2002. Atlas da biodiversidade de Pernambuco. Sectma, Recife. 86p. 1 mapa color.
- Pohl, F. Raphidenpollen und seine blütenökologische bedeutung. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 90: 81-96.
- Porsch, O. 1924. Vogelblumenstudien I. *Jahrb. Wiss. Bot* 63: 553-706.
- Ramirez, N., Gil, C. Hokche, O. Seres, A. e Brito, Y. 1990. Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 77: 383-397.
- Ramirez, N. e Seres, A. 1994. Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a Venezuelan tropical cloud forest. *Plant Systematics and Evolution* 190: 129-142.
- Ramírez, I., Chi-May, F. Carnevali, G. May-Pat, F. e Chuc-Puc, G. 2000. Portraits of Bromeliaceae from the Mexican Yucatan Peninsula – I: *Hechtia schottii* Baker ex Hemsley. *Journal of the Bromeliad Society* 50: 20-24.
- Rathcke, B.J. e Jules, E.S. 1993. Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. *Current Science* 65: 273-277.
- Reitz, R. 1953 Uma *Aechmea* de flores noturnas, etc. *Anais Botânicos do Herbário “Barbosa Rodrigues”* 5: 253-255.
- Roubik D.W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, New York.
- Roda, S.A. 2002. Aves endêmicas e ameaçadas de extinção no Estado de Pernambuco. pp 537-555. In: Tabarelli, M. e Silva, J.M.C. (orgs.). Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco. Sectma e Massangana, Recife. 2v.
- Ruschi, A. 1949. A polinização realizada pelos Trochilídeos, a sua área de alimentação e repovoamento. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello-Leitão. Biologia* 2: 1-51.
- Santos, E.M. e Carnaval, A.C.O.Q. 2002. Anfíbios anuros do Estado de Pernambuco. pp 529-535. In: Tabarelli, M. e Silva, J.M.C. (orgs.) Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco. Sectma e Massangana, Recife. 2v.
- Sazima, I., Buzato, S. e Sazima, M. 1995b. The saw-billed hermit *Ramphodon naevius* and its flowers in southeastern Brazil. *Journal für Ornithologie* 136: 195-206.
- Sazima, I., Vogel, S. e Sazima, M. 1989. Bat pollination of *Encholirium glaziovii*, a terrestrial bromeliad. *Plant Systematics and Evolution* 168: 167-179.

- Sazima, M., Buzato, S. e Sazima, I. 2000. Polinização por beija-flores em *Nidularium* e gêneros relacionados. pp 190-195. In: E.Leme (ed.). *Nidularium: Bromélias da Mata Atlântica*. Sextante Artes, Rio de Janeiro.
- Sazima, M., Buzato, S. e Sazima, I. 1999. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Forest sites in Brazil. *Annals of Botany* 83: 705-712.
- Sazima, M., Buzato, S. e Sazima, I. 1995a. Bat pollination of *Vriesea* in Southeastern Brazil. *Bromelia* 2: 29-37.
- Sazima, M., Sazima, I, Buzato, S. 1994. Nectar by day and night: *Siphocampylus sulfureus* (Lobeliaceae) pollinated by hummingbirds and bats. *Plant Systematics and Evolution* 191: 237-246.
- Schuchmann, K.-L. 1999. Family Trochilidae (Hummingbirds). pp. 468-680. In: Hoyo, J. del, Elliott, A. e Sargatal, J. (eds.). *Handbook of the birds of the world*, v. 5. Lynx Edicions, Barcelona.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Nova fronteira, Rio de Janeiro.
- Silva, J.M.C. e Tabarelli, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature* 404: 72-73.
- Simberloff, D. e Dayan, T. 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22: 115-143.
- Siqueira Filho J. A. 2002. Bromélias em Pernambuco: Diversidade e aspectos conservacionistas. pp. 219-228. In: Tabarelli, M e Silva, J.M.C. (orgs.). *Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco*. Sectma e Massangana, Recife, Pernambuco, 1v.
- Siqueira Filho, J.A. e Leme, E.M.C. 2002. An addition to the genus *Canistrum*: a new combination for an old species from Pernambuco and a new species from Alagoas, Brazil. *Journal of the Bromeliad Society* 52: 105-121.
- Siqueira Filho, J.A. e Leme, E.M.C. 2000. Suplemento: *Neoregelia* subgênero *longipetalopsis*. pp. 229-237. In: Leme, E.M.C. (ed.) *Nidularium: Bromélias da Mata Atlântica*. Sextante, Rio de Janeiro.
- Siqueira Filho, J.A. e Machado, I.C. no prelo. Síndromes de polinização de uma comunidade de Bromeliaceae e biologia floral de *Vriesea psittacina* (Hooker) Lindley em Brejo dos Cavalos, Caruaru, Pernambuco. Pp. XX in Pôrto, K.C., Cabral, J.J.P. e Tabarelli, M. (eds.) *Brejos de Altitude: História Natural, ecologia e conservação*.
- Siqueira Filho, J.A. e Machado, I.C. 2001. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da floresta atlântica, Nordeste do Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 15: 427-444.

- Siqueira Filho J.A. e Machado I.C. 1998. Biologia floral de *Hohenbergia ridleyi* (Baker) Mez (Bromeliaceae). *Bromelia* 5:1-13.
- Smith, L.B. e Downs, R.J. 1979. Bromeliaceae 3: Bromelioideae. Monograph n. 14. Flora Neotropica. The New York Botanical Garden. 14: 1733-2042. New York.
- Smith, L.B. e Downs, R.J. 1977. Bromeliaceae 2: Tillandsioideae. Monograph n. 14. Flora Neotropica. The New York Botanical Garden. 14: 663-1492. New York.
- Snow, D.W. e Snow, B.K. 1986. Feeding ecology of hummingbirds in the Serra do Mar, southeastern Brazil. *El Hornero* 12: 286-296.
- Snow, D.W. e Snow, B.K. 1980. Relationships between hummingbirds and flowers in the Andes of Colombia. *Bulletin of the British Museum of Natural History* 38: 105-139.
- Snow, D.W. e Teixeira, D.L. 1982. Hummingbirds and their flowers in the coastal mountains of southeastern Brazil. *Journal für Ornithologie* 123: 286-296.
- Sokal, R.R. e Rohlf, J.F. 1995. *Biometry*, W. H. Freeman and Company, New York.
- Sousa, G.M. e Wanderley, M.G.L. 2000. *Aechmea* Ruiz & Pav. (Bromeliaceae) do Estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 4: 77-97.
- Stiles, F.G. 1985. Seasonal patterns and coevolution in the hummingbird-flower community of a Costa Rican subtropical forest. *Ornithology Monograph* 36: 757-787.
- Stiles, F.G. 1978. Temporal organization of flowering among the hummingbird foodplants of a tropical wet forest. *Biotropica*. 10: 194-210.
- Stouffer, P.C. e Bierregaard Jr., R.O. 1995. Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology* 9: 1085-1094.
- Till, W. 1992. Systematics and evolution of the tropical-subtropical *Tillandsia* subgenus *Diaphoranthema* (Bromeliaceae). *Selbyana* 13: 88-94.
- Utley, J.F. 1983. A revision of the middle american Thecophylloid *Vriesea* (Bromeliaceae). *Tulane Studies in Zoology and Botany* 24: 1-81.
- Varassin, I.G. e Sazima, M. 2000. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em mata atlântica no sudeste do Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 11/12: 57-70.
- Varadarajan, G.S. e Brown, G.K. 1988. Morphological variation of some floral features of the subfamily Pitcairnioideae (Bromeliaceae) and their significance in pollination biology. *Botanical Gazette* 149: 82-91.
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R. e Lima, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- Vogel, S. 1990. Radiación adaptativa del síndrome floral en las familias neotropicales. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Córdoba* 59: 5-30.

- Vogel, S. 1969. Chiropterophilie in der neotropischen Flora. Neue Mitteilungen III. Flora Abteilung B. 158: 289-323.
- Waser, N.M. 1978. Competition for hummingbird pollination and sequential flowering in two Colorado wild flowers. *Ecology* 59: 945-955.
- Wendt, T., Canela, M.B.F., Klein, D.E. e Rios, R.I. 2002. Selfing facilities reproductive isolation among three sympatric species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). *Plant Systematics and Evolution* 232:201-212.
- Wendt, T., Canela, M.B.F., Faria, A.P.G. e Rios, R.I. 2001. Reproductive biology and natural hybridization between two endemic species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). *American Journal of Botany* 88: 1760-1767.
- Wilms, W., Imperatriz-Fonseca, V. L. e Engels, W. 1996. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced Africanized honey bee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic rainforest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 31: 137-151.
- Wyatt, R., Evans, E.A. e Sorenson, J.C. 1992. The evolution of self-pollination in granite outcrop species of *Arenaria* (Caryophyllaceae). VI. Electrophoretically detectable genetic variation. *Systematic Botany* 17: 201-209.

## Legendas

Tabela 1 – Atributos florais das espécies de Bromeliaceae ocorrentes na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

Tabela 2 – Atributos florais e grupos ecológicos das espécies de Bromeliaceae ocorrentes na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

Tabela 3 – Grupos ecológicos, distribuição e informações de herbário das espécies de Bromeliaceae ocorrentes na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

Tabela 4 – Espécies ornitófilas ocorrentes na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

Figura 1 – Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Frei Caneca (📍) situada no município de Jaqueira, zona da mata sul de Pernambuco. Áreas de estudo: 1) Mata da Serra do Quengo, 2) Mata do Jasmim, 3) Pedra do Cruzeiro. Base cartográfica: Carta imagem de radar de Palmares, PE/AL (folha SC.25-V-A-VI). 1985. Imagem de satélite Landsat TM, bandas 1, 2 e 3 (1995-96). Escala 1:60.000.

Figura 2 – Dinâmica da fenologia da floração de 33 espécies de Bromeliaceae *versus* precipitação (ppt mm) na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco, entre abril de 1999 e março de 2002.



Figura 3 – Diagrama da fenologia de floração da comunidade de Bromeliaceae entre abril de 1999 e março de 2002 na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

Figura 4 - Variações dos volumes e concentrações médias de néctar em função do tamanho da corola. a) Correlação positiva entre o tamanho da corola e o volume médio de néctar ( $r_s = 0,5818$ ;  $p = 0,0012$ ;  $n = 28$  spp.). b) Correlação entre o tamanho da corola e a concentração média de néctar ( $p > 0,05$ ;  $n = 28$  spp.). c) Correlação positiva entre tamanho da corola e concentração média de néctar ( $F = 5,7076$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 0,0281$ ,  $n = 16$  spp.) das espécies ornitófilas de Bromeliaceae na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

Figura 5 – Beija-flores visitantes das espécies de Bromeliaceae ornitófilas da RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco. Para consultar os nomes das espécies por extenso ver Tabela 2.

Figura 6 – Conjunto de espécies representando as guildas de polinização encontradas na comunidade de Bromeliaceae ocorrente na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco. A) *Aechmea gustavoi*, B) *Neoregelia pernambucana*, C) *Vriesea flammea*. Espécies melitófilas: D) *Aechmea lingulata*, E) *Orthophytum disjunctum*. Espécies quiropterófilas: F) e G) *Vriesea* cf. *chapadensis*, H) *Vriesea limae*.

Figura 7 – Guilda de polinizadores da comunidade de Bromeliaceae da RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco. Espécies ornitófilas: A) *Phaethornis ruber* em *Aechmea fulgens*, B) *Glaucis hirsuta* em *Guzmania lingulata*, C) *Amazilia leucogaster* em *Aechmea* sp2., D) *Thalurania watertonii* ♂ em *Pseudananas sagenarius*. Espécies melitófilas: E) *Eulaema nigrita* ♂ em *Cryptanthus diana*, F) *Euglossa cordata* em *Aechmea lingulata*, G) *Thygather annalis* em *Hohenbergia ramageana*, H) *Trigona* sp. nov. em *Lymania smithii*. Espécies quiropterófilas: I) *Vriesea limae*. Notar disposição radial das anteras, J) *Vriesea* cf. *chapadensis*. Notar o deslocamento das anteras para a porção inferior da corola, K) *Canistrum pickelii*, uma espécie esfingófila.

Apêndice 1 – Espécies de beija-flores ocorrentes na Floresta Atlântica Nordestina e na RPPN Frei Caneca e respectivas plantas visitadas.

Tabela 1 – Atributos florais das espécies de Bromeliaceae ocorrentes na RPPN Frei Caneca, Itaquira, Pernambuco.

ESPECIES	Formato da flor	Tamanho da flor (mm)	Cores*	Tipo de inflorescência	Tamanho da inflorescência (cm)	Total flores por planta da	Flores planta da
<i>Acclinea fulgens</i> Brongn.	tu cu	20 (n=5)	Ar.ver	Paniculada	0,50	83,11±21,27 (n=9)	1 a 5
<i>Acclinea guttata</i> J.A. Siqueira & Leme	tu re	65-67	Br ro	simples, subumbelada, capitata			1 a 4
<i>Acclinea ligulata</i> (L.) Baker	tu re	10-11 (n=6)	Br am	Paniculada	87,80±6,87 (n=5)	1495±516,29 (n=5)	1 a 87
<i>Acclinea merrillii</i> (Meyen) Schult. f.	tu cu	8-9 <sup>a</sup>	La ver	composta, paniculada de espigas	37 (n=2)		1 a 3
<i>Acclinea stelligera</i> L.E.Sm.	tu re	40 (n=2)	Am ve	Subcapitulada	94,50±16,38 (n=14)	266,33±129,25 (n=15)	1 a 12
<i>Acclinea</i> sp.1	tu re	30-37	La ver	Subcapitulada	87 (n=3)	251 (n=1)	1 a 5
<i>Acclinea</i> sp.2	tu re	35-39 (n=4)	Am la	Composta	73,5±2,12 (n=2)		1 a 4
<i>Anacardium comosus</i> (L.) Merrill	tu re	23-24 (n=5)	Az	Simplex, estrobilada			1 a 9
<i>Araucocarpus parviflorus</i> (Mart. ex Schult. f.) Lindman	tu re	7 (n=10)	Br am	paniculada, subpaniculada	0,36 (n=2)	115,98±34,29 (n=4)	1 a 13
<i>Bulbergia novella</i> Brongn.	tu cu	60-69 (n=10)	Az am ro	simples, globosa	58,11±8,46 (n=9)	16,31±4,05 (n=13)	1 a 7
<i>Bromelia karwinskii</i> L.	tu re	80-91 (n=3)	Az ro	Composta			1 a 20
<i>Caeciliacetum acuminatum</i> E. Moench	tu re	40-50 (n=10)	Am ver	Subcapitulada	45 (n=37)	173±57,75 (n=7)	1 a 12
<i>Caeciliacetum pilula</i> (A.Lama & L.E.Sm.) Leme J.A. Siqueira	tu re	27-37	Br la	subcapitulada, clavada	50	67 (n=1)	1 a 5
<i>Calyptra berriveriana</i> (Schult. f.) Mez	Tu	11-12 (n=3)	Br	Triplimada	83,8±12,25 (n=7)	17,5±1,5 (n=1)	1 a 2
<i>Cryptanthus discus</i> Leme	tu pa	36-45	Br	Simplex		30,67±11,06 (n=3)	1 a 4
<i>Guzmania ligulata</i> (L.) Mez	tu cu	52	am br ver	simples, corimbiforme	36 (n=2)	10-50 <sup>b</sup>	1 a 2
<i>Holcbergia ramosissima</i> Mez	tu pa	12-14 (n=5)	Az am	Paniculada	180 - 220	700-1300	1 a 70
<i>Lymnium swartzii</i> R. W. Read	Pa	11-12 (n=10)	Az	simples, paniculada	0,20 (n=2)	42,39±22,41 (n=79)	1 a 8
<i>Neoregelia pernambucana</i> Leme & J.A. Siqueira	tu re	55-85 (n=5)	La ro	simples, subcapitulada	9	54±21,25 (n=8)	1 a 6
<i>Oreophyton dijunctum</i> L.E.Sm.	tu re	17-18 (n=3)	Br am	Simplex	38,5±7,49 (n=10)	44 (n=1)	1 a 5
<i>Pavonia kyllenckiana</i> Hamr.	tu re	32 (n=3)	La	Composta	130-220	882,33±345,57 (n=6)	1 a 90
<i>Pseudoneurus agerensis</i> (A.Cam.) Camargo	tu re	31-35 (n=3)	Ro	Simplex, estrobilada			1 a 8
<i>Racineia apiculata</i> (Griseb.) M. A. Spencer & L.E.Sm.	Tu	6 <sup>b</sup>	Br am	bispinada ou tripinada	44	24 <sup>b</sup>	1 a 10
<i>Tillandsia bulbosa</i> Hooker	tu re	28-37 (n=2)	Az am ver	Simplex		5,8±1,7 (n=4)	1 a 2
<i>Tillandsia garcinii</i> Lindley	tu re	16-20 (n=3)	Ro	Simplex		21 (n=1)	1 a 5
<i>Tillandsia nitida</i> Solander	tu re	17 <sup>c</sup>	Az ro	Simplex	35	13±3 (n=5) <sup>c</sup>	1 a 4
<i>Tillandsia tenuifolia</i> L.	tu re	19-20 (n=2)	Br am ro	Simplex		22 (n=1)	1 a 5
<i>Tillandsia variegata</i> L.	tu re	17-19 (n=5)	Ve	Simplex			1 a 2
<i>Prizans cf. chapadensis</i> Leme	Ca	60-65 <sup>d</sup>	Va	simples, distica	99,67±4,04 (n=3)	28,89±3,41 (n=9)	1 a 2
<i>Prizans flavescens</i> L.E.Sm.	tu re	31	Br ver	simples, distica	38 (n=5)	12±3,54 (n=3)	1 a 2
<i>Prizans gigantea</i> Gandogerod	Ca	52 (n=2)	Va	Paniculada	165 (n=1)	180 (n=1)	6-10 <sup>e</sup>
<i>Prizans linearis</i> L.E.Sm.	Ca	39-43 (n=7)	Va	Simplex	28,63±3,78 (n=8)	3,2±0,94 (n=18)	1 a 2
<i>Prizans olivacea</i> Leme	Ca	52 (n=2)	Va	simples, distica	90 <sup>d</sup>	24 (n=1)	1 a 2
<i>Prizans procera</i> (Mart. ex Schult. f.) Wilmack	tu re	33 (n=2)	Am	Paniculada	130	361	1 a 2
<i>Prizans pulchra</i> (Hooker) Lindley	tu re	55-65 (n=5)	Am ver	simples, distica	63,75±9,32 (n=4)	17,86±7,06 (n=7)	1 a 2

Fontes de referências: a Sousa e Wanderley 2000, b Smith e Downs 1977, c Fischer 1994, d Leme 1999. Tu – tubulosa, re – reflexa, cu – cuculada, pa – patente, ca – campanulada, Az – azul, Am – amarelo, Ve – verde, Ver – vermelho, Br – branco, Li – lilás, Ro – rósea, Va – verde amarelado, La – laranja. \* Após a barra a cor se refere às folhas, brácteas florais ou do escapo ou anteras durante floração da planta.

Tabela 2 – Atributos florais e grupos ecológicos das espécies de Bromeliaceae ocorrentes na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

ESPECIES	Volume (l) (Med)	Concentração (%) (Med)	Fenologia da floração	Síndrome floral	Tipo de dispanteio	Sistema reprodutivo	Forma de vida	Requisitamento de Luz
<i>Aechmea filiginea</i>	24,3±4,25 (n=3)	31,4±0,77 (n=3)	diagm. regular	Omeite-flo	avca	Al <sup>1</sup>	Faciobasivo	Ereção-flo
<i>Aechmea griseana</i>	24,7±0,06 (n=4)	27,5±1,37 (n=4)	diagm. regular	Omeite-flo	mamíferos	Al	Faciobasivo	Ereção-flo
<i>Aechmea linguata</i>	2,58±0,78 (n=8)	37,76±8,25 (n=8)	epiglasna	Melão-flo	avca	AC	Faciobasivo	indiferente
<i>Aechmea macrocarpa</i>	70,39±13,77 (n=9)	18,13±4,40 (n=9)	diagm. regular	Omeite-flo	Famíngas	Al	Faciobasivo	Melão-flo
<i>Aechmea sp.1</i>	6,5 (n=1)	21 (n=1)	diagm. regular	Omeite-flo	avca	Al	Faciobasivo	Ereção-flo
<i>Aechmea sp.2</i>	13,5 (n=1)	25 (n=1)	diagm. regular	Omeite-flo	avca	Al	Faciobasivo	indiferente
<i>Aechmea aff. comarum</i>	22,2±8,65 (n=9)	24,34±4,1 (n=9)	diagm. regular	Omeite-flo	mamíferos	Al <sup>2</sup>	Terrestre	Melão-flo
<i>Alseodora purpuriflora</i>	12,83±1,76 (n=3)	32 (n=3)	diagm. regular	Melão-flo	famíngas	Al <sup>h</sup>	Faciobasivo	Ereção-flo
<i>Billerbergia maritima</i>			epiglasna	Omeite-flo	avca	Al <sup>1</sup>	Epifítico	Ereção-flo
<i>Bromelia laeviflora</i>			comucopila	Omeite-flo	mamíferos	AC	Terrestre	indiferente
<i>Centropus aurantiacum</i>	29,06±6,46 (n=10)	30,08±2,29 (n=10)	diagm. regular	Omeite-flo	avca	AC <sup>1</sup>	Faciobasivo	Ereção-flo
<i>Centropus pulchellus</i>	74±18,81 (n=4)	24,95±4,12 (n=4)	diagm. regular	Erige-flo	avca	Al	Faciobasivo	indiferente
<i>Conopsea bicolorata</i>	5,12±1,46 (n=6)	10,33±0,84 (n=6)	diagm. regular	Melão-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Cryptanthus diurnus</i>	8,24±4,14 (n=14)	26,35±2,10 (n=14)	diagm. regular	Melão-flo	avca	Al	Terrestre	Ereção-flo
<i>Guernia linguata</i>	25,3±4,03 (n=2)	21,5±0,58 (n=2)	diagm. regular	Omeite-flo	vante	AC	Epifítico	Ereção-flo
<i>Holcbergia namagosa</i>	10±0,06 (n=12)	41±3,54 (n=12)	comucopila	Melão-flo	avca	AC <sup>k</sup>	Faciobasivo	indiferente
<i>Lymanea rimbui</i>	2,27±0,66 (n=13)	29±2,45 (n=13)	diagm. regular	Melão-flo	avca	AC <sup>h</sup>	Faciobasivo	Ereção-flo
<i>Nearcogilia perambucana</i>	90,01±1,03 (n=7)	31,15±0,08 (n=7)	diagm. regular	Omeite-flo	avca	AC <sup>1</sup>	Faciobasivo	Ereção-flo
<i>Onkythyum dipunctum</i>	6,57±4,19 (n=3)	22,27±0,33 (n=3)	diagm. regular	Melão-flo	avca	AC	Terrestre	Melão-flo
<i>Persea ligularis</i>	34,79±8,34 (n=6)	28,3±0,93 (n=6)	comucopila	Omeite-flo	avca	AC	Faciobasivo	indiferente
<i>Pseudoneckeria rugosaria</i>	53,33±10,84 (n=6)	23,08±0,89 (n=7)	diagm. regular	Omeite-flo	mamíferos	AC <sup>1</sup>	Terrestre	Ereção-flo
<i>Rachicostis spinulosa</i>	4,33±2,36 (n=2)	25,03±4,46 (n=2)	diagm. regular	Melão-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Tillandsia bullata</i>	2,71±1,43 (n=7)	19,66±0,94 (n=7)	epiglasna	Omeite-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Tillandsia garberi</i>			epiglasna	Omeite-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Tillandsia spina</i>			epiglasna	Omeite-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Tillandsia tenuifolia</i>	3,49±2,14 (n=8)	14,26±2,26 (n=8)	epiglasna	Omeite-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Tillandsia uncinifera</i>			epiglasna	Melão-flo	vante	Al <sup>1</sup>	Epifítico	Melão-flo
<i>Viçanea cf. chapadensis</i>	646,2±6,03 (n=1)	19,47±0,49 (n=1)	diagm. regular	Quase-gro-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Viçanea flammula</i>	17,9±0,97 (n=6)	20,88±0,33 (n=6)	diagm. regular	Omeite-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Viçanea gigantea</i>	152,8±10 (n=6)	17,8±1,1 (n=6)	diagm. regular	Quase-gro-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Viçanea linearis</i>	65,96±13,69 (n=2)	8,61±2,07 (n=2)	epiglasna	Quase-gro-flo	vante	Al	Terrestre	Melão-flo
<i>Viçanea olivacea</i>			epiglasna	Quase-gro-flo	vante	AC	Epifítico	Melão-flo
<i>Viçanea proserpa</i>	32,2 (n=1)	24 (n=1)	diagm. regular	Omeite-flo	vante	AC	Faciobasivo	Melão-flo
<i>Viçanea pulcherrima</i>	3,23±0,33 (n=2)	24,6±2,26 (n=2)	diagm. regular	Omeite-flo	vante	AC	Epifítico	Ereção-flo

Fontes de referências: e Sazima et al. 1995a., f Mc Williams 1974, g Brewbaker e Gorrez 1967, h Siqueira Filho e Machado ver capítulo II, i observação pessoal, j Siqueira Filho e Machado 2001, k Siqueira Filho e Machado 1998, l Garth 1964.

Tabela 3 - Grupos ecológicos, distribuição e informações de herbário das espécies de Bromeliaceae ocorrentes na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, PE.

ESPECIES	Músculo	Distribuição ecológica	Distribuição geográfica no Brasil	Período de coleta	Nº de registros
				floração	Herbário (LFP)
<i>Aechmea fulgens</i>	subterráneo	ampla	PE, AL	jun-dez	21380
<i>Aechmea guarianoi</i>	indiferente	raríssima	PE, AL	mar-ago	30134
<i>Aechmea ligulata</i>	dosel e emergente	ampla	cama, AP, CE, RN, PB, PE, AL, BA, ES, RJ, SP	ago-diz	21358, 24885
<i>Aechmea maritima</i>	dosel e emergente	ampla	cama, RR, AM, RO, AC, AP, PA, MA, PB, PE, AL, SE, BA, MT	diz-nov	24940
<i>Aechmea nelliogera</i>	dosel e emergente	raríssima	PB, PE, AL	jun-set	21841, 24954
<i>Aechmea sp. 1</i>	indiferente	raríssima	Endêmica PE	nov-jan	24887
<i>Aechmea sp. 2</i>	subterráneo	raríssima	Endêmica PE	diz-jan	24886
<i>Ananas aff. comarum</i>	subterráneo	ampla	cama, todo e Brasil	ago-diz	30135
<i>Anacostea parviflora</i>	subterráneo	ampla	PE, AL, BA	jul-set	24936
<i>Bulbostylis maritima</i>	subterráneo	ampla	PE, AL, BA	diz-fev	24936
<i>Bromelia barceloi</i>	subterráneo	ampla	cama, MA, CE, PB, PE, AL, BA, GO	nov-jan	16900
<i>Cantabium curvibracteam</i>	indiferente	raríssima	PE, AL	fev-mar	20246
<i>Cantabium pichleri</i>	subterráneo	raríssima	PE, AL	ano todo	24859
<i>Caryopteris beryeriana</i>	dosel e emergente	ampla	cama, PE, AL, BA, SP, PR, SC	out-fev	25080
<i>Cryptantha discata</i>	subterráneo	raríssima	PE, AL	jun	1008
<i>Curtiantha ligulata</i>	subterráneo	ampla	cama, AM, AP, PA, CE, PE, AL, BA, MT	abr-set	30434
<i>Heterostylis namagata</i>	indiferente	ampla	RN, PB, PE, AL, BA, MG, SP	jun-jul	21965
<i>Lynmaria rauhii</i>	subterráneo	ampla	PE, AL, BA	diz-nov	24861
<i>Nervegella perambucara</i>	indiferente	raríssima	Endêmica PE	ago-diz	21363, 25083
<i>Oncophytum dipycnanum</i>	raquícola	raríssima	PB, PE, AL	nov-jan	1000, 1009
<i>Pennis tyronis</i>	indiferente	raríssima	PB, PE, AL	ano todo	24860
<i>Pseudananas sagittaria</i>	subterráneo	ampla	cama, PE, BA, ES, MG, MT, RJ, SP	fev-mar	24860
<i>Rachicostea tyronis</i>	dosel e emergente	ampla	cama, CE, PE, AL, BA	jul-set	21840
<i>Tillandsia bulbosa</i>	dosel e emergente	ampla	cama, AC, AP, PA, PE, AL, BA, ES	mar-set	21848
<i>Tillandsia gardneri</i>	dosel e emergente	ampla	cama, PI, CE, PB, PE, BA, ES, MG, RJ, SP, SC, RS	abr-set	21839
<i>Tillandsia spicata</i>	dosel e emergente	ampla	cama, PE, BA, ES, MG, RJ, SP, PR, SC, RS	ago-set	21850
<i>Tillandsia tenuifolia</i>	dosel e emergente	ampla	cama, PA, CE, PB, PE, BA, ES, MG, DF, MT, RJ, SP, PR, SC, RS	jul-ago	21840, 24925
<i>Tillandsia urucoides</i>	dosel e emergente	ampla	cama, PA, MA, PE, BA, ES, MG, RJ, SP, PR, SC, RS	mar-ago	21387
<i>Viçanea cf. obliquoides</i>	dosel e emergente	ampla	cama, CE, PE, MG, RJ, SP	out-set	21387
<i>Viçanea flammula</i>	dosel e emergente	ampla	PE, BA, SP, PR, SC	mar-mai	21905, 21750, 21426
<i>Viçanea gigantea</i>	dosel e emergente	ampla	PE, BA, ES, RJ, SP, PR, SC, RS	mar-mai	24921
<i>Viçanea linearis</i>	raquícola	raríssima	Endêmica PE	diz-mar	973
<i>Viçanea olivacea</i>	dosel e emergente	ampla	PE, BA, ES, RJ, SP, PR, SC, RS	jun-ago	16854, 20725
<i>Viçanea procera</i>	dosel e emergente	ampla	Endêmica PE	fev-set	21750
<i>Viçanea psittacina</i>	subterráneo	ampla	PE, BA	1010	25081
			cama, PI, CE, PB, PE, BA, ES, RJ, SP, PR, SC	out-diz	21938
			PE, BA, ES, RJ	diz-abr	25080

Extra: ocorrência em outros países, além do Brasil.

Tabela 4 – Comunidade espécies ornitófilas ocorrentes na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

FAMÍLIAS	ESPÉCIES	Tipo floral*	Forma de vida/hábito	Hábitat
ACANTHACEAE	(Rc) <i>Ruellia cearensis</i> Lindau	tubulosa	arbusto	sub-bosque
AMARYLLIDACEAE	(Hs) <i>Hippeastrum stylosum</i> Herb.	campanulada	erva	áreas abertas
COSTACEAE	(Cs) <i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe	tubulosa	erva	sub-bosque
GESNERIACEAE	(Ds) <i>Dalbergaria</i> cf. <i>sanguinea</i> (Persl.) Steudel.	tubulosa	epífita	sub-bosque
	(Dc) <i>Drymonnia coccinea</i> (Aubl.) Wiehler	tubulosa	hemiepífita	sub-bosque
	(Sn) <i>Sinningia nordestina</i> Chautems, Baracho e Siqueira	tubulosa	erva	sub-bosque
HELICONIACEAE	(Hp) <i>Heliconia psittacorum</i> L.f.	tubulosa	erva	sub-bosque
	(Hsp) <i>Heliconia sparthocircinata</i> Aristiguieta	tubulosa	erva	sub-bosque
	(Hpe) <i>Heliconia pendula</i> Wawra	tubulosa	erva	sub-bosque
	(Hsp1) <i>Heliconia</i> sp.	tubulosa	erva	sub-bosque
LABIATAE	(Ln) <i>Leonotis nepetaefolia</i> (L.) R.Br.	tubulosa	erva	áreas abertas
MARANTACEAE	(Mp) <i>Monotagma plurispicatum</i> K. Schum.	tubulosa	erva	sub-bosque
	(Csp1) <i>Calathea</i> sp.	tubulosa	erva	sub-bosque
	(Ssp1) <i>Stromanthe</i> sp.	tubulosa	erva	sub-bosque
MARCGRAVIACEAE	(Sosp1) <i>Sourobea</i> sp.	disco aberta	liana	sub-bosque
ORCHIDACEAE	(Cl) <i>Catleya labiatae</i> Lindl.	goela	epífita	DE
	(Ec) <i>Epidendrum cinnabarinum</i> Salzm. ex Lindl.	estandarte	erva	saxícola
	(Rb) <i>Rodriguezia bahiensis</i> Reichb. f.	goela	epífita	DE
	(Sl) <i>Stenorrhynchos lanceolatus</i> Aubl.	tubulosa	erva	saxícola
RUBIACEAE	(Sc) <i>Sabicea cinerea</i> Aubl.	tubulosa	arbusto	áreas abertas
	(Psp1) <i>Psychotria</i> sp.	tubulosa	arbusto	sub-bosque
VITACEAE	(Ce) <i>Cissus erosa</i> L. C. Rich	aberta	trepadeira	áreas abertas
ZINGIBERACEAE	(Sp1) sp. indet.	tubulosa	erva	sub-bosque
BROMELIACEAE	(Af) <i>Aechmea fulgens</i> Brongn.	tubulosa	facultativa	sub-bosque
	(Ag) <i>Aechmea gustavoii</i> Leme & J.A. Siqueira	tubulosa	facultativa	indiferente
	(Am) <i>Aechmea mertensii</i> (Meyer) Schultes f.	tubulosa	epífita	DE
	(As) <i>Aechmea stelligera</i> L.B.Sm.	tubulosa	facultativa	indiferente
	(Asp1) <i>Aechmea</i> sp.1	tubulosa	facultativa	indiferente
	(Asp2) <i>Aechmea</i> sp.2	tubulosa	facultativa	indiferente
	(Ac) <i>Ananas</i> aff. <i>comosus</i> (L.) Merrill	tubulosa	terrestre	áreas abertas
	(Bm) <i>Billbergia morelii</i> Brongn.	tubulosa	epífita	sub-bosque
	(Bk) <i>Bromelia karatas</i> L.	tubulosa	terrestre	sub-bosque
	(Ca) <i>Canistrum aurantiacum</i> E.Morr.	tubulosa	facultativa	sub-bosque
	(Gl) <i>Guzmania lingulata</i> (L.) Mez	tubulosa	epífita	sub-bosque
	(Np) <i>Neoregelia pernambucana</i> Leme & J.A.Siqueira	tubulosa	epífita	indiferente
	(Pl) <i>Portea leptantha</i> Harms	tubulosa	facultativa	DE
	(Ps) <i>Pseudananas sagenarius</i> (A.Cam.) Camargo	tubulosa	terrestre	sub-bosque
	(Tb) <i>Tillandsia bulbosa</i> Hooker	tubulosa	epífita	DE
	(Tg) <i>Tillandsia gardneri</i> Lindley	tubulosa	epífita	DE
	(Ts) <i>Tillandsia stricta</i> Solander	tubulosa	epífita	DE
	(Tt) <i>Tillandsia tenuifolia</i> L.	tubulosa	epífita	DE
	(Vf) <i>Vriesea flammea</i> L.B.Sm.	tubulosa	epífita	DE
	(Vp) <i>Vriesea procera</i> (Mart ex Schultes f.) Wittmack	tubulosa	epífita	DE
	(Vps) <i>Vriesea psittacina</i> (Hooker) Lindley	Tubulosa	epífita	sub-bosque

\* *Sensu* Faegri & Pijl (1979). A banana (*Musa paradisiaca sensu lato*, Musaceae) foi excluída por se tratar de espécie exótica. Áreas abertas – plantas que ocorrem em bordas de mata ou beira de estradas. Saxícolas – ocorrem em *inselberg*. Indiferentes – plantas que ocorrem tanto no sub-bosque como no dossel e estrato emergente. DE – Ocorre no dossel e estrato emergente.

Apêndice 1 – Espécies de beija-flores ocorrentes no Centro Pernambuco e na RPPN Frei Caneca e respectivas plantas visitadas.

ESPECIES DE BEIJA-FLORES	FAN RPPN	Plantas visitadas
<b>Trochilinae</b>		
<i>Amazilia fimbriata</i>	1	?
<i>Amazilia leucogaster</i>	1	1 Hr., Asp2, Rc
<i>Amazilia versicolor</i>	1	?
<i>Anthraxothorax nigricollis</i>	1	
<i>Aphantochloroa cyrochloris</i>	1	1 <i>Musa paradisiaca</i>
<i>Chlorostilbon aureoventris</i>	1	1 Pl, <i>Cajanus cajan</i> (feijão guandu)
<i>Chlorostes notatus</i>	1	1 Pl, <i>Cajanus cajan</i> (feijão guandu)
<i>Chrysomitris mozambicus</i>	1	1 Pl, <i>Jinga</i> sp.
<i>Dicoccyca longicauda</i>	1	
<i>Eupetomena macroura macroura</i> (= <i>Campylopterus macrourus</i> )	1	1 Psp1, <i>Citrus</i> sp. (laranja), <i>Faziflora</i> sp.
<i>Helictes cornuta</i>	1	
<i>Helimastor squamosus</i>	1	
<i>Heliothyx aurita</i>	1	1
<i>Hylochanus sapphirina</i>	1	
<i>Hylochanus cyanus</i>	1	1 Sn
<i>Lophortyx magnifica</i>	1	1 <i>Cajanus cajan</i> (feijão guandu), Asteraceae
<i>Melanotrochilus flaccus</i> (= <i>Florisuga flaccus</i> )	1	1 Vps, <i>Musa paradisiaca</i> , <i>Persea gratissima</i> (abacate)
<i>Polymis guabumbi</i>	1	?
<i>Thalurania watersonii</i>	1	1 Soap1, Sp1, Sc, Af, As, Asp1, Asp2, Ac, Bm, Ca, Gi, Pl, Ps, Tb, Tg, Tl, Vt, Vp
<b>Phaethonitinae</b>		
<i>Glaucis hirsuta</i>	1	1 Hsp, Hpe, Ag, As, Bm, Bk, Gi, Pl, Ps,
<i>Phaethonias pretrei</i>	1	1 Ca, Ps
<i>Phaethonias ruber</i>	1	1 Mq, Ln, Hsp, Ds, Sn, Af, As, Asp1, Asp2, Ac, Bm, Bk, Ca, Gi, Pl, Ps, Tg, Ts, Tt
<i>Phaethonias malanus margaritatus</i>	1	1 As, <i>Musa paradisiaca</i>
Somatório	23	15

FAN - Ocorre na Floresta Atlântica Nordesteira, RPPN - Ocorre na RPPN Frei Caneca. Beija-flores identificados e confirmados por S. J. Jones, S. A. Roda e K.-L. Schuchmann. Para consultar os nomes por extenso dos códigos das espécies de plantas ver Tabela 2.

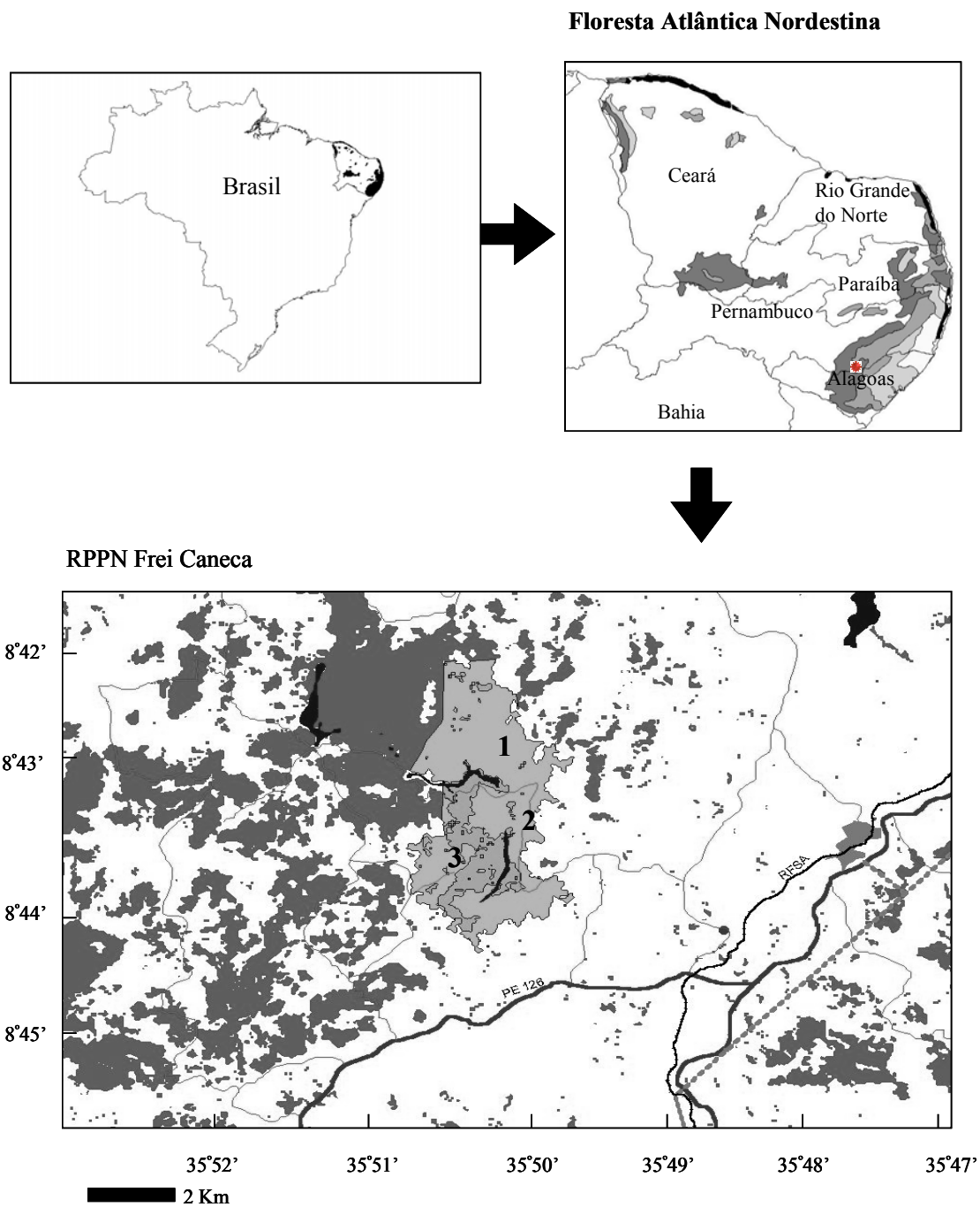


Figura 1 – Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Frei Caneca (\*) situada no município de Jaqueira, zona da mata sul de Pernambuco. Áreas de estudo: 1) Mata da Serra do Quengo, 2) Mata do Jasmim, 3) Pedra do Cruzeiro. Base cartográfica: Carta imagem de radar de Palmares, PE/AL (folha SC.25-V-A-VI). 1985. Imagem de satélite Landsat TM, bandas 1, 2 e 3 (1995-96). Escala 1:60.000.

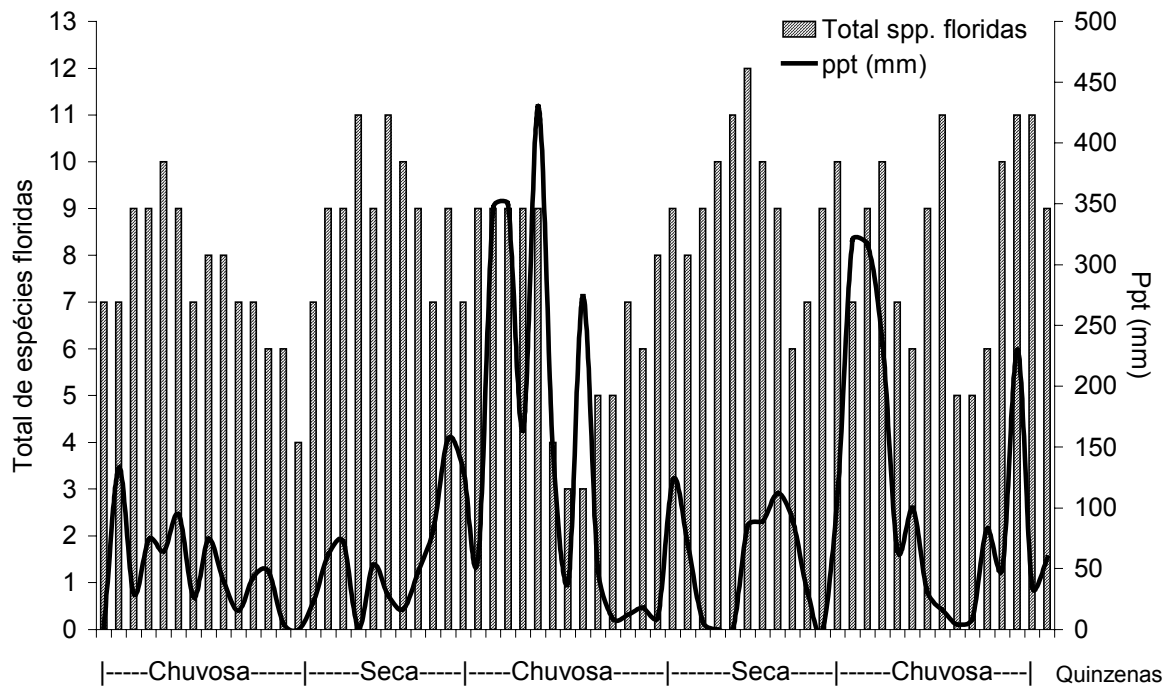
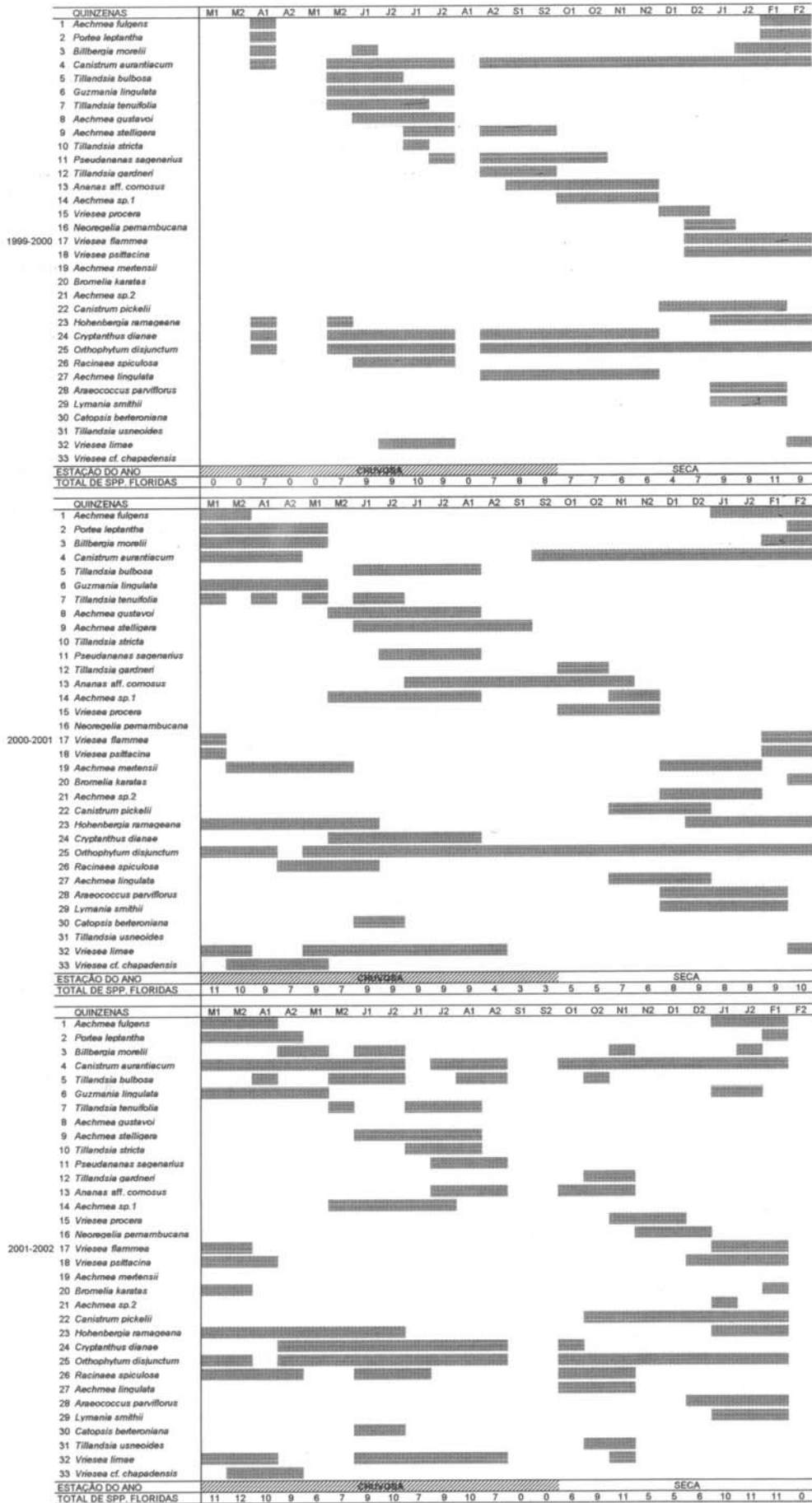


Figura 2 – Dinâmica da fenologia da floração de 33 espécies de Bromeliaceae versus precipitação (ppt mm) na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco, entre abril de 1999 e março de 2002.



Figura 3 – Diagrama da fenologia de floração da comunidade de Bromeliaceae entre abril de 1999 e março de 2002 na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.



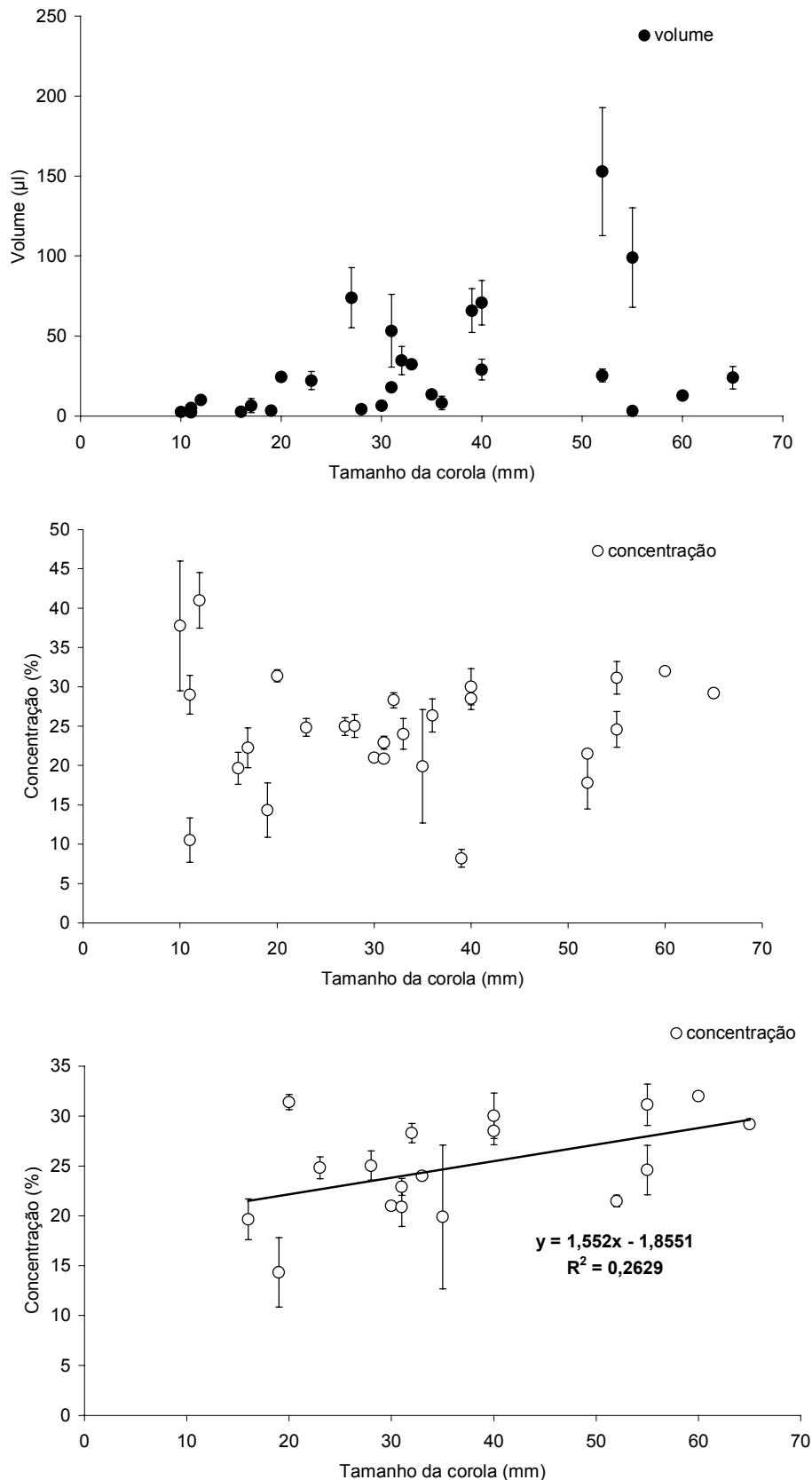


Figura 4 - Variações dos volumes e concentrações médias de néctar em função do tamanho da corola. a) Correlação positiva entre o tamanho da corola e o volume médio de néctar ( $r_s = 0,5818$ ;  $p = 0,0012$ ;  $n = 28$  spp.). b) Correlação entre o tamanho da corola e a concentração média de néctar ( $p > 0,05$ ;  $n = 28$  spp.). c) Correlação positiva entre tamanho da corola e concentração média de néctar ( $F = 5,7076$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 0,0281$ ,  $n = 18$  spp.) das espécies ornitófilas de Bromeliaceae na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

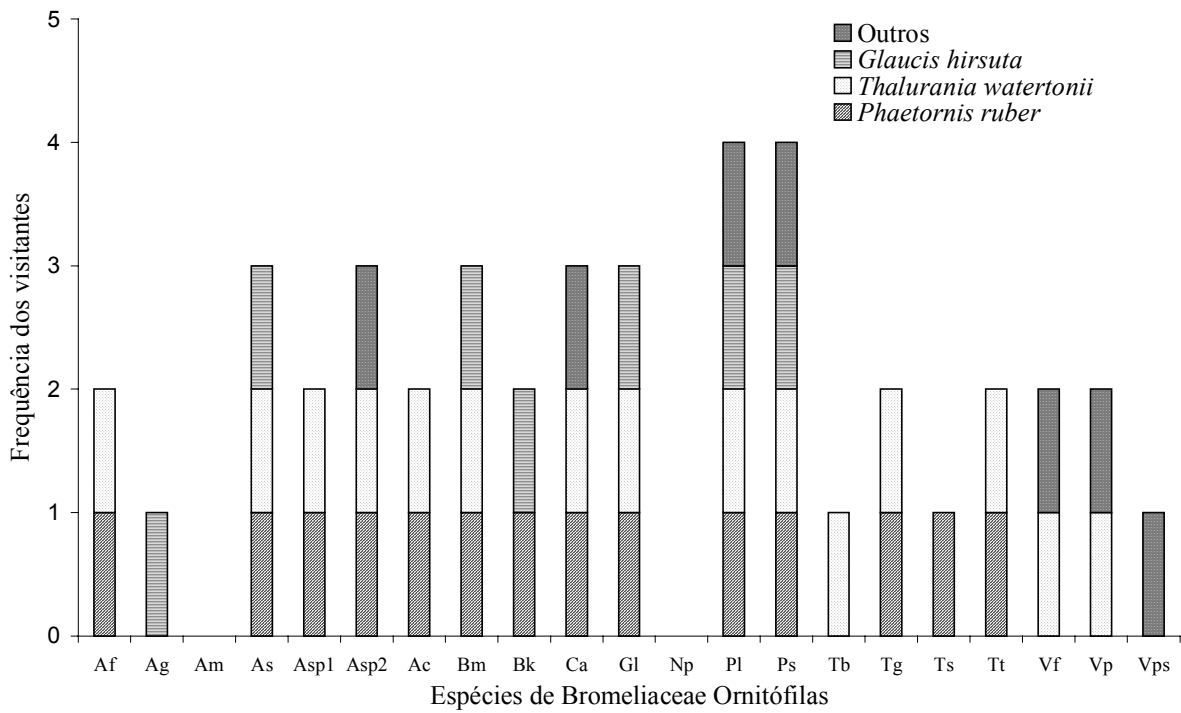
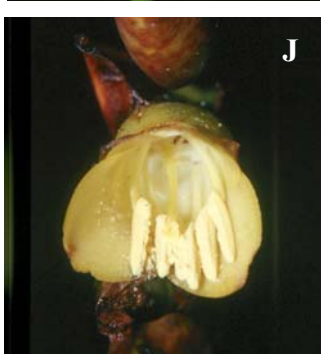
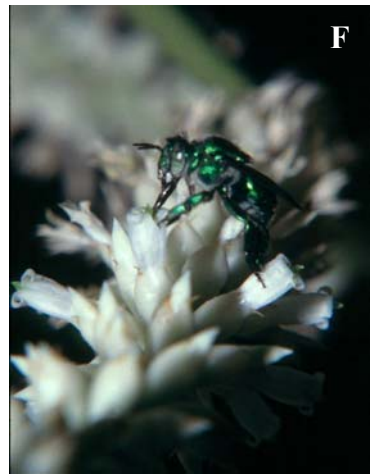
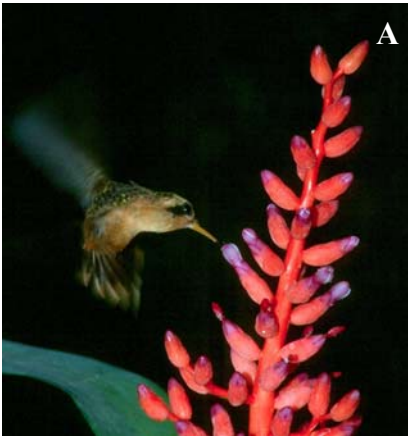


Figura 5 – Beija-flores visitantes das espécies observadas de Bromeliaceae ornitófilas da RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco. Consultar a tabela 2 para visualizar os nomes das espécies de plantas por extenso.

Figura 6 – Conjunto de espécies representando as guildas de polinização encontradas na comunidade de Bromeliaceae ocorrente na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco. A) *Aechmea gustavoi*, B) *Neoregelia pernambucana*, C) *Vriesea flammea*. Espécies melitófilas: D) *Aechmea lingulata*, E) *Orthophytum disjunctum*. Espécies quiropterófilas: F) e G) *Vriesea* cf. *chapadensis*, H) *Vriesea limae*.



Figura 7 – Guilda de polinizadores da comunidade de Bromeliaceae da RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco. Espécies ornitófilas: A) *Phaethornis ruber* em *Aechmea fulgens*, B) *Glaucis hirsuta* em *Guzmania lingulata*, C) *Amazilia leucogaster* em *Aechmea* sp2., D) *Thalurania watertonii* ♂ em *Pseudananas sagenarius*. Espécies melitófilas: E) *Eulaema nigrata* ♂ em *Cryptanthus diana*, F) *Euglossa cordata* em *Aechmea lingulata*, G) *Thygather annalis* em *Hohenbergia ramageana*, H) *Trigona* sp. nov. em *Lymania smithii*. Espécies quiropterófilas: I) *Vriesea limae*. Notar disposição radial das anteras, J) *Vriesea* cf. *chapadensis*. Notar o deslocamento das anteras para a porção inferior da corola, K) *Canistrum pickelii*, uma espécie esfingófila.





## CAPÍTULO II

### **RARIDADE, PRESSÃO ANTRÓPICA E CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES DE BROMELIACEAE NA FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA**

JOSÉ A. SIQUEIRA FILHO & MARCELO TABARELLI\*

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, s.n., Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brasil. e-mail [siqueira@ufpe.br](mailto:siqueira@ufpe.br), [mtrelli@ufpe.br](mailto:mtrelli@ufpe.br)

\*Autor para correspondência

Título curto: Raridade em espécies de bromélias

Manuscrito a ser submetido para o periódico CONSERVATION BIOLOGY

# RARIDADE, PRESSÃO ANTRÓPICA E CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES DE BROMELIACEAE NA FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA

**JOSÉ A. SIQUEIRA FILHO & MARCELO TABARELLI**

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, s.n., Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brasil.

**Resumo:** Neste estudo, foram analisados a distribuição de hábitat, número e tamanho das populações, baseado em 331 registros históricos de herbário de 72 espécies de bromélias ocorrentes na Floresta Atlântica Nordestina (FAN) para identificar os níveis atuais de raridade entre as espécies e suas relações com grupos ecológicos e pressão antrópica. Mais especificamente, as espécies foram agrupadas em uma matriz hierárquica com oito categorias de raridade. Para isto, foram utilizados três recursos de informação: (1) A análise de 657 exsicatas depositadas em nove herbários regionais, (2) Literatura disponível, através de inventários florísticos e monografias da família, (3) Dados coletados no campo em 239 localidades na FAN. Quarenta e quatro por cento das espécies foram classificadas na Categoria VIII, enquanto 12,5% das espécies foram consideradas dentro da Categoria I. Além disso, a proporção de espécies epífitas dentro da Categoria VIII (65,4%) foi significativamente mais alta do que a proporção de espécies terrestres ou facultativas dentro desta categoria de raridade. Foram considerados extintos localmente na natureza 12,3% dos registros históricos de herbário. As extinções de populações locais incluem 29 casos (8,7% dos registros) nos quais os fragmentos desapareceram completamente. As extinções locais foram significativamente mais freqüentes entre aquelas populações registradas na década de 20 e 70 (79,4%), embora populações registradas ainda na década de 90 também já foram extintas na natureza. Os dados obtidos aqui reforçam as seguintes idéias: (1) A análise de raridade (padrão *versus* grupos ecológicos) é uma poderosa ferramenta para identificar subgrupos de espécies mais vulneráveis a extinção, (2) Extinções locais e regionais provocada pela fragmentação florestal são processos em curso na Floresta Atlântica e (3) Várias espécies parecem comprometidas com a extinção global nesta floresta em virtude do pequeno tamanho e da viabilidade das populações a longo prazo.

*Palavras-chave:* Bromeliaceae, Floresta Atlântica, raridade, fragmentação, extinção local, perda de espécies.

**Abstract:** In this paper we analyse habitat distribution, number and size of populations, and checked in the field 331 historical records from 72 bromeliad species within the Brazilian Atlantic forest of northeast Brazil (AFNB) in order to identify the current levels of rarity among these species and their relationships with particular plant ecological groups and with human disturbance. More specifically, species were assigned to a matrix of eight levels of increasing rarity (from I to VIII). To assign the bromeliad species into these eight categories of rarity, we used three sources of information: (1) Analysis of 657 plant records and their specimens stored in nine regional herbaria, (2) Plant monographs and checklists, and (3) Data obtained from bromeliad during field trips to 239 localities in AFNB. Forty four percent of bromeliad species were classified in the Category VIII, whereas 12.5% of species were placed into Category I. Moreover, the proportion of epiphyte species within the Category VIII (65.4%) was significantly higher than the proportion of terrestrial and facultative species within this category of rarity. A percentage of 12.3% of historical plant records populations were considered locally extinct in the nature. These local population extinctions included 29 situations (8.7% of plant records), in which forest fragments disappeared as well. Time distribution of both the historical plant records and the records of local population extinction showed that extinction was significantly more frequent among those populations recorded between decades 20 and 70 - 79.4% of local extinction, but even populations recorded in the early 1990's are now extinct in the nature. Our data reinforce the following issues: (1) Rarity analysis (patterns vs. ecological groups) is a powerful tool to identify subsets of species prone to extinction, (2) Local (i.e. forest fragment) and regional species extinction are current processes in the Brazilian Atlantic forest, and (3) Several species appear to be committed to global extinction in this forest since the populations are too small to be viable in the long run.

*Key-words:* Bromeliaceae, Atlantic forest, rarity, forest fragmentation, local extinction, species loss.

## **Introdução**

Três questões continuam a desafiar a quem trabalha com biologia da conservação e manejo de recursos naturais: Quantas espécies existem? Quais são? e que processos conduzem ao desaparecimento destas espécies em função da pressão antrópica, especialmente perda de hábitat e fragmentação (Turner 1996; Whitmore 1997; Brooks et al. 1999) ? Respostas a essas questões são essenciais para o manejo de paisagens ou ainda para evitar o empobrecimento de biotas em larga escala (Margules & Pressey 2000; Bierregaard Jr. et al. 2001). No caso específico das florestas neotropicais, grupos de espécies ameaçadas têm sido identificadas baseados nos atributos ecológicos tais como distribuição geográfica (Andersen et al. 1997), abundância (Laurance et al.

1997), valor comercial (Martini et al. 1997), dependência de dispersores vertebrados (Silva e Tabarelli 2001) e suscetibilidade ao efeito de borda (Laurance 2001).

Uma das possibilidades para responder essas três questões é identificar padrões de raridade geográfica (sensu Rabinowitz et al. 1986) e suas relações com determinados grupos ecológicos de espécies, em virtude de a raridade estar correlacionada com os níveis de vulnerabilidade à extinção (ver Soulé 1986).

Bromeliaceae é uma das famílias mais ricas da região neotropical e compreende 2930 espécies agrupadas em 56 gêneros (Luther 2002). As espécies de Bromeliaceae incluem plantas xerófitas de hábito terrestre, espécies facultativas, bem como epífitas obrigatórias, as quais se distribuem por uma ampla variedade de ecossistemas, tais como: Andes, Campos de Altitude e Florestas Montanas. Entretanto, é nas florestas neotropicais que Bromeliaceae alcança sua maior riqueza de espécies em qualquer escala espacial (veja Gentry & Dodson 1987; Benzing 2000a). Altos níveis de riqueza nestas florestas são, particularmente, associados com a presença de bromélias-tanque epífitas as quais se desenvolvem sobre galhos e ramos e especialmente no dossel e estrato emergente, ressaltando que as bromélias são elementos muito conspicuos de várias florestas neotropicais (Leme & Marigo 1993; Benzing 2000a).

No caso específico da Floresta Atlântica, a estação Biológica de Santa Lúcia no Espírito Santo abriga 48 espécies de Bromeliaceae restritas a uma pequena área de 440 ha (Varassin & Sazima 2000). De fato, a Floresta Atlântica é um importante centro de evolução da família, visto que protege pelo menos 789 taxa dos quais 80% são endêmicos (Martinelli 1994). Notável riqueza de espécies é encontrada nas florestas montanas e nebulosas que compreendem gradientes altitudinais no sudeste do Brasil (ver Lima & Guedes-Bruni 1997; Klein 1990). Entretanto, um razoável número de espécies tem agora sido reportado em florestas de terras baixas cobrindo a Floresta Atlântica Nordestina (Leme & Marigo 1993). Até 1980, não mais do que 42 espécies de bromélias eram referidas para este setor da Floresta Atlântica (Andrade-Lima 1966). Na última década, foram adicionados 32 novos registros (Siqueira Filho 2002), das quais seis novas espécies foram recentemente descritas (Siqueira Filho & Leme 2000, 2002; Leme & Siqueira Filho 2001).

Infelizmente, restam menos de 6% da Floresta Atlântica Nordestina (Conservation International do Brasil et al. 1994), conseqüência da conversão de florestas em áreas para o plantio da cana-de-açúcar e pasto para o gado (Coimbra-Filho & Câmara 1996). Adicionalmente, com a perda de hábitat, os remanescentes atuais são de tamanho muito reduzido (Ranta et al. 1998; Tabarelli et al. 2002).

A perda de hábitat e a fragmentação podem afetar negativamente a distribuição e a abundância de bromélias em florestas neotropicais por quatro motivos básicos: (1) Várias espécies possuem distribuição geográfica limitada (Smith & Downs 1974, 1977, 1979), (2) A fragmentação

florestal provoca extinção local e regional de árvores emergentes (Laurance et al. 2000), as quais constituem um hábitat chave para várias espécies de bromélias heliófilas (Benzing 2000c; Dimmit 2000), (3) A fragmentação florestal leva ao ressecamento de habitats e invasão de plantas ruderais, tornando os fragmentos mais suscetíveis a incêndios (Gascon et al. 2000), (4) A fragmentação florestal geralmente facilita a coleta de plantas por extrativistas (Clark & Clark 1995; Tabarelli et al. 2002).

Assim, é razoável esperar que muitas espécies de bromélias sejam, atualmente, raras (sensu Rabinowitz et al. 1986) na Floresta Atlântica Nordestina. Neste estudo foram analisados a distribuição de hábitat (tipos vegetacionais), número e tamanho de populações, além da consulta de 331 registros históricos, através de exsicatas de herbários de 72 espécies de bromélias da Floresta Atlântica Nordestina com o objetivo de responder as seguintes questões: (1) Quais são os níveis atuais de raridade entre as espécies de bromélias? (2) Há alguma relação entre os padrões de raridade e grupos taxonômicos e ecológicos? (3) Em que níveis a pressão antrópica explica os atuais padrões de raridade? (4) As ameaças humanas são restritas ao tempo pretérito ou ainda representam uma ameaça às espécies de bromélias?

## **Material e Métodos**

### ***Local de Estudo***

A Floresta Atlântica Nordestina (a partir de então chamada de FAN) compreende uma faixa de 80 km de florestas que já cobriu 56.400 km<sup>2</sup> de área ao norte do Rio São Francisco, equivalente a 4,3% da área original da Floresta Atlântica brasileira (IBGE 1985). Na FAN ocorrem cinco tipos vegetacionais (florestais) em função de um gradiente de precipitação anual (1100-2400 mm) da costa Atlântica ao interior do continente (Fig. 1, Veloso et al. 1991). Apesar de uma área relativamente pequena, a FAN é um dos mais importantes Centros de Endemismos da América do Sul. A peculiaridade biológica desta área tem sido reconhecida por estudos biogeográficos envolvendo plantas (Prance 1987), aves (Haffer 1987) e borboletas (Brown Jr. & Freitas 2000).

Os remanescentes atuais são restritos a cerca de 3000 km<sup>2</sup> de florestas até 1990 (Conservation International do Brasil et al. 1994) com os maiores blocos florestais (1000 – 3500 ha) pertencentes a áreas privadas (Silva & Tabarelli 2000). Até o momento, são reconhecidas na FAN 86 espécies de bromélias e 21 gêneros, incluindo 41 (47,7%) espécies endêmicas deste setor florestal (Apêndice 1), das quais 14 ficaram fora da análise de raridade pela ausência de informações sobre o tamanho de suas populações naturais.

## ***Raridade***

Foram estudadas 72 espécies de bromélias da FAN em categorias de raridade (sensu Rabinowitz et al. 1986) considerando a distribuição entre hábitat, número e tamanho das populações na FAN. A distribuição entre hábitat foi categorizada como (1) ampla – espécies registradas em pelo menos três dos cinco tipos vegetacionais e (2) restrita – espécies restrita a um ou dois tipos vegetacionais. Quanto ao número de populações as espécies foram categorizadas como (1) alta – espécies registradas em mais de 20 localidades, e (2) baixa – espécies registradas em menos de 20 localidades. Tamanho das populações: (1) pequena – populações com menos de 50 indivíduos e (2) grandes – população com mais de 50 indivíduos. Deste modo, as populações foram consideradas como um grupo de indivíduos registrados em algum remanescente florestal.

A combinação desses três fatores, distribuição entre hábitat, número e tamanho das populações resultou em uma matriz com oito níveis crescentes de raridade (Rabinowitz et al. 1986) a seguir: Ampla distribuição de hábitat, alto número de populações e grandes populações (I) ou (II) pequenas populações; ampla distribuição de hábitats, baixo número de populações e grandes populações (III) ou pequenas populações (IV); distribuição de hábitat restrita, alto número de populações a grandes populações (V) ou pequenas populações (VI), distribuição de hábitat restrita, baixo número de populações e grandes populações (VII) ou pequenas populações (VIII).

Para categorizar as espécies de bromélias dentro dessas oito categorias de raridade, foram utilizados três recursos de informações: (1) a análise de 657 registros de herbário através das exsiccatas depositadas em nove herbários regionais: IPA, PEUFR, UFP e US (ver Holmgren et al. 1990), ALCB, EAN, HST, MAC e MUFAL (Barbosa & Barbosa 1996); (2) Monografias de plantas e inventários florísticos (Smith & Downs 1974, 1977, 1979; Siqueira Filho 2002) e (3) Dados obtidos de levantamentos de bromélias no campo em 239 localidades na FAN. Os levantamentos de Bromeliaceae no campo têm sido conduzidos desde 1996, resultando em 288 registros de herbário e descrições de seis novas espécies de Bromeliaceae (ver Siqueira Filho & Leme 2000, 2002 Leme & Siqueira Filho 2001). Os espécimens testemunho estão depositados no Herbário da Universidade Federal de Pernambuco - Geraldo Mariz (UFP) e Herbário Bradeanum (HB) no Rio de Janeiro; e parte depositada no Herbário de Viena (WU), Áustria.

## ***Raridade “versus” Grupos ecológicos***

Para investigar as relações entre os níveis de raridade e grupos ecológicos, as 72 espécies de Bromeliaceae foram classificadas dentro de categorias de forma de vida, hábitat, tipos de polinização e dispersão de sementes (Apêndice 2). A classificação das espécies foi baseada em: (1) Bom conhecimento sobre a história natural das espécies e (2) Informações sobre as espécies registradas nos herbários. Quanto à forma de vida: (1) epífitas obrigatórias, (2) terrestres e (3)

epífitas facultativas. Hábitat: (1) espécies de sub-bosque, (2) dossel e estrato emergente e (3) indiferentes. Tipo de polinizadores: (1) polinização por vertebrados e (2) polinização por invertebrados (Tabela 2). Posteriormente, as espécies foram categorizadas (1) espécies entomófilas, (2) espécies ornitófilas (3) espécies quiropterófilas (Apêndice 2), de acordo com as síndromes florais descritas em Faegri & Pijl (1979). Tipo de dispersão de sementes: (1) plantas com frutos do tipo baga associada com a dispersão por agentes vertebrados (espécies endozoocóricas sensu van Roosmalen 1985) ou invertebrados (Benzing & Stiles 1998) e (2) espécies com dispersão abiótica, as quais apresentam sementes aladas ou plumosas. Através deste procedimento foi calculada a proporção de espécies dentro de cada grupo ecológico e a proporção de cada grupo ecológico dentro das categorias de raridade.

### ***Raridade “versus” Pressão antrópica***

Para inferir sobre os padrões de raridade atuais das espécies de bromélias, foram selecionados 331 registros históricos entre 1920 e 1996 de 66 espécies encontradas nas coleções de herbário. Para cada registro de herbário, foi identificada a localidade onde as espécies haviam sido coletadas na tentativa de recoletá-las através de 132 excursões de campo entre os anos de 1996 e 2002. Através deste procedimento, foram identificadas: (1) As espécies de Bromeliaceae que tiveram populações locais extintas na natureza e (2) Quantas populações foram localmente ou regionalmente extintas desde 1920 (ano do primeiro registro de bromélia em herbário) e (3) O que aconteceu com esses habitats (fragmentos florestais). Também foi comparada a distribuição dos registros históricos através do tempo (décadas) no qual as populações foram consideradas extintas na natureza entre 1920 e 1996 para analisar se as ameaças humanas são contemporâneas.

### ***Análise estatística***

Diferenças nas proporções de: (1) espécies dentro das categorias de raridade, (2) espécies dentro dos grupos ecológicos e taxonômicos “versus” categorias de raridade e (3) registro de plantas entre as décadas foram analisadas através do teste G (Sokal & Rohlf 1995), sendo as análises executadas através do programa Bioestat® (Ayres et al. 1998).

### **Resultados**

Das 72 espécies de Bromeliaceae analisadas neste estudo 44,4% foram classificadas na categoria VIII de raridade (Tabela 1), enquanto apenas 12,5% das espécies foram classificadas na categoria I (Fig. 2). As categorias V, VI, VII e VIII correspondem aos mais altos níveis de raridade, totalizando 65,2% das espécies, embora apenas uma espécie foi incluída nas categorias V e VI.

Além disso, a distribuição de espécies de bromélias entre das categorias de raridade não é um processo explicado pelo acaso ( $G = 34,45$ ,  $gl = 7$ ,  $p < 0,0018$ ).

Com relação às 32 espécies mais raras (categoria VIII), os gêneros *Vriesea* (8 spp.), *Tillandsia* (5 spp.) e *Aechmea* (6 spp.), contribuíram com 59,3% das espécies desta categoria. Isto representa 61,5%, 33,3% e 33,3% de todas as espécies registradas para a FAN, bem como 72,7%, 35,7% e 42,8% das espécies que foram incluídas na análise de raridade desses gêneros. Entretanto, as proporções das espécies de *Vriesea*, *Tillandsia* e *Aechmea* no conjunto de 86 espécies de Bromeliaceae registradas para a FAN e no conjunto das 72 espécies de Bromeliaceae incluídas na análise de raridade não diferem nas proporções dentro do grupo de espécies mais raras (categoria VIII).

Os grupos ecológicos da maioria das espécies foram classificados nas categorias VII e VIII, ou seja, 69,2% das espécies são epífitas, 53% das espécies ocorrem no dossel e estrato emergente, 67,3% são polinizadas por vertebrados e 71,8% das espécies possuem dispersão abiótica (Tabela 2). Análises comparativas dos grupos ecológicos revelaram que a proporção de espécies epífitas na categoria VIII (65,4%) foi significativamente superior a proporção de espécies terrestres ou epífitas facultativas nesta categoria de raridade ( $G = 6,08$ ,  $gl = 2$ ,  $p = 0,05$ ), ou seja, houve duas vezes mais espécies epífitas com alto nível de raridade quando comparado com outras formas de vida. Diferenças significativas não foram encontradas em outros grupos ecológicos.

Foram observados 41 (12,3%) eventos de extinção de populações locais a partir dos registros históricos de herbário. Tais eventos envolvem 20 (27,7%) espécies que tiveram suas populações localmente extintas incluindo as únicas populações de *Vriesea rectifolia* e *Tillandsia* sp conhecidas na FAN (extinção regional). Além disso, *Guzmania monostachia*, *Hohenbergia ridleyi* e *Tillandsia kegeliana* perderam cerca de 25% de suas populações conhecidas. Das 20 espécies, nove (45%) são epífitas representando 32,5% dos registros de extinção local. Entretanto, a proporção de epífitas não foi significativamente diferente da proporção de espécies de hábito terrestre e epífita facultativa. Foram registrados 29 casos de extinções de populações locais (8,7% dos registros de herbário) nos quais os fragmentos florestais desapareceram (Fig. 3).

A distribuição dos registros históricos através das décadas e as extinções locais revelaram que a extinção foi mais freqüente entre as plantas registradas entre as décadas de 20 e 70, quer dizer  $\frac{3}{4}$  ou 79,4% das extinções locais ( $G = 8,28$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 0,0029$ ). Além disso, plantas registradas nos herbários no início da década de 90 também tiveram suas populações extintas localmente na natureza (Fig. 4).



## Discussão

Nossos resultados sugerem que considerável proporção de espécies de Bromeliaceae são atualmente raras na FAN. Mais especificamente, 44,4% das espécies combinam alto nível de raridade com alta frequência de espécies epífitas (65,4%). Além disso, 32 espécies têm menos de 20 populações conhecidas na FAN (incluindo 13 endêmicas deste setor florestal). De fato, 54 (75%) espécies agrupadas dentro das oito categorias de raridade tiveram menos de 10 populações conhecidas. Além disso, foram encontradas evidências de que a perda de hábitat desempenha um importante papel nos padrões atuais de raridade e isto é um processo em curso na FAN desde que as populações levantadas no início da década de 90 ainda continuam desaparecendo porque os fragmentos foram completamente convertidos em áreas para o cultivo de cana-de-açúcar. Embora os mecanismos de monitoramento ambiental no Brasil tenham se aprimorado nas últimas décadas (Lima & Capobianco 1997), estudos recentes revelam que a FAN perdeu 10% de cobertura florestal desde 1989. Neste período, vários fragmentos de tamanho médio (100-500 ha) desapareceram e 11,4% dos fragmentos diminuíram de tamanho (M. Tabarelli, dados não publicados).

Além da perda de hábitat, pode-se especular sobre outros dois processos adicionais que poderiam reduzir ainda mais o número e o tamanho das populações de Bromeliaceae na FAN. O primeiro processo é a fragmentação florestal. Vários estudos conduzidos por W.F. Laurance e colaboradores (Laurance et al. 1998, 2000) têm demonstrado que o dossel e o estrato emergente são especialmente suscetíveis ao efeito de borda causado pela fragmentação da Floresta Amazônica. Mudanças micro-climáticas, maior incidência de ventos e aumento na abundância de lianas e espécies ruderais reduzem a riqueza e abundância de árvores do dossel e do estrato emergente nas bordas de mata (0-100 m) de fragmentos com 1 a 100 ha. Como consequência desses processos, Laurance (2001) sugere que as populações desses fragmentos tendem a suportar apenas subgrupos de árvores da biota original.

A FAN está atualmente reduzida a arquipélagos de fragmentos florestais inseridos em uma matriz de cana-de-açúcar (Ranta et al. 1998; Silva & Tabarelli 2000). A maioria dos fragmentos tem menos de 50 ha e menos de 10 fragmentos são maiores que 1000 ha. (Conservation International do Brazil et al. 1994). Baseado neste padrão de fragmentação florestal, Ranta et al. (1998) estimaram que apenas 6% das áreas dos remanescentes florestais possuem área núcleo considerando que o efeito de borda alcança 300 m em direção ao núcleo da floresta. Esta idéia é parcialmente suportada por Oliveira (2003) ao observar que em grandes fragmentos florestais a borda de mata (0-100 m) não suporta árvores emergentes e que a riqueza de árvores na borda é a metade se comparada com o interior da floresta (> 200 m da borda).

Deste modo, é razoável supor que a fragmentação florestal afeta a relação entre epífitas obrigatórias associadas com árvores do dossel e estrato emergente e conduz a um declínio de suas

abundâncias na FAN. É interessante notar que plantas epífitas e heliófilas como *Vriesea flammea*, *V. oleosa* e *V. chapadensis*, as quais são exclusivas das copas das árvores (30-35 m de altura) têm entre uma e três populações conhecidas na FAN (dados provenientes deste estudo).

O segundo processo pode ser exemplificado a partir de materiais históricos de espécies ornamentais depositados nos herbários. Pode-se destacar os casos de *Neoregelia pernambucana*, *Vriesea psittacina* e *Guzmania lingulata*, as quais foram intensivamente coletadas e praticamente desapareceram dos fragmentos próximos de assentamentos rurais (Siqueira Filho & Leme 2000; Siqueira Filho 2002). Extinções locais de bromélias ornamentais provocadas por extrativismo seletivo também ocorreu em áreas protegidas à exemplo de *Billbergia morelii* (UFP n° 3763) e *Cryptanthus zonatus* (IPA n° 7444), as quais foram registradas pela última vez no Parque Estadual de Dois Irmãos (369,4 ha) pelos botânicos D. A. Lima em 1954 e G. Mariz em 1972 respectivamente. Outro caso semelhante ocorreu com *Canistrum pickelii* (IPA n°13347 e US ns°2572836, 2572837) cujo material tipo proveniente da Estação Ecológica do Tapacurá foi coletado pela última vez em 1963 antes da espécie tornar-se localmente extinta. Siqueira Filho & Leme (2000) baseados em informações sobre a distribuição geográfica de espécies de bromélias e na estrutura física da florestal atual, sugerem que a FAN poderia ter abrigado várias espécies de sub-bosque do gênero *Nidularium*, *Canistropsis* e *Canistrum* e que pode ter havido um processo de extinção em massa no passado, sobretudo pelo corte raso da floresta.

Os padrões de raridade de espécies de Bromeliaceae e suas causas atuais discutidas aqui são, provavelmente, uma tendência em outras regiões de florestas neotropicais. Em outras regiões da Floresta Atlântica a perda de hábitat pode se constituir na principal ameaça de extinção, visto que várias espécies são endêmicas de áreas restritas e associadas com hábitats singulares. Por exemplo, *Aechmea kertesziae*, *Vriesea triangularis* e *Billbergia brasiliensis* são endêmicas da Floresta Atlântica de Santa Catarina (Klein 1990). Atualmente, estas três espécies são oficialmente ameaçadas de extinção global por causa da drástica redução do hábitat natural nas últimas décadas.

Até 1997, 24% de todas as espécies de bromélias foram consideradas ameaçadas de extinção global na Lista vermelha da IUCN (Walter & Gillett 1998), e entre 8-12 espécies estão propensas a desaparecer nos próximos anos devido à perda de hábitat (Dimmit 2000). Embora esses números sejam alarmantes estes são subestimados. Todas as seis novas espécies endêmicas recentemente descritas na FAN têm apenas uma ou duas populações conhecidas (< 20 indivíduos), mas não estão oficialmente ameaçadas.

Por que as bromélias deveriam ser resgatadas do iminente desaparecimento local, regional ou global? Além do intrínseco valor das bromélias em termos de herança biológica, um motivo adicional seria manter viável um alto número de interações planta-animal. É particularmente evidente o caso das bromélias-tanque, as quais representam um hábitat essencial para uma miríade

de vertebrados e invertebrados como formigas, anfíbios, aves, roedores e primatas do dossel de florestas neotropicais.

Por exemplo, o mico leão da cara dourada (*Leontopithecus rosalia*) forrageia intensivamente nas bromélias-tanque situadas no dossel da floresta (Benzing 2000b), bem como, 43,6% das espécies de beija-flores que ocorrem no Brasil visitam flores de bromélias (J.A.Siqueira Filho dados não publicados). Deste modo, se o declínio de espécies de bromélias é, em parte devido aos efeitos em cascata da fragmentação florestal, é razoável especular que o desaparecimento das bromélias pode afetar negativamente as espécies associadas ao dossel, ampliando o colapso da biota predito para os fragmentos de florestas neotropicais (ver Bierregaard Jr. et al. 2001).

Atualmente, a Floresta Atlântica é um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo em virtude da expressiva e singular biodiversidade (Myers et al. 2000). Os dados apresentados reforçam as seguintes idéias: (1) A análise de raridade (padrão “*versus*” grupos ecológicos) é uma poderosa ferramenta para identificar subgrupos de espécies mais vulneráveis a extinção, (2) As extinções locais e regionais provocadas pela fragmentação florestal são processos em curso na Floresta Atlântica (Tabarelli et al. 2002) e (3) Várias espécies de bromélias parecem propensas à extinção global nesta floresta em virtude do pequeno tamanho e viabilidade das populações à longo prazo (Brooks & Balmford 1996).

Futuros estudos devem investigar mais apropriadamente as relações entre perda de hábitat, fragmentação e raridade entre bromélias epífitas porque isto pode suportar importantes predições sobre o destino de outros grupos de espécies em florestas neotropicais.

## **Agradecimentos**

I.C. Machado, G.S. Baracho, H.S. Monteiro e J.A.Vicente Filho e coletores anônimos nas expedições de campo. E.M.C. Leme (Herbário Bradeanum) e G. Brown (Universidade de Wyoming, EUA) pelas valiosas sugestões ao manuscrito. CNPq, CAPES e Conservation International do Brasil pelo financiamento deste estudo.

## **Referências**

- Andrade-Lima, D. 1966. Bromeliaceae de Pernambuco. Boletim Técnico do IPA **8**: 11-19.
- Ayres, M., Ayres Jr., M., Ayres, D.L. e Santos, A. S. 1998. Bioestat: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Manaus: Sociedade Civil Mamirauá, MCT- CNPq.
- Barbosa, M.C.A., e M.R.V. Barbosa. 1996. Herbários. Páginas 145-150 in E. V. S. B. Sampaio, S. J. Mayo, and M.R.V. Barbosa, editores. Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas. Sociedade Botânica do Brasil, Recife.

- Benzing, D.H. 2000a. Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Benzing, D.H. 2000b. Relationships with fauna. Pages 405-469, in D.H. Benzing, editor. Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Benzing, D.H. 2000c. Ecology. Pages 329-404, in D.H. Benzing, editor. Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Benzing, D.H. and K. Stiles. 1998. Seed dispersal by fleshy-fruited bromeliads: misconceptions and directions for deeper inquiry about mechanisms. *Bromelia* **5**: 23-35.
- Bierregaard Jr., R.O., W.F. Laurance, C. Gascon, J. Benitez-Malvido, P.M. Fearnside, C.R. Fonseca, G. Ganade, J.R. Malcolm, M.B. Martins, S. Mori, M. Oliveira, J. Rankin-de Mérona, A. Scariot, W. Spironello, and B. Williamson. 2001. Principles of forest fragmentation and conservation in the Amazon. Pages 371-385 in Bierregaard Jr., R.O., C. Gascon, T.E. Lovejoy, and R.C.G. Mesquita, editors. *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. Yale University Press, New Haven.
- Brooks, T., and A. Balmford. 1996. Atlantic forest extinctions. *Nature* **380**:115.
- Brooks, T., S.L. Pimm, and J.O. Oyugi. 1999. Time lag between deforestation and bird extinction in tropical forest fragments. *Conservation Biology* **13**:1140-1150.
- Brown Jr., K., and A.V.L. Freitas. 2000. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica* **32**: 934-956.
- Clark, D.A., B.B. Clark, M.R. Sandoval, and C.M.V. Castro. 1995. Edaphic and human effects on landscape-scale distributions of tropical rain forest palms. *Ecology* **76**: 2581-2595.
- Coimbra-Filho, A.F., e I.G. Câmara. 1996. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil. Fundação Brasileira de Conservação da Natureza, Rio de Janeiro.
- Conservation International do Brasil, Fundação Biodiversitas, and Sociedade Nordestina de Ecologia. 1994. Workshop “Áreas prioritárias para a conservação da Mata Atlântica do Nordeste”, Pernambuco 1993. Mapa de remanescentes. Belo Horizonte. [http:// www.bdt.org](http://www.bdt.org)
- Dimmit, M. 2000. Endangered Bromeliaceae. Pages 609-620 in D. H. Benzing, editor. Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Faegri, K., and van der Pijl, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. 3<sup>o</sup> edition. Pergamon Press, Oxford, England.
- Gascon C., B. Williamson, and G.A.B. Fonseca. 2000. Receding forest edges and vanishing reserves. *Science* **288**: 1356-1358.

- Gentry, A.H., and C.H. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of Missouri Botanical Garden* **74**:205-233.
- Haffer, J. 1987. Biogeography of neotropical birds. Pages 105-150 in T. C. Whitmore, and G. T. Prance, editors. *Biogeography and Quaternary history in tropical America*. Claredon Press, Oxford.
- Holmgren, P. K., N. H. Holmgren, and L. C. Barnett. 1990. *Index Herbariorum: The herbaria of the world*. New York Botanical Garden, New York.
- IBGE. 1985. *Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste*. IBGE, Rio de Janeiro.
- Klein, R.M.1990. *Espécies raras ou ameaçadas de extinção do estado de Santa Catarina*. IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro.
- Laurance, W.F. 2001. Fragmentation and plant communities: synthesis and implications for landscape management. Pages 158-168 in R.O. Bierregaard Jr., C. Gascon, T.E. Lovejoy, and R.C.G. Mesquita, editors. *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. Yale University Press, New Haven.
- Laurance, W.F., C. Gascon, and J.M. Rankin-de Merona. 1997. Predicting effects of habitat destruction on plant communities: A test of a model using Amazonian trees. *Ecological Applications* **9**:548-554.
- Laurance, W.F., L. V. Ferreira, J. Rankin-de Mérona, S.G. Laurance, R.G. Hutchings, and T.E. Lovejoy. 1998. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology* **12**: 460-464.
- Laurance, W.F., P. Delamônica, S.G. Laurance, H.L. Vasconcelos, and T.E. Lovejoy. 2000. Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature* **404**: 836.
- Leme, E.M.C., and J.A. Siqueira Filho. 2001. *Studies in Bromeliaceae of Northeastern Brazil – I. Selbyana*. **2**: 146-154.
- Leme, E.M.C., and L.C. Marigo. 1993. *Bromeliads in the Brazilian wilderness*. Marigo Comunicação Visual, Rio de Janeiro.
- Lima, A.R., and J.P.R. Capobianco. 1997. *Mata Atlântica: avanços legais e institucionais para a sua conservação*. Documentos ISA nº4, Instituto Ambiental, São Paulo.
- Lima, H.C., e R.R. Guedes-Bruni. 1997. *Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Luther, H. E. 2002. *An alphabetical list of bromeliad binomials*. 8<sup>o</sup>ed. The Bromeliad Society International, Florida, USA.
- Margules, C. R. and R. L. Pressey. 2000. Systematic Conservation planning. *Nature* **405**: 243-253.

- Martinelli, G. 1994. Reproductive biology of Bromeliaceae in the Atlantic rainforest of Southeastern Brazil. Ph.D. thesis, University of St. Andrews. St. Andrews, Scotland.
- Martini, A.M.Z., R.E. Rosa, and C. Uhl. 1994. An attempt to predict which tree species may be threatened by logging activities. *Environmental Conservation* **21**: 151-162.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853-845.
- Oliveira, M.A. 2003. Efeito da fragmentação de habitats sobre as árvores em trecho de floresta Atlântica nordestina. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Prance, G.T. 1987. Biogeography of neotropical plants. Pages 175-196 in T. C. Whitmore, and G. T. Prance, editors. *Biogeography and quaternary history in tropical America*. Claredon Press, Oxford.
- Rabinowitz, D., S. Cairns, and T. Dillon. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. Pages 182-204 in Soulé, M., editor. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Ranta, P., T. Blom, J. Niemela, E. Joensuu, and M. Siitonen. 1998. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation* **7**: 385-403.
- Roosmalen, M. G. M. van. 1985. *Fruits of the Guianan Flora*. Institute of Systematic Botany, Utrecht University, Netherlands.
- Silva, J. M.C., and M. Tabarelli. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature* **404**: 72-73.
- Silva J.M.C., and M. Tabarelli. 2001. The future of the Atlantic forest in Northeastern Brazil. *Conservation Biology* **15**: 819-820.
- Siqueira Filho, J.A. 2002. Bromélias em Pernambuco: diversidade e aspectos conservacionistas. Páginas 219-228 in M. Tabarelli e J.M.C. Silva, editores. *Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco*. SECTMA e Editora Massangana, Recife.
- Siqueira Filho, J.A. 2003. História natural, ecologia e conservação de Bromeliaceae na floresta Atlântica Nordeste. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Siqueira Filho, J.A. e E.M.C. Leme. 2000. Suplemento: *Neoregelia* subgênero *longipetalopsis*. Páginas 229-237 in E. M.C. Leme, editor. *Nidularium: Bromélias da Mata Atlântica*. Sextante, Rio de Janeiro.

- Siqueira Filho, J.A., and E.M.C. Leme. 2002. An addition to the genus *Canistrum*: a new combination for an old species from Pernambuco and a new species from Alagoas, Brazil. *Journal of the Bromeliad Society* **52**: 105-121.
- Smith, L.B., and R.J. Downs. 1974. Bromeliaceae 1: Pitcairnioideae. *Flora Neotropica*. The New York Botanical Garden **14**: 1-662.
- Smith, L.B., and R.J. Downs. 1977. Bromeliaceae 2: Tillandsioideae. *Flora Neotropica*. The New York Botanical Garden **14**: 663-1492.
- Smith, L.B., and R.J. Downs. 1979. Bromeliaceae 3: Bromelioideae. *Flora Neotropica*. The New York Botanical Garden **14**: 1493-2142.
- Sokal, R.R., and F.G. Rohlf. 1995. *Biometry*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Soulé, M. 1986. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Tabarelli, M., J.F. Marins, and J.M.C. Silva. 2002. La biodiversidad brasileña amenazada. *Investigación y Ciencia* **308**: 42-49.
- Turner, I.M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* **33**:200-209.
- Varassin, I.G., e M. Sazima. 2000. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em mata atlântica no sudeste do Brasil. *Boletim Museu Biologia Mello Leitão* **11/12**: 57-70.
- Veloso, H.P., A.L.R. Rangel-Filho, e J.C.A. Lima. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro.
- Walter, K.S., and H.J. Gillett (eds). 1998. 1997 IUCN Red list of threatened plants. IUCN – The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Wege, D. C., and A. Long. 1995. *Key areas for threatened birds in the tropics*. BirdLife International, Cambridge.

Tabela 1 – Espécies de Bromeliaceae mais ameaçadas de extinção (categoria VIII) na Floresta Atlântica Nordestina.

---

Espécies
<i>Aechmea gustavoi</i> Leme & J.A.Siqueira
<i>Aechmea nudicaulis</i> (L.) Griseb.
<i>Aechmea</i> sp1
<i>Aechmea</i> sp2
<i>Aechmea</i> sp3
<i>Aechmea</i> sp4
<i>Billbergia morelii</i> Brongn.
<i>Billbergia porteana</i> Brongn.
<i>Canistrum alagoanum</i> Leme & J.A.Siqueira
<i>Catopsis berteroniana</i> (Schultes f.) Mez
<i>Cryptanthus alagoanus</i> Leme & J.A.Siqueira
<i>Cryptanthus bahianus</i> L.B.Sm.
<i>Cryptanthus</i> sp3
<i>Encholirium pernambucanum</i> L.B.Sm. & R.W. Read
<i>Guzmania lingulata</i> (L.)Mez
<i>Neoregelia pernambucana</i> Leme & J.A.Siqueira
<i>Orthophytum</i> sp1
<i>Orthophytum</i> sp2
<i>Racinaea spiculosa</i> (Griseb) M.A.Spencer & L.B.Sm.
<i>Tillandsia chapeuensis</i> Rauh
<i>Tillandsia geminiflora</i> Brongn.
<i>Tillandsia paraënsis</i> Mez
<i>Tillandsia pohliana</i> Mez
<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker
<i>Vriesea flamma</i> L.B.Sm.
<i>Vriesea gigantea</i> Gaudichaud
<i>Vriesea oleosa</i> Leme
<i>Vriesea</i> cf. <i>chapadensis</i> Leme
<i>Vriesea psittacina</i> (Hooker) Lindley
<i>Vriesea rodigasiana</i> E.Morr.
<i>Vriesea scalaris</i> E.Morr.
<i>Vriesea</i> sp1

---



Tabela 2 - Relação entre grupos ecológicos e categorias de raridade das espécies de Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordeste.

Grupos Ecológicos	Categorias de raridade*					
	Nº de espécies (%)					
	I	II	III	IV	VII	VIII
<b>Forma de vida</b>						
Epífita	1 (3,7)	4 (15,4)	0	3 (11,5)	1 (3,8)	17 (65,4)
Terrestre	1 (4,5)	1 (4,5)	1 (4,5)	3 (13,6)	8 (36,3)	8 (36,3)
Facultativa	7 (31,8)	2 (9,1)	1 (4,5)	1 (4,5)	4 (18,2)	7 (31,8)
<b>Hábitat</b>						
Sub-bosque	1 (5,8)	1 (5,8)	1 (5,8)	2 (11,7)	5 (29,4)	7 (41,1)
Dossel e estrato emergente	5 (15,6)	6 (18,7)	1 (3,1)	3 (9,3)	2 (6,2)	15 (46,8)
Indiferente	2 (25,0)	0	0	2 (25,0)	0	4 (50,0)
<b>Tipo de polinização</b>						
Polinização por vertebrados	5 (10,8)	5 (10,8)	1 (2,1)	4 (8,7)	7 (15,2)	24 (52,1)
Polinização por invertebrados	4 (17,4)	2 (8,7)	1 (4,3)	3 (13,0)	6 (26,0)	8 (34,8)
<b>Dispersão de sementes</b>						
Dispersão biótica	7 (18,4)	3 (7,9)	2 (5,2)	4 (10,5)	7 (18,4)	15 (39,4)
Dispersão abiótica	2 (6,2)	4 (12,5)	0	3 (9,3)	6 (18,7)	17 (53,1)

I - Ampla distribuição, alto número de populações e grandes populações ou II - Pequenas populações; III - Ampla distribuição de habitats, baixo número de populações e grandes populações ou IV - Pequenas populações; VII - Distribuição de habitat restrita, baixo número de populações e grandes populações ou VIII - Pequenas populações.

\* Categorias V e VI não foram incluídas em virtude de possuir apenas uma espécie em cada uma das categorias.

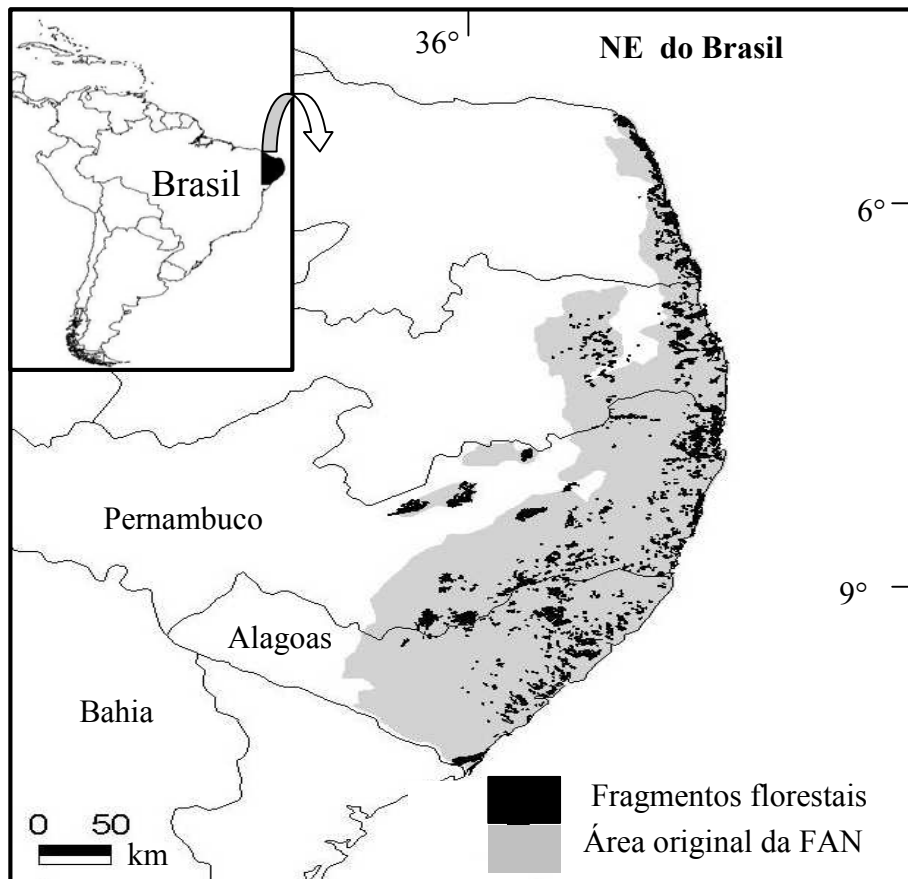


Figura 1 – Localização da Floresta Atlântica Nordestina (FAN).

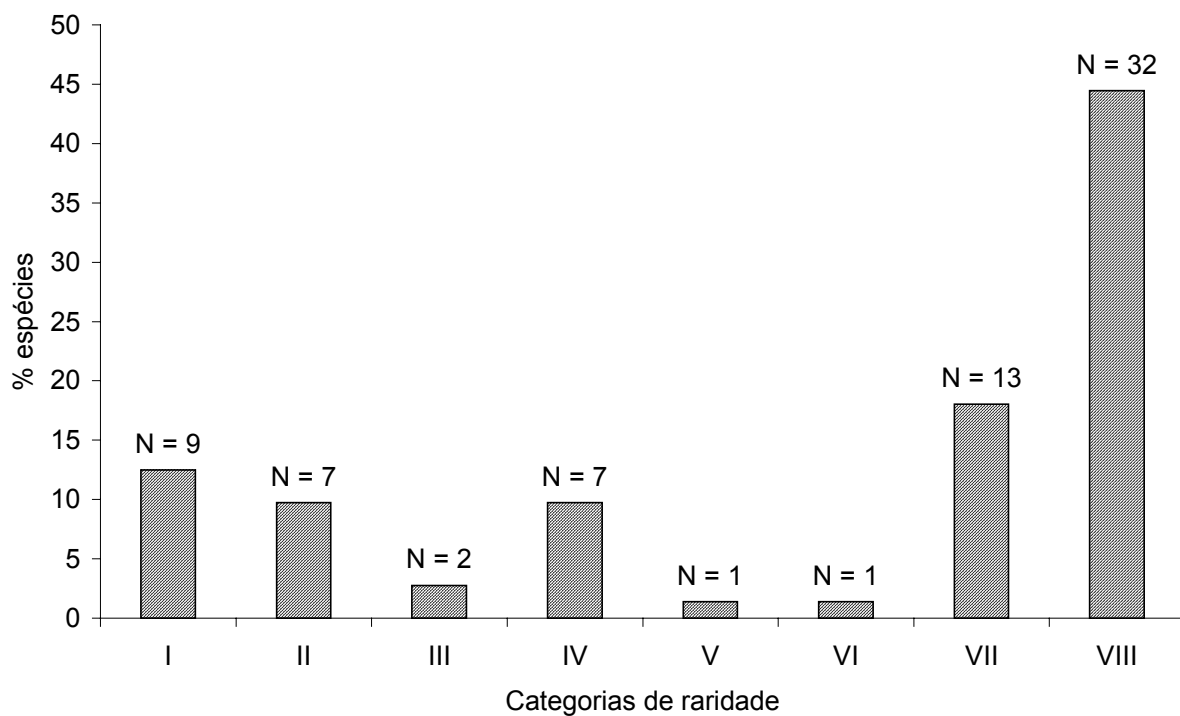


Figura 2 – Percentual das espécies de bromélias nas categorias de raridade na Floresta Atlântica Nordeste.

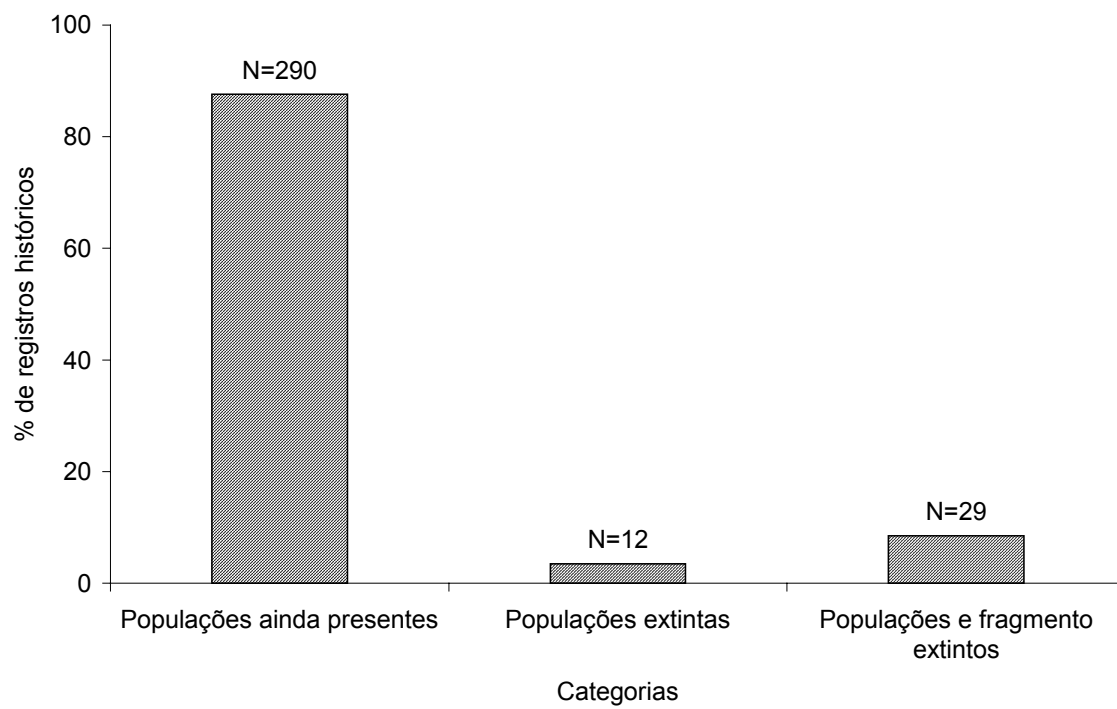


Figura 3 - Percentual de espécies de bromélias em três níveis de fragmentação no Centro Pernambuco.

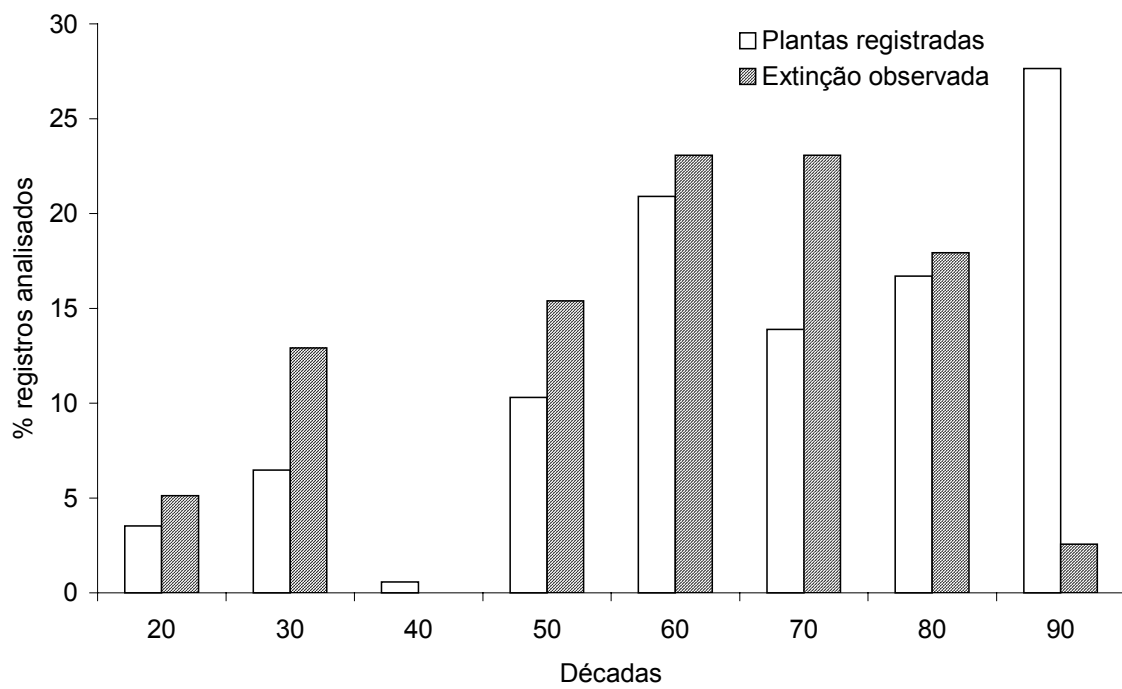


Figure 4 - Percentual de plantas registradas nos herbários e extintas localmente entre as décadas de 1920 e 1990 na Floresta Atlântica Nordeste.

Apêndice 1 – Inventário das espécies de Bromeliaceae ocorrentes na Floresta Atlântica Nordeste representando 86 espécies e 21 gêneros.

Nº	ESPÉCIES DA FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA	ENDÊMICA
1	<i>Aechmea conifera</i> L.B.Sm. ***	1
2	<i>Aechmea eurycorymbus</i> Harms	1
3	<i>Aechmea frassyi</i> Leme & J.A.Siqueira	1
4	<i>Aechmea fulgens</i> Brongn.	1
5	<i>Aechmea gustavoi</i> Leme & J.A.Siqueira	1
6	<i>Aechmea lingulata</i> (L.) Baker	
7	<i>Aechmea marginalis</i> Leme & J.A. Siqueira	1
8	<i>Aechmea mertensii</i> (Meyer) Schultes f.	
9	<i>Aechmea mulfordii</i> L.B.Sm.	
10	<i>Aechmea muricata</i> (A.Cam.) L.B.Sm.	1
11	<i>Aechmea nudicaulis</i> (L.) Griseb.	
12	<i>Aechmea stelligera</i> L.B.Sm.	1
13	<i>Aechmea tomentosa</i> Mez	1
14	<i>Aechmea werdermannii</i> Harms	1
15	<i>Aechmea</i> sp1	1
16	<i>Aechmea</i> sp2	1
17	<i>Aechmea</i> sp3	1
18	<i>Aechmea</i> sp4	1
19	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merrill	
20	<i>Araecoccus parviflorus</i> (Mart. ex Schultes f.) Lindman ***	
21	<i>Billbergia morelii</i> Brongn.	
22	<i>Billbergia porteana</i> Brongn.	
23	<i>Bromelia arenaria</i> Ule	1
24	<i>Bromelia karatas</i> L.	
25	<i>Canistrum alagoanum</i> Leme & J.A.Siqueira	1
26	<i>Canistrum aurantiacum</i> E.Morr.	1
27	<i>Canistrum pickelii</i> (A.Lima & L.B.Sm.) Leme & J.A.Siqueira	1
28	<i>Cryptanthus alagoanus</i> Leme & J.A.Siqueira	1
29	<i>Cryptanthus bahianus</i> L.B.Sm. ***	
30	<i>Cryptanthus burle-marxii</i> Leme	1
31	<i>Cryptanthus diana</i> Leme	1
32	<i>Cryptanthus fosterianus</i> L.B.Sm.	1
33	<i>Cryptanthus pickelii</i> L.B.Sm.	1
34	<i>Cryptanthus zonatus</i> (Vis.) Beer	1
35	<i>Cryptanthus</i> sp1	1
36	<i>Cryptanthus</i> sp2	1
37	<i>Cryptanthus</i> sp3	1
38	<i>Hohenbergia catinae</i> Ule	
39	<i>Hohenbergia ramageana</i> Mez	
40	<i>Hohenbergia ridleyi</i> (Baker) Mez	1
41	<i>Hohenbergia stellata</i> Schult. f. ***	
42	<i>Lymania smithii</i> R.W.Read ***	
43	<i>Neoregelia pernambucana</i> Leme & J.A.Siqueira	1
44	<i>Orthophytum disjunctum</i> L.B.Sm.	1
45	<i>Orthophytum</i> sp1	1

---

**Apêndice 1 - Continuação**

---

46	<i>Orthophytum</i> sp2	1
47	<i>Portea leptantha</i> Harms	1
48	<i>Pseudananas sagenarius</i> (A.Cam.) Camargo	
49	<i>Dyckia limae</i> L.B.Sm.	1
50	<i>Dyckia pernambucana</i> L.B.Sm.	1
51	<i>Encholirium pernambucanum</i> L.B.Sm. & R.W. Read	1
52	<i>Encholirium spectabile</i> Mart. ex Schultes f.	
53	<i>Catopsis berteroniana</i> (Schultes f.) Mez ***	
54	<i>Catopsis sessiliflora</i> (Ruiz & Pav.) Mez	
55	<i>Guzmania lingulata</i> (L.)Mez ***	
56	<i>Guzmania monostachia</i> (L.) Rusby ex Mez ***	
57	<i>Pitcairnia limae</i> L. B. Sm.	1
58	<i>Racinaea spiculosa</i> (Griseb) M.A.Spencer & L.B.Sm. ***	
59	<i>Tillandsia bulbosa</i> Hooker	
60	<i>Tillandsia chapeuensis</i> Rauh ***	
61	<i>Tillandsia gardneri</i> Lindley	
62	<i>Tillandsia geminiflora</i> Brongn. **	
63	<i>Tillandsia juncea</i> (Ruiz & Pavon) Poiret *	
64	<i>Tillandsia kegeliana</i> Mez	
65	<i>Tillandsia paraënsis</i> Mez **	
66	<i>Tillandsia pohliana</i> Mez	
67	<i>Tillandsia polystachia</i> (L.) L.	
68	<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker	
69	<i>Tillandsia stricta</i> Solander ***	
70	<i>Tillandsia tenuifolia</i> L.	
71	<i>Tillandsia tricholepsis</i> Baker	
72	<i>Tillandsia usneoides</i> L.	
73	<i>Tillandsia</i> sp1	
74	<i>Vriesea cearensis</i> L.B.Sm.	1
75	<i>Vriesea flammea</i> L.B.Sm. ***	
76	<i>Vriesea gigantea</i> Gaudichaud **	
77	<i>Vriesea limae</i> L.B.Sm.	1
78	<i>Vriesea oleosa</i> Leme ***	
79	<i>Vriesea</i> cf. <i>chapadensis</i> Leme ***	
80	<i>Vriesea procera</i> (Mart ex Schultes f.)Wittmack	
81	<i>Vriesea psittacina</i> (Hooker) Lindley ***	
82	<i>Vriesea rectifolia</i> Rauh	1
83	<i>Vriesea rodigasiana</i> E.Morr. **	
84	<i>Vriesea scalaris</i> E.Morr.	
85	<i>Vriesea</i> sp1	1
86	<i>Vriesea</i> sp2	1
	<b>TOTAL</b>	<b>41</b>

---

Apêndice 2 – Grupos ecológicos de 72 espécies de Bromeliaceae analisadas na FAN.

Nº	ESPECIES	FORMA DE VIDA			HABITAT			POLINIZADOR			DISPERSOR	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	<i>Aechmea fulgens</i>			1	1				1		1	
2	<i>Aechmea gustavoii</i>			1		1			1		1	
3	<i>Aechmea lingulata</i>			1		1		1			1	
4	<i>Aechmea mertensii</i>	1				1			1		1	
5	<i>Aechmea mulfordii</i>			1		1			1		1	
6	<i>Aechmea muricata</i>			1		1			1		1	
7	<i>Aechmea nudicaulis</i>	1				1			1		1	
8	<i>Aechmea stelligera</i>			1		1			1		1	
9	<i>Aechmea tomentosa</i>			1		1			1		1	
10	<i>Aechmea werdermannii</i>			1	1				1		1	
11	<i>Aechmea</i> sp1			1			1		1		1	
12	<i>Aechmea</i> sp2		1						1		1	
13	<i>Aechmea</i> sp3			1	1				1		1	
14	<i>Aechmea</i> sp4			1		1			1		1	
15	<i>Ananas comosus</i>		1				1		1		1	
16	<i>Araecoccus parviflorus</i>			1	1			1			1	
17	<i>Billbergia morelii</i>	1			1				1		1	
18	<i>Billbergia porteana</i>	1					1		1		1	
19	<i>Bromelia karatas</i>		1		1				1		1	
20	<i>Canistrum alagoanum</i>			1			1		1		1	
21	<i>Canistrum aurantiacum</i>			1			1		1		1	
22	<i>Canistrum pickelii</i>			1		1		1			1	
23	<i>Cryptanthus alagoanus</i>		1		1			1			1	
24	<i>Cryptanthus bahianus</i>		1		1			1			1	
25	<i>Cryptanthus burle-marxii</i>		1		1			1			1	
26	<i>Cryptanthus diana</i>		1		1			1			1	
27	<i>Cryptanthus pickelii</i>		1		1			1			1	
28	<i>Cryptanthus zonatus</i>		1		1			1			1	
29	<i>Cryptanthus</i> sp2		1		1			1			1	
30	<i>Cryptanthus</i> sp3		1		1			1			1	
31	<i>Hohenbergia catingae</i>		1					1			1	
32	<i>Hohenbergia ramageana</i>			1			1	1			1	
33	<i>Lymania smithii</i>			1	1			1			1	
34	<i>Neoregelia pernambucana</i>			1			1		1		1	
35	<i>Orthophytum disjunctum</i>		1					1			1	
36	<i>Orthophytum</i> sp1		1					1			1	
37	<i>Orthophytum</i> sp2		1					1			1	
38	<i>Portea leptantha</i>			1		1			1		1	
39	<i>Pseudananas sagenarius</i>		1		1				1		1	
40	<i>Dyckia limae</i>		1						1			1
41	<i>Dyckia pernambucana</i>		1						1			1
42	<i>Encholirium pernambucanum</i>		1							1		1
43	<i>Encholirium spectabile</i>		1						1			1
44	<i>Catopsis berteroniana</i>	1				1		1				1
45	<i>Catopsis sessiliflora</i>	1				1		1				1
46	<i>Guzmania lingulata</i>	1			1				1			1
47	<i>Racinaea spiculosa</i>	1				1			1			1
48	<i>Tillandsia bulbosa</i>	1				1			1			1
49	<i>Tillandsia chapeuensis</i>		1						1			1
50	<i>Tillandsia gardneri</i>	1				1			1			1
51	<i>Tillandsia geminiflora</i>	1				1			1			1
52	<i>Tillandsia juncea</i>	1				1		1				1
53	<i>Tillandsia kegeliana</i>	1				1			1			1
54	<i>Tillandsia paraënsis</i>	1				1			1			1
55	<i>Tillandsia pohliana</i>	1				1			1			1
56	<i>Tillandsia polystachia</i>	1				1		1				1
57	<i>Tillandsia streptocarpa</i>			1				1				1
58	<i>Tillandsia stricta</i>	1					1		1			1
59	<i>Tillandsia tenuifolia</i>			1		1			1			1
60	<i>Tillandsia tricholepsis</i>	1				1		1				1
61	<i>Tillandsia usneoides</i>	1				1		1				1
62	<i>Vriesea flammea</i>	1				1			1			1
63	<i>Vriesea gigantea</i>	1				1				1		1
64	<i>Vriesea limae</i>		1							1		1
65	<i>Vriesea oleosa</i>	1				1				1		1
66	<i>Vriesea cf. chapadensis</i>	1				1				1		1
67	<i>Vriesea procera</i>			1		1			1			1
68	<i>Vriesea psittacina</i>	1			1				1			1
69	<i>Vriesea rodigasiana</i>	1				1			1			1
70	<i>Vriesea scalaris</i>	1				1			1			1
71	<i>Vriesea</i> sp1	1				1			1			1
72	<i>Vriesea</i> sp2		1						1			1
<b>TOTAL</b>		<b>27</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>41</b>	<b>6</b>	<b>39</b>	<b>33</b>

Para Consultar o código numérico dos grupos ecológicos consultar o Material e Métodos no sub-item Raridade “versus” Grupos Ecológicos.



### CAPÍTULO III

**FLORAÇÃO SINCRÔNICA, POLINIZAÇÃO E SISTEMA REPRODUTIVO DE  
*ARAEOCOCCUS PARVIFLORUS* (MART. ex SCHULTES f.) LINDMAN E *LYMANIA  
SMITHII* R.W.READ, DUAS ESPÉCIES AMEAÇADAS DA FLORESTA ATLÂNTICA  
NORDESTINA**

JOSÉ ALVES DE SIQUEIRA FILHO & ISABEL CRISTINA MACHADO\*

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, s. n., Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brasil.  
e-mail: [siqueira@ufpe.br](mailto:siqueira@ufpe.br), [imachado@ufpe.br](mailto:imachado@ufpe.br)

\* Autor para correspondência

Título curto: fenologia da floração, polinização e sistema reprodutivo de *Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii* (Bromeliaceae).

Manuscrito a ser submetido para o periódico ANNALS OF BOTANY

**FLORAÇÃO SINCRÔNICA, POLINIZAÇÃO E SISTEMA REPRODUTIVO DE  
*ARAEOCOCCUS PARVIFLORUS* (MART. ex SCHULTES f.) LINDMAN E *LYMANIA  
SMITHII* R.W.READ, DUAS ESPÉCIES AMEAÇADAS DA FLORESTA ATLÂNTICA  
NORDESTINA**

JOSÉ ALVES DE SIQUEIRA FILHO & ISABEL CRISTINA MACHADO

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, s.n., Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brasil.

**Resumo:** *Araeococcus parviflorus* (Mart. ex Schult. f.) Lindman e *Lymania smithii* R. W. Read, ambas da subfamília Bromelioideae, são espécies endêmicas e ameaçadas da Floresta Atlântica Nordeste, com populações residuais e isoladas. As populações encontradas na RPPN Frei Caneca, localizada no Município de Jaqueira são o primeiro e único registro para Pernambuco. Este trabalho investigou as relações entre as estratégias de reprodução e a raridade destas espécies. Para isto, foi realizado um censo populacional com acompanhamento diário da fenologia da floração ao nível individual e populacional de *A. parviflorus* (n = 54) e *L. smithii* (n = 79). A biologia floral, os atributos florais, a razão pólen-óvulo, o registro do volume e de concentração de néctar, bem como os visitantes florais, foram analisadas. Polinizações manuais foram feitas para determinar a existência de auto-compatibilidade nas espécies. Ambas as espécies são sintópicas e florescem sincronicamente em plena estação seca. Enquanto *A. parviflorus* apresenta pólen como recompensa floral, sendo este um fato inédito na família Bromeliaceae, *L. smithii* oferece néctar. Não há partição temporal ou espacial de nicho entre estas duas espécies de Bromeliaceae, pois ambas apresentam o mesmo período de antese e ocorrem no sub-bosque da mata, sendo polinizadas por abelhas oligoléticas. Enquanto *Chilicola megalostigma* e *Plebeia* cf. *minima* foram restritas à *A. parviflorus*, *Ceratinula* sp1, *Ceratinula* sp2 e *Trigona* sp.nov. visitaram ambas as espécies. *Araeococcus parviflorus* é auto-incompatível com baixa formação de frutos e sementes em condições naturais, sendo a formação do tubo polínico interrompida ao nível do estigma. Em contrapartida, *Lymania smithii* é auto-compatível. Outros fatores podem contribuir para a raridade destas espécies como o hábito epifítico, a especificidade da árvore hospedeira e o sombreamento obrigatório.

**Palavras chaves:** *Araeococcus parviflorus*, *Lymania smithii*, Bromeliaceae, fenologia da floração, polinização, abelhas, melitofilia, raridade, sistema reprodutivo, Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil.

**Abstract:** *Araeococcus parviflorus* (Mart. ex Schult. f.) Lindman and *Lymania smithii* R. W. Read, (Bromeliaceae subf. Bromelioideae) are endemic-vulnerable species with residual and isolated populations in the Atlantic forest of Northeast Brazil. The relationship between reproductive strategies and rarity was investigated for both taxa. A population census was conducted by daily monitoring the flowering phenology of *A. parviflorus* (n = 54) and *L. smithii* (n = 79), at individual and population levels. Floral morphology, pollen-ovule ratios, volume and sugar concentrations of nectar, and floral visitors were analyzed. Hand pollinations were also made to help determinate the breeding systems of both species. The species are syntopic and blooming synchronously in the dry season. *Araeococcus parviflorus* offers pollen as a floral reward, the first report for this in the Bromeliaceae. *Lymania smithii* has nectar producing flowers. We found neither temporal nor spatial niche partitioning between these two species, since both show the same period of anthesis, occur in forest understorey, and are pollinated by small and oligoletic bees. *Chilicola megalostigma* and *Plebeia* cf. *minima* visits were restricted to *A. parviflorus* flowers whereas *Ceratinula* sp1, *Ceratinula* sp2 and *Trigona* sp. nov. pollinate both species. *Araeococcus parviflorus* is self-incompatible with low fruit and seed in both hand and natural pollinations. In addition, pollen tubes ceased growth in the upper part of the stigma. In contrast, *L. smithii* is a self-compatible species. Other processes, which could be involved in the rarity of these species, are the epiphytic life form, specificity of host trees and the light requirement (shade obligatory).

**Key words:** Bromeliaceae, *Araeococcus parviflorus*, *Lymania smithii*, flowering phenology, pollination, bees, melitophily, rarity species, breeding systems, Atlantic rain forest, northeastern Brazil.

## INTRODUÇÃO

As Bromeliaceae eram originalmente amplamente representadas na Floresta Atlântica Nordeste, porém, em virtude da diminuição da extensão deste ecossistema encontra-se, atualmente, restrita a pequenos fragmentos isolados (Siqueira Filho, 2002).

Atualmente, *Araeococcus* com seis espécies e *Lymania* com sete espécies (Luther, 2002), são gêneros da subfamília Bromelioideae, sendo *A. parviflorus* e *L. smithii*, espécies com distribuição restrita ao Sul da Bahia. Recentemente foram reportadas para Alagoas e Pernambuco, sendo, neste último Estado, encontradas em apenas um único fragmento isolado na RPPN Frei Caneca, área de Floresta Atlântica Montana, localizada no município de Jaqueira, sul de Pernambuco (Siqueira Filho, 2002). Por se tratarem de plantas epífitas de sub-bosque e de sombra obrigatória, são espécies sensíveis a intervenções antrópicas, como corte seletivo de madeira.

*Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii* preenchem todos os pré-requisitos de raridade propostos por Primack (1993): a) distribuição geográfica limitada, b) ocorrência em áreas isoladas, c) especificidade de hábitat e d) tamanho reduzido das populações, o que torna as plantas vulneráveis à extinção.

Com exceção de dados existentes para *Araeococcus micranthus* (Nara, 1998), o presente estudo fornece informações inéditas sobre fenologia, polinização e sistema reprodutivo destes dois gêneros pouco conhecidos. Estes estudos, são importantes para subsidiar a taxonomia do grupo, além do manejo e conservação de espécies raras (Prance, 1990) na Floresta Atlântica, um dos 25 ecossistemas mais ameaçados do mundo (Myers *et al.*, 2000). A subfamília Bromelioideae tem seu centro de diversidade na Floresta Atlântica (Benzing *et al.* 2000).

O objetivo deste trabalho foi investigar as relações entre a estratégia reprodutiva e a raridade destas espécies (Categoria VII, ver cap. II), através da fenologia da floração, biologia floral e o sistema reprodutivo. Para isto, foram feitas as seguintes perguntas: a) Qual a estratégia fenológica das espécies? b) Qual são os polinizadores destas espécies? c) Há partilha de vetores pólen entre elas? d) Qual o sistema reprodutivo das espécies?

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Local de Estudo***

Os estudos de campo foram conduzidos na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Frei Caneca entre abril de 1999 a julho de 2002, em visitas quinzenais ou diárias, totalizando cerca de 194 horas de observação. A área corresponde a vários fragmentos de Floresta Atlântica Montana (500-750 m de altitude) totalizando 630,42 ha (Fig. 1), localizada no município de Jaqueira, zona da mata sul de Pernambuco. Denominada localmente de Mata do Urubu ou Mata da Serra do Quengo (8°42'41,6"S 35°50'30,4"O, 648 m alt.), o local se encontra inseridos em uma matriz de cana-de-açúcar, banana e pequenas lavouras temporárias.

A RPPN Frei Caneca está inserida na superfície da Borborema, em áreas do complexo das Serras do Urubu e Espelho. Nesta região o relevo é montanhoso e acidentado com predominância de granitos. Os solos mais comuns são Podzólicos vermelho-eutrófico com pouca influência do Podzólico vermelho-amarelo distrófico. O clima é tropical quente e úmido com temperatura média anual em torno de 22-24 °C com quatro a cinco meses de estação seca entre os meses de outubro e fevereiro e chuvosa de março a setembro (IBGE, 1985).

A precipitação média anual na Usina Frei Caneca, que dista sete quilômetros da área de estudo, é de 1332 mm, correspondente a uma média de 47 anos. A vegetação na área de estudo é classificada como floresta estacional semidecidual montana próximo ao limite com a floresta

ombrófila aberta, uma das formações que compõem a floresta Atlântica brasileira (Veloso *et al.*, 1991; IBGE 1992). Na área, predominam espécies de Nyctaginaceae, Bombacaceae e Leguminosae (*sensu lato*) e muitas epífitas, especialmente Araceae, Bromeliaceae, Orchidaceae e Polypodiaceae.

A RPPN Frei Caneca também conhecida como Serra do Urubu é uma das 25 áreas de extrema importância biológica recentemente apontada no workshop de “Ações e áreas prioritárias para a conservação da Biodiversidade em Pernambuco” (Pernambuco, 2002) em razão da expressiva riqueza de alguns grupos biológicos endêmicos e ameaçados de extinção como aves (110 spp.) (Roda 2002), anfíbios (23 spp.) (Santos e Carnaval 2002), Bromeliaceae (35 spp.) (Siqueira Filho e Leme 2000), Orchidaceae (66 spp.) (J.Siqueira *in prep.*) e Pteridófitas (127 spp.) (Lopes 2003).

### ***Fenologia da floração***

O monitoramento da fenologia da floração foi realizado em dois períodos: 1) entre os dias 9 de janeiro e 14 de fevereiro de 2000 com 37 indivíduos de *A. parviflorus* e 30 indivíduos de *L. smithii*, nos quais a precipitação foi de 60 mm e 2) entre 15 de dezembro de 2000 a 14 de fevereiro de 2001 em 17 indivíduos de *A. parviflorus* e 49 indivíduos de *L. smithii*, nos quais a precipitação foi de 100 mm. Os indivíduos foram monitorados diariamente durante todo o período de floração, sendo registrados: (1) tempo total de floração (dias), (2) total estimado de indivíduos floridos, (3) total de flores no agrupamento, (4) média do tempo de floração/indivíduo, (5) média de flores/indivíduo; (6) média de indivíduos floridos/dia, (7) média de flores no agrupamento, (8) média do total de flores/indivíduo durante a floração. A partir destas informações foi determinado o tipo (padrão) fenológico de cada espécie, seguindo as classificações de Gentry (1974) e Newstrom *et al.* (1994).

### ***Biologia floral***

Durante o período de floração das espécies foram registradas informações sobre as flores, tais como: morfologia externa, cor, odor, horário, sequência e duração da antese, número e disposição das peças florais, disponibilidade de pólen e néctar. A caracterização morfológica das espécies foi feita de acordo com Smith e Downs (1979), Leme (1987, 1989), Brown e Gilmartin (1989), Leme e Forzza (2001). As síndromes florais (*sensu* Faegri e Pijl, 1979) foram baseadas nos atributos da morfologia floral das espécies, além da observação dos visitantes.

O número de grãos de pólen por antera de ambas as espécies foi estimado utilizando-se câmara de Neubauer (Lloyd, 1972) de acordo com a metodologia adaptada de Moura *et al.* (1987), sendo posteriormente calculada a razão pólen/óvulo (P/O) (*sensu* Cruden 1977).

Em *L. smithii* foi registrado o padrão de produção de néctar em 23 flores isoladas dos visitantes florais com sacos de voal. O volume total de néctar produzido e acumulado por flor foi

medido com micro-seringas Hamilton® de 10 e 25 µl. A concentração de açúcares no néctar foi medida no campo em flores durante o período de antese, com o auxílio de refratômetro de bolso Atago® escala 0-32%.

### ***Visitantes florais***

O comportamento dos visitantes às flores de *A. parviflorus* e *L. smithii* foi estudado a partir de observações diretas no campo em horários variados do dia complementado pela análise de fotografias. Durante as sessões de visitas, foram registrados o período, a duração e o comportamento dos visitantes florais.

Quanto ao local de deposição do pólen nas abelhas foi utilizada a terminologia encontrada em Roubik (1989). Exemplares dos insetos visitantes foram coletados para identificação, sendo o material posteriormente depositado na coleção entomológica do Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os beija-flores foram identificados através de fotografias comparadas com a literatura especializada (Sick 1997).

### ***Sistema reprodutivo***

As inflorescências de ambas as espécies foram isoladas com sacos de voal para a realização dos experimentos de autopolinização espontânea e manual e polinização cruzada. Em *L. smithii* foram feitos testes de verificação de apomixia em botões florais emasculados.

Em *A. parviflorus* foram realizados experimentos de autopolinização manual e polinização cruzada em câmara de gerbox com substrato de ágar-ágar para verificar o desenvolvimento do tubo polínico. As amostras das flores foram fixadas em FAA 70% em 24 e 48 horas após as polinizações. Posteriormente, as flores foram amolecidas em um solução de NaOH 8M a 60° por 30 minutos em estufa elétrica, sendo, então, coradas em azul de anilina por cerca de 30 minutos. Depois, as flores foram lavadas com água destilada para retirar o excesso de corante impregnado nos tecidos florais. Finalmente, as flores foram dissecadas e montadas em lâminas para observar o desenvolvimento do tubo polínico em microscópio de fluorescência (Martin, 1959; Martinelli, 1997).

### ***Análise estatística***

O teste T (Sokal e Rohlf 1995) foi executado para verificar diferenças na produção média de pólen/flor, óvulo/flor e razão P/O de *A. parviflorus* e *L. smithii*.

As análises foram realizadas em dois níveis: a) as estratégias fenológicas diferem significativamente entre os anos intraespecificamente, b) as estratégias fenológicas diferem significativamente entre os anos interespecificamente.

As diferenças nas freqüências de: 1) tempo total de floração, 2) total estimado de indivíduos floridos, 3) total de flores no agrupamento monitorado, foram analisados através do teste de quiquadrado ( $X^2$ ) de uma amostra (Sokal e Rohlf, 1995).

As diferenças médias de: 4) tempo de floração/indivíduo, 5) flores abertas/indivíduo, 6) indivíduos floridos/dia, 7) flores abertas/agrupamento/dia, 8) total de flores abertas/indivíduo durante a floração foram analisadas através do teste T, sendo utilizado o teste de Mann-Whitney quando os dados não tinham distribuição normal (Sokal e Rohlf, 1995).

O teste G foi executado para verificar se havia diferença nas proporções de: 1) tempo de floração dos indivíduos, 2) nº de flores/indivíduo, 3) flores/frutos nos diferentes tratamentos. O teste de Mann-Whitney foi executado para verificar diferenças na produção média de sementes/fruto entre o tratamento controle e polinização cruzada de *A. parviflorus*, enquanto o teste de Kruskal-Wallis foi executado para verificar diferenças na produção média de sementes/fruto nos diferentes tratamentos de *L. smithii*.

A normalidade das variáveis foi analisada através de testes de Lilliefors (Sokal e Rohlf, 1995), sendo as análises executadas através do programa Bioestat® (Ayres *et al.*, 1998).

### ***Material botânico***

Espécimes testemunho de *A. parviflorus* (UFP 24936) e *L. smithii* (UFP 21363 e 25083) foram herborizados e depositados no Herbário da Universidade Federal de Pernambuco - Geraldo Mariz.

## **RESULTADOS**

### ***Caracteres gerais das espécies***

*Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii* ocorrem como epífitas próximas ao nível do solo até cerca de 6-8m de altura. Acidentalmente, ocupam a serrapilheira devido a queda de árvores, emitindo, posteriormente, longos estolões na busca de uma hospedeira para se fixar. Ocorrem no sub-bosque da mata sendo consideradas de sombra obrigatória, formando agrupamentos sintópicos (100 – 300 indivíduos) com distribuição espacial limitada a um ou poucos trechos da mata mais conservada. Florescem sincronicamente durante a estação seca entre dezembro e fevereiro, com a oferta de poucas flores (1-13) por indivíduo/dia.

A propagação vegetativa ocorre através de estolões, vegetando em troncos finos de arvoretas ou árvores jovens e parecem não ter preferência por determinados tipos de forófitos, sendo encontradas principalmente sobre Rubiaceae, Bombacaceae, Leguminosae e Nyctaginaceae. As

flores são hermafroditas e inodoras. A antese é diurna, iniciando por volta das 5:00 h durando cerca de 12 horas. Ambas as espécies são polinizadas principalmente por abelhas.

### ***Fenologia da floração***

#### ***Araeococcus parviflorus***

As plantas abrem de uma a 13 flores/dia ( $n = 54$  indivíduos), sendo que a variação de flores abertas/agrupamento/dia variou de 2 a 204 flores ao longo de todo período de floração. Em todas as análises ocorreram diferenças significativas entre os dois períodos, exceto item referente ao total de flores no agrupamento (ver Tabela 1). Os picos de floração ocorreram entre os dias 20 e 28 de janeiro de 2000 e 11 de janeiro de 2001 (Fig. 2).

A proporção do tempo de floração variou significativamente entre os indivíduos ( $G = 18,47$ ,  $gl = 3$ ,  $P < 0,005$ ), sendo que 59,2% dos indivíduos floresceram entre 30 e 35 dias (Fig. 3a). A proporção de flores produzidas/indivíduo, também variou significativamente ( $G = 40,81$ ,  $gl = 3$ ,  $P < 0,0001$ ), sendo que 55,5% das espécies estão na categoria de 101-150 flores/planta (Fig. 3b).

#### ***Lymania smithii***

As plantas abrem de uma a oito flores/dia ( $n = 79$  indivíduos), sendo que a variação de flores abertas/agrupamento/dia variou de uma a 84 flores ao longo de todo período de floração. Em todas as análises ocorreram diferenças significativas entre os dois períodos, exceto nos itens referentes ao total estimado de indivíduos floridos, total de flores no agrupamento, média do tempo de floração/indivíduo e média de indivíduos floridos/dia (ver Tabela 1). Os picos de floração ocorreram entre os dias 27 e 30 de janeiro de 2000 e entre 6 e 13 de janeiro de 2001 (Fig. 4).

A proporção do tempo de floração variou significativamente entre os indivíduos ( $G = 44,98$ ,  $gl = 2$ ,  $P < 0,0001$ ), sendo que 58,2% dos indivíduos floresceram entre 15 e 30 dias (Fig. 5a). A proporção de flores produzidas/indivíduo, também variou significativamente ( $G = 52,51$ ,  $gl = 2$ ,  $P < 0,0001$ ), sendo que 72% das plantas estão na categoria de 9 a 50 flores/planta (Fig. 5b).

### ***Análise entre as espécies***

De um modo geral, houveram diferenças significativas nas estratégias de fenologia da floração entre *A. parviflorus* e *L. smithii*, exceto no tempo total de floração das espécies e o total estimado de indivíduos floridos (ver Tabela 1).

Foram observados dois níveis distintos de estratégia de floração nas duas espécies: individual e agrupado, isto é, enquanto uma planta produz um baixo número de flores por um longo período de tempo (superior a 30 dias) ao nível populacional este percentual aumenta consideravelmente sendo 65,93 flores ( $n = 95$ ) para *A. parviflorus* e 34,89 flores ( $n = 95$ ) para *L. smithii* (Tabela 1).



De um modo geral, observou-se uma sincronia de floração entre as espécies. A dinâmica de floração diária ocorreu em “pulsos” (Figs. 2 e 4) atingindo o pico de floração entre os dias 20-30 de janeiro no primeiro ano e entre 6 e 13 de janeiro no segundo ano. O maior número de plantas floridas por dia incrementou o número de flores abertas no agrupamento de ambas as espécies (Figs. 2 e 4).

Em *A. parviflorus* houve diferença no tempo de floração entre os dois períodos (anos). No primeiro período a floração no agrupamento já estava em ascensão, próximo à estabilidade. No segundo período observou-se o início, meio (pico) e fim da floração (Fig. 2), também observado em *L. smithii* (Fig. 4).

A maioria dos indivíduos em ambas as espécies floresceram entre 28 e 35 dias caracterizando um longo período de floração. Poucos indivíduos de *L. smithii* floresceram entre 10 e 21 dias o que está associado com plantas de inflorescências simples com poucas flores. Em poucos casos, a floração se estendeu por mais de 40 dias em um indivíduo.

Também, houve distinção entre os períodos de floração da geração F1 nas duas espécies. Enquanto que em *A. parviflorus*, o broto, apesar de ser emitido antes da floração da planta matriz, só floresceu dois anos depois; em *L. smithii* a maior parte dos indivíduos da geração F1 completou seu ciclo reprodutivo na floração do período subsequente.

## ***Biologia Floral***

### ***Araeococcus parviflorus***

As inflorescências destas espécies são paniculadas ( $\Sigma = 11$  ramos/inflorescência,  $n = 20$ ), subpiramidais, medindo 32 cm alt. ( $n = 7$ ), produzindo, em média,  $115,98 \pm 34,29$  flores ( $n = 54$ ). As flores são pediceladas, alvas e inconspícuas medindo 7 mm comp. ( $n = 10$ ). As pétalas são elípticas, com margens inconspicuamente crenadas. As sépalas são mucronuladas. As anteras são amarelas, rimosas, inclusas na corola, sendo o pólen liberado como uma “nuvem” algumas horas após o estigma se tornar receptivo, caracterizando uma breve dicogamia protogínica. A produção de pólen por flor é de  $27000 \pm 18097,96$  ( $n = 10$ ). A razão P/O foi de 281,07 ( $n = 10$ ). O estilete tem uma “dobra” na porção médio-superior. O estigma é alvo do tipo conduplicado espiral sendo o estilete quase duas vezes maior do que as anteras, conferindo hercogamia floral. Não se observou presença de nectário vestigial. Os óvulos são desde obtusos a apiculados e estão envolvidos por uma mucilagem gelatinosa. Os frutos são carnosos passando de verdes a vermelhos tornando-se quase negros quando maduros, após três a quatro meses da fecundação.

As flores abrem-se de variados pontos da inflorescência. No dia seguinte após a antese, as flores apresentavam as pétalas murchas, amarronzadas e o estigma exteriorizado e algumas vezes formando tufo de fungos, principalmente nos dias chuvosos.

### ***Lymania smithii***

As plantas ficam inclinadas em relação à planta hospedeira formando um ângulo de 30-45°, com crescimento vegetativo espiralado de modo que a planta de cima não se sobrepõe a de baixo. A disposição espiralada favorece a captação de água e nutrientes otimizando a formação de touceiras ( $\Sigma = 7,73 \pm 3,07$ ,  $n = 11$  indivíduos). As plantas apresentam as lâminas foliares desde completamente verdes, variegadas ou ainda com a face abaxial arroxeadas. As inflorescências de *L. smithii* podem ser simples, paniculadas ou subpiramidais com até sete ramos florais ( $\Sigma = 3,3 \pm 0,94$ ,  $n = 36$ ), que em média produzem  $42,39 \pm 22,41$  flores ( $n = 79$ ).

As flores são sésses e esverdeadas, medindo 11-12 mm comp. ( $n = 10$ ). A corola é suavemente azul, patente na antese, apresentando as margens das pétalas inconspicuamente crenadas. As sépalas são assimétricas (ecarinadas). As anteras são alvas, rimosas, inclusas e tocam na porção inferior do estigma que é do tipo conduplicado espiral, sem dicogamia evidente. A produção de pólen por flor é de  $27000 \pm 18097,96$  ( $n = 10$ ). A razão P/O foi de 281,07 ( $n = 10$ ). O ovário é sulcado (seis-alado carinado) e os óvulos são apiculados. Os frutos são carnosos, azuis e se desprendem facilmente da raquis quando maduros.

As flores abrem-se sequencialmente da base da inflorescência para o ápice. No dia seguinte, após a antese, as flores apresentam as pétalas avermelhadas e retorcidas.

Em *L. smithii*, o volume médio de néctar por flor foi de  $2,27 \mu\text{l} \pm 0,66$  ( $n = 23$ , variando entre 1 e  $3,4 \mu\text{l}$ ), com uma concentração média de equivalentes de sucrose de  $29 \% \pm 2,45$  ( $n = 23$ , variando entre 26 e 31,8 %). O néctar foi produzido gradativamente ao longo do dia. A concentração apresentou um ligeiro aumento ao longo do dia.

### ***Visitantes florais***

*Araeococcus parviflorus* foi polinizada exclusivamente por abelhas (*Chilicola megalostigma*, *Ceratinula* sp1 e sp2, *Plebeia* cf. *minima* e *Trigona* sp. nov.) (Fig. 6, Tabela 2), sendo as três primeiras mais eficientes em função da frequência de visitas e do comportamento (Fig. 7). As abelhas coletam pólen como recurso floral, cujas visitas iniciam logo após a antese das flores e ocorre ao longo do dia, sendo mais frequentes de 7 às 9:00 h (Fig. 7). Ao pousar nas flores, as

abelhas tocam o estigma com a região abdominal promovendo a polinização. Em geral, as abelhas raspam as anteras com as pernas anteriores e medianas girando em torno da flor, passando o pólen para as corbículas. Mais raramente, as abelhas tocam o estigma com as pernas posteriores. A maior parte do pólen é armazenada nos esternos metassomais, coxa, trocânter e fêmur dos Hymenoptera.

*Lymania smithii* foi polinizada também por abelhas (*Ceratinula* sp2. e *Trigona* sp.nov.) (Fig. 6, Tabela 2), sem nenhuma evidência de predomínio entre as espécies observadas. As abelhas coletam pólen e néctar como recursos florais. De um modo geral, as visitas das abelhas foram mais escassas em relação a *A. parviflorus*, sendo mais frequentes pela manhã, pois à tarde parte das flores já haviam sido consumidas pelos Chrysomelídeos. Do mesmo modo que *A. parviflorus*, as abelhas ao pousarem nas flores, tocam o estigma com a região abdominal, polinizando-as. Mais raramente, foram observadas borboletas polinizando as flores de *L. smithii* (Tabela 2), além de beija-flores como *Phaethornis ruber* e fêmeas de *Thalurania watertonii*, que eventualmente podem promover a polinização transportando o pólen através do bico.

### **Sistema reprodutivo**

Os resultados dos experimentos de polinização manual, cruzada e controle estão sumarizados na Tabela 3. *Araecoccus parviflorus* é auto-incompatível, e mesmo em condições naturais (controle) ou nas polinizações cruzadas, notou-se um baixo percentual de frutos, inferior a 30% (Tabela 3). A média de 84 óvulos/flor (n = 26) equivale a seis vezes mais a média de sementes produzidas em condições naturais. Por outro lado, *L. smithii* é auto-compatível com alta taxa de produção de frutos (>77%), inclusive nos experimentos de autopolinização espontânea.

Tanto em *A. parviflorus* como em *L. smithii*, não houve diferença significativa na proporção de flores/frutos produzida entre os tratamentos. Com relação a produção média de sementes frutos entre os tratamentos, em *A. parviflorus* não houve diferença significativa. Porém, em *L. smithii*, houve diferença significativa entre o tratamento controle e os demais tratamentos (H = 50,66, gl = 3, P < 0,0001), porém entre os outros tratamentos não houve diferença significativa.

Em *A. parviflorus* a interrupção do tubo polínico ocorreu no estigma nas autopolinizações manuais após 48 horas, com a formação de *plugs* de calose, enquanto que nos experimentos de xenogamia, observou-se a penetração dos tubos polínicos no óvulo através da micrópila, após 48 horas (Fig. 8). No intervalo de 24 h, as amostras foram infectadas por fungos inviabilizando as análises.

Não houve diferença significativa na produção média de pólen/flor, óvulo/flor e na razão P/O entre *A. parviflorus* e *L. smithii* (ver Tabela 4).

## DISCUSSÃO

Nossos resultados indicam que *Araeococcus parviflorus* e *L. smithii* apresentam vários atributos florais semelhantes: flores diurnas, período de antese, médias do número de grãos de pólen e óvulos; e ecológicos: forma de vida, tipo de polinizador, necessidade de sombreamento, ausência de partição temporal ou espacial de nichos, porém diferem entre si nas características de floração, tipo de recompensa floral e sistema reprodutivo (Tabela 4).

### *Fenologia da floração*

As espécies aqui estudadas florescem sincronicamente em plena estação seca. A análise detalhada de várias características da floração evidenciou que nos dois períodos de observação houve fortes divergências na estratégia de floração intra e interespecífica (ver Tabela 1) não sendo influenciada pela precipitação nos dois períodos de floração.

Ao nível de indivíduo, o padrão fenológico de ambas as espécies foi do tipo disponibilidade regular (*sensu* Gentry 1974), sendo de  $3,24 \pm 0,77$  (n = 54) flores/dia em *A. parviflorus* e  $1,44 \pm 0,59$  (n = 79) flores/dia em *L. smithii*, porém quando se trata ao nível de agrupamento os valores podem ser interpretados como uma estratégia do tipo cornucópia, sendo  $65,93 \pm 55,1$  (n = 95) flores/dia em *A. parviflorus* e  $34,89 \pm 22,64$  (n = 95) flores/dia em *L. smithii* num período superior a 30 dias. De acordo com Newstrom *et al.* (1994), ambas as espécies apresentaram um padrão de floração sub anual.

São conhecidas outras estratégias fenológicas em Bromeliaceae, como explosiva em *Billbergia morelii* (ver cap. I) e *Pepinia sprucei* (J.A.Siqueira *in prep.*) ou cornucópia em *Hohenbergia ridleyi* (Siqueira e Machado, 1998) e *Portea leptantha* (ver cap. I). Estes padrões distintos influenciam as diferentes estratégias de forrageamento dos polinizadores, garantindo oferta de alimento durante todo o ano às populações residentes.

Há uma sincronia de floração inter e intraespecífica em *A. parviflorus* e *L. smithii*, uma vez que coincidem os períodos de floração com forte sobreposição de floração entre os indivíduos de ambas as espécies, sugerindo um aumento de atração dos polinizadores. Em *Canistrum aurantiacum* a floração intraespecífica obedece a um padrão mais seqüencial (Siqueira Filho e Machado, 2001), também observado em três espécies de *Vriesea* ornitófilas (Araújo *et al.*, 1994) e mesmo ao nível de comunidades (Martinelli, 1994, 1997; Buzato *et al.*, 2000, Lopes, 2002, ver cap. I). A floração seqüencial em plantas neotropicais é interpretada como resultado evolutivo que possibilita o uso de um mesmo tipo de polinizador (ver Gentry, 1974).

*Araeococcus micranthus* também floresce no período seco na Amazônia Central, porém a velocidade da propagação vegetativa é mais parecida com a de *L. smithii* do que *A. parviflorus*, na qual a emissão de brotos ocorre logo após a floração e as novas plantas florescem no período seguinte (Nara 1998).

### **Biologia floral e visitantes florais**

As espécies de Bromeliaceae tratadas aqui apresentam flores com longevidade de apenas um dia. Na subfamília Bromelioideae é padrão a antese diurna e de apenas um dia, embora sejam conhecidos casos raros de floração noturna como em *Canistrum pickelii* (Siqueira Filho e Leme, 2002, ver cap. I) e *Aechmea kleinii* (Reitz, 1953). É também incomum o caso de flores com duração de dois ou mais dias como em *Araeococcus micranthus* cuja antese dura dois dias (Nara, 1998). Na subfamília Tillandsioideae, sobretudo nas *Tillandsia*, anteses mais prolongadas parecem ser mais comuns (Till, 1992).

A variação cromática das folhas de *L. smithii* também é encontrada em outras Bromeliaceae como *Aechmea fulgens*, *Nidularium antoineanum*, *N. amazonicum* e outras Bromelioideae está geralmente associada com uma adaptação a ambientes sombreados (Benzing 1981; Leme, 2000, 2002). A grande variação de flores/inflorescência em *L. smithii* deve-se ao fato da presença de inflorescências simples e paniculadas, também encontrado em outras espécies do gênero (Leme, 1987).

São muitas inferências de ocorrência de entomofilia em Bromeliaceae, principalmente em ambientes xéricos e abertos como em *Cottendorfia* (J.Siqueira, obs. pess.), *Brocchinia*, *Deuterocohnia* e *Dyckia* (Varadarajan e Brown, 1988), *Fosterella* (Kessler e Krömer, 2000; Kessler, 2002), *Tillandsia* (Gardner, 1986; Till, 1992) porém são poucos os casos comprovados de abelhas polinizando Bromeliaceae (Fischer, 1994; Siqueira Filho e Machado, 1998; Nara, 1998; Ramírez *et al.*, 2000, ver caps. III e IV), mas em todos os casos relatados as abelhas polinizadoras coletam néctar.

Até o presente momento, *A. parviflorus* é a primeira espécie na família Bromeliaceae, cujo pólen é utilizado como recurso floral para abelhas. É muito provável que o pólen também seja o principal recurso coletado por abelhas e vespas em *Hechtia podantha* (Miquel, 2000) e *Hechtia schottii* (Ramírez *et al.*, 2000), um gênero dióico que ocorre em florestas xéricas no México

Entre as abelhas polinizadoras de *A. parviflorus* se destacam as abelhas solitárias e oligoléticas, principalmente as Colletidae que são pouco representadas nas coleções entomológicas. Por exemplo, *Chilicola megalostigma* foi descrita por Ducke (1908), proveniente da Serra do Baturité no Ceará e visitava flores de *Borreria verticilata* Mey (Rubiaceae). Somente após 87 anos,

a mesma espécie foi observada por Wilms (1995) visitando flores de *Rhipsalis capiliformis* (Cactaceae) nas matas da Boracéia em São Paulo e agora é reportada pela primeira vez em Pernambuco visitando as flores de *A. parviflorus*.

*Chilicola megalostigma* apresenta algumas especializações estruturais como os palpos maxilares desenvolvidos, a cabeça achatada e as projeções córneas dos segmentos da fronte basal do tarso observado nas fêmeas e não encontrado em outras espécies de abelhas, o que sugere tratar-se de adaptações especiais para coleta de pólen (Brooks e Michener, 1999; C. Michener, *com. pess.*), constituindo-se provavelmente em um mecanismo especializado de polinização.

As abelhas *Trigona* que visitam ambas as espécies foram frequentemente encontradas pilhando as flores de outras espécies de Bromeliaceae na área, como *Cryptanthus diana* (ver cap. IV), e 43% das espécies tipicamente ornitófilas como *Aechmea stelligera*, *Billbergia morelii*, *Pseudananas sagenarius* e *Vriesea psittacina* (ver cap. III). Isto pode ser uma evidência de escassez temporal de recursos no local (Sazima e Sazima, 1989; Roubik, 1989; Siqueira Filho, *in prep.*) ou capacidade de explorar recursos florais não relacionados ou inconspícuos. Na Amazônia Central, as abelhas *Trigona* são responsáveis por 82% das visitas em *Araeococcus micranthus* (Nara, 1998).

Os beija-flores que visitaram *L. smithii*, são típicos de sub-bosque na Floresta Atlântica Nordeste (Roda, 2002). Geralmente, o comportamento oportunista dos beija-flores está associado com a coleta de recursos de baixo ganho (*sensu* Feinsinger e Colwell, 1978) ou, semelhantes às abelhas *Trigona*, capacidade de explorar recursos não relacionados com a ornitofilia. Além disso, as taxas de volume e concentração de néctar de *L. smithii* foram consideradas baixas em relação à importância que a família Bromeliaceae desempenha em comunidades de plantas ornitófilas (Siqueira e Machado, 1998; Buzato *et al.*, 2000; Varassin e Sazima, 2000; Lopes, 2002; ver cap. I).

Os Chrysomelídeos foram os principais predadores de pétalas, anteras e estigma das flores (Fig. 6d, Tabela 2). Ao serem notados nas flores, os besouros saltavam das mesmas permanecendo imóveis de pernas para cima como se estivessem mortos, comportamento conhecido como tanatose (Lima, 1952), também observado ao visitar outras espécies de Bromeliaceae como *Aechmea lingulata*, *Canistrum pickelii* e *Cryptanthus diana* (ver cap. I).

### **Sistema reprodutivo**

*Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii* ocorrem como epífitas no sub-bosque da mata, sendo a primeira espécie auto-incompatível e a segunda auto-compatível e apomítica. Alguns estudos enfocam uma relação positiva entre o sistema reprodutivo e a composição de espécies e famílias (Bianchi *et al.*, 2000) enquanto outros enfocam uma relação positiva entre o sistema reprodutivo e o epifitismo (Bush e Beach, 1986). No entanto, não há um padrão evidente entre essas variáveis, visto que *Aechmea distichantha*, *Bromelia serra* e *Dyckia ferox* (Bianchi *et al.*, 2000),

*Aechmea fasciata*, *Billbergia pyramidalis* e *Quesnelia arvensis*, *Q. lateralis*, *Q. marmorata* (Martinelli 1997), todas espécies de sub-bosque, são auto-incompatíveis.

A lacuna de informações sobre o sistema reprodutivo de Bromeliaceae contrasta com a representatividade da família nos Neotrópicos e sua importância horticultural (Martinelli 1997, Till 2000), sendo a maior parte das análises baseadas em inferências a partir de plantas cultivadas em casa de vegetação (McWilliams 1974). Deste modo, os tipos de sistema reprodutivo ocorrem indistintamente nas três subfamílias sem nenhuma aparente relação com a história natural e ecologia das espécies que indiquem os diferentes sistemas sexuais (Benzing *et al.*, 2000).

Baseado no desenvolvimento do tubo polínico em *Araeococcus parviflorus*, sugerimos se tratar de um mecanismo de auto-incompatibilidade do tipo homomórfico esporofítico. Adicionalmente, *A. parviflorus* é o primeiro caso de espécie melitófila de Bromeliaceae conhecida como auto-incompatível, pois até o presente momento, a auto-incompatibilidade foi registrada apenas para espécies ornitófilas (Brewbaker e Gorrez, 1967; McWilliams 1974; Bernardello *et al.*, 1991; Aizen e Feinsinger, 1994; Martinelli 1994; Araújo *et al.*, 1994; Nara, 1998; Bianchi *et al.*, 2000; ver cap. I).

Notou-se uma baixa produção de frutos e baixa produção de sementes/fruto em condições naturais e nas polinizações cruzadas em *A. parviflorus*. Esta baixa fecundidade associada com a baixa razão P/O, contraria a hipótese de Cruden (1977) de que as espécies seriam auto-compatíveis. De fato, *Araeococcus parviflorus* e *L. smithii* não apresentam diferença significativa na razão P/O. Cruden (1977) defende que a razão P/O seria um indicador conservativo do sistema reprodutivo das angiospermas, o que não é corroborado por nosso estudo, visto que *A. parviflorus* é auto-incompatível enquanto *L. smithii* é auto-compatível.

Sob condições naturais apenas 16,6% dos óvulos produziram sementes, sendo levantadas três possíveis hipóteses para explicar a baixa formação de frutos em condições naturais em *A. parviflorus*: a) falta do serviço do polinizador devido a baixa frequência de visitas, b) os polinizadores promovem geitonogamia por se tratar de uma população clonal, c) as populações são inter-incompatíveis (P. Gibbs, *com. pess.*).

No caso de *L. smithii*, a auto-compatibilidade pode estar relacionada com a ausência de barreiras espacial (hercogamia) e temporal (dicogamia), visto que as anteras tocam na porção inferior do estigma, provocando autopolinizações espontâneas, o que pode estar “mascarando” os resultados obtidos na apomixia (Tabela 3), uma vez que o pólen pode ser liberado das anteras ainda em pré-antese provocando a autopolinização espontânea. A ausência de diferença significativa entre os tratamentos de apomixia e autopolinização espontânea é uma evidência direta da semelhança entre os tratamentos.

Por outro lado, as diferenças significativas encontradas na produção média de sementes/fruto nos tratamentos de autopolinização espontânea e manual ( $P = 0.0405$ ), autopolinização espontânea e controle ( $P < 0,0001$ ), autopolinização manual e controle ( $P < 0,0001$ ), sugerem que as abelhas são importantes para incrementar o sucesso reprodutivo de *L. smithii*.

Em *Canistrum aurantiacum*, outra Bromelioideae auto-compatível, foi evidenciado que os beija-flores polinizadores da espécie, otimizam a produção de frutos e sementes em populações naturais (Siqueira Filho e Machado, 2001). Em *Araeococcus micranthus*, uma espécie amazônica e também auto-compatível, embora apresente taxas de produção de frutos superior a 65%, ocorre baixa produção de sementes/fruto em condições naturais, sendo em média  $6 \pm 1,8$  ( $n = 256$  frutos) sementes (Nara, 1998). Em espécies auto-compatíveis de *Costus* spp. (Costaceae), Schemske (1983) também observou aumento significativo na produção de sementes referentes às polinizações cruzadas.

### **Considerações finais**

A propagação vegetativa em ambas as espécies não parece ser tão vantajosa como em outras espécies de Bromeliaceae que apresentam de três a seis brotos por planta adulta (Baracho, 1997; J.A. Siqueira, *obs. pess.*). No caso aqui tratado a relação é de 1:1 (broto:matriz), que além de diminuir a variabilidade genética da espécie pode conduzir a um declínio populacional. Por isso, investir na propagação sexual através da polinização deve ser uma estratégia sempre bem-sucedida para a manutenção de suas populações. De acordo com Grant (1989), quando a propagação vegetativa é limitada ocorre uma abundante produção de sementes, o que não é o caso de *A. parviflorus* que apresenta baixa formação de frutos e sementes.

A sincronia de floração e o uso do mesmo grupo de polinizadores em ambas as espécies pode levar a duas questões: 1) As plantas competem pelos polinizadores ou 2) As plantas somam esforços para otimizar a polinização beneficiando ambas as espécies.

Qualquer que seja a alternativa mais viável torna-se difícil chegar a uma conclusão definitiva em função das muitas variáveis que envolvem os processos de polinização e sistema reprodutivo das espécies. Seria interessante investigar como se dá a formação de frutos em condições naturais em populações isoladas de *A. parviflorus* e *L. smithii* e comparar com os dados aqui obtidos. Se houver um aumento de formação de frutos em qualquer uma das espécies isoladas pode-se inferir que a competição é o processo que regula a dinâmica populacional das espécies.

O conjunto de informações obtidas sobre fenologia de floração, polinização e sistema reprodutivo permitem concluir que há uma relação entre raridade e estas variáveis, sendo ambas as



espécies vulneráveis a fragmentação, apresentando alto grau de especialização de habitats, isolamento das populações, dependência de polinizadores e baixa reprodução vegetativa, sendo que *A. parviflorus* parece estar em maior risco de extinção local do que *L. smithii*, principalmente pela baixa formação de frutos (<30%) em condições naturais e ocorrência de xenogamia.

## AGRADECIMENTOS

G.D.P.S.Barros (Colônia Agroindustrial) pelo suporte logístico na RPPN Frei Caneca. J.A.Vicente Filho pelo auxílio nos trabalhos de campo. P. Magno, Z.M. Borges e A. Soares (Museu Nacional, RJ), C. Campaner (Museu de Zoologia, USP) e C. Schilindwein (UFPE) pela identificação dos insetos. P. E. Gibbs (Universidade de St. Andrews, Escócia), D. Wittman (Universidade de Bonn, Alemanha) e C. Michener (Universidade de Kansas, EUA), A.M.M. Santos (UFPE) e M.C.A. Barbosa (UFPE) pelas valiosas sugestões ao manuscrito. A.V.Lopes (UFPE) e G. Brown (Universidade de Wyoming, EUA) pela revisão do abstract. M. Tabarelli (UFPE) pelo auxílio na estatística. CAPES e CNPq pelo auxílio financeiro.

## LITERATURA CITADA

- Aizen MA, Feinsinger P.** 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology* **75**: 330-351.
- Araújo AC, Fischer EA, Sazima M.** 1994. Floração sequencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região de Juréia, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **17**: 113-118.
- Ayres M, Ayres Jr.M, Ayres DL, Santos AS dos.** 1998. *Bioestat: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Manaus: Sociedade Civil Mamirauá, MCT- CNPq.
- Baracho, GS.** 1997. Propagação vegetativa em Bromeliaceae. *Bromelia* **4**: 23-28.
- Benzing DH.** 1981. Patterns of foliar pigmentation in Bromeliaceae and their adaptive significance. *Selbyana* **5**: 224-240.
- Benzing DH, Luther HE, Bennett B.** 2000. Reproduction and life history. In: Benzing DH, ed. *Bromeliaceae: Profile of an adaptive radiation*. Cambridge: Cambridge University Press, 245-328.
- Bernardello LM, Galetto L, Juliani HR.** 1991. Floral nectar, nectary structure and pollinators in some Argentinean Bromeliaceae. *Annals of Botany* **67**: 401-411.

- Bianchi MB, Gibbs PE, Prado DE, Vesprini JL.** 2000. Studies on the breeding systems of understory species of a Chaco woodland in NE Argentina. *Flora* **195**: 339-348.
- Brewbaker JL, Gorrez DD.** 1967. Genetics of self-incompatibility in the monocot genera *Ananas* (Pineapple) and *Gasteria*. *American Journal of Botany* **54**: 611-616.
- Brown GK, Gilmartin AJ.** 1989. Stigma types in Bromeliaceae - A systematic survey. *Systematic Botany* **14**: 110-132.
- Brooks RW, Michener CD.** 1999. The *Chilicola megalostigma* species group and notes on two lost types of *Chilicola* (Hymenoptera: Colletidae, Xeromelissinae) *Journal of Hymenoptera Research* **8**: 132-138.
- Bush, SP, Beach JH.** 1986. Breeding systems of epiphytes in a tropical montane wet forest. *Selbyana* **16**: 155-158.
- Buzato S, Sazima M, Sazima I.** 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic forest sites. *Biotropica* **32**: 824-841.
- Cruden RW.** 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* **31**: 32-46.
- Ducke A.** 1908. Contribution à la connaissance de la faune Hyménoptérologique du nord-est du Brésil, II Hyménoptères récoltés dans l'état de Ceará en 1908. *Revue d'Entomologie* **27**: 57-87.
- Faegri K, van der Pijl L.** 1979. *The principles of pollination ecology*. New York: Pergamon Press.
- Feinsinger P, Colwell RK.** 1978. Community organization among Neotropical nectar-feeding birds. *American Zoology* **18**: 779-795.
- Fischer EA.** 1994. *Polinização, fenologia e distribuição espacial de Bromeliaceae numa comunidade de Mata Atlântica, Litoral Sul de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Gardner CS.** 1986. Inferences about pollination in *Tillandsia* (Bromeliaceae). *Selbyana* **9**: 76-87.
- Grant V.** 1989. *Especiación vegetal*. México: editorial Limusa S.A.
- Gentry AH.** 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* **6**: 64-68.
- IBGE.** 1985. *Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste*. Rio de Janeiro: IBGE.
- IBGE.** 1992. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Kessler M.** 2002. Environmental patterns and ecological correlates of range size among bromeliad communities of Andean forest in Bolivian. *The Botanical Review* **68**: 100-127.
- Kessler M, Krömer T.** 2000. Patterns and ecological correlates of pollination modes among bromeliad communities of Andean forests in Bolivia. *Plant Biology* **2**: 659-669.

- Leme EMC.** 1987. Novas Bromeliáceas nativas do Brasil – V. *Bradea* **4**: 392-405.
- Leme EMC.** 1989. New *Lymania* species and identification key. *Journal of the Bromeliad Society* **39**: 262-264.
- Leme EMC, Forzza RC.** 2001. A new *Lymania* species from Bahia, Brazil. *Journal of the Bromeliad Society* **51**: 195-198.
- Leme EMC.** 2002. Two *Nidularium* species from São Paulo State, Brazil: synonyms and further comments. *Journal of the Bromeliad Society* **52**: 195-201.
- Leme EMC.** 2000. *Nidularium*: Bromélias da Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Sextante Artes.
- Lima AMC.** 1952. *Insetos do Brasil. Coleópteros*. Tomo 7, cap. XXIX (1º parte). Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia.
- Lloyd DG.** 1972. Breeding systems in *Cotula* L. (Compositae, Anthemideae). The array of monoclinal and diclinous systems. *The New Phytologist* **71**: 1181-1194.
- Lopes AV.** 2002. *Polinização por beija-flores em remanescente da Mata Atlântica Pernambucana, Nordeste do Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Lopes MS.** 2003. *Florística, aspectos ecológicos e distribuição altitudinal das Pteridófitas em remanescente de Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Luther HE.** 2002. *An Alphabetical List of Bromeliad Binomials*. 8ed. Florida: The Bromeliad Society International.
- Martin FW.** 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain technology* **34**: 125-128.
- Martinelli G.** 1994. *Reproductive biology of Bromeliaceae in the Atlantic rainforest of Southeastern Brazil*. PhD thesis. University of St. Andrews. St. Andrews, Scotland.
- Martinelli G.** 1997. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima In: Lima HC de, Guedes-Bruni RR, eds. *Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em mata atlântica*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 213-250.
- McWilliams EL.** 1974. Evolutionary ecology In: Smith LB, Downs RJ, eds. *Pitcairnioideae (Bromeliaceae)*. Flora Neotropica Monograph. 14. New York: Hafner Press, 40-55.
- Miquel MEL.** 2000. *Distribución de la abundancia y uso de los recursos florales por abejas (Hymenoptera, Apoidea) del Valle Zapotitlán de las Salinas, Puebla*. Tesis profesional. Universidad de las Américas, Puebla. México.
- Moura RA, Wada CS, Purchio A, Almeida TV.** 1987. *Técnicas de laboratório*. Rio de Janeiro: Atheneu.

- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853-845.
- Nara AK.** 1998. *Biologia floral e polinização de quatro espécies de Bromeliaceae de ocorrência em vegetação de baixio na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- Newstrom LE, Frankie GW, Baker HG.** 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* **26**:141-159.
- Pernambuco, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente.** 2002. *Atlas da biodiversidade de Pernambuco*. Recife: SECTMA.
- Prance GT.** 1990. Management and conservation of tropical ecosystems requires knowledge of plant/animal interactions: afterword. In: Gottsberger G, Prance GT, eds. *Reproductive biology and evolution of tropical woody angiosperms*. New York, USA: Memoirs of the New York Botanical Garden. 186-187.
- Primack RB.** 1993. The problems of small populations In: Primack RB, ed. *Essential of conservation biology*. Massachusetts, USA: Sunderlands, 253-275.
- Ramírez I, Chi-May F, Carnevali G, May-Pat F, Chuc-Puc G.** 2000. Portraits of Bromeliaceae from the Mexican Yucatan Peninsula – I: *Hechtia schottii* Baker ex Hemsley. *Journal of the Bromeliad Society* **50**: 20-24.
- Reitz R.** 1953. Uma *Aechmea* de flores noturnas, etc. *Anais Botânicos do Herbário “Barbosa Rodrigues”* **5**: 253-255.
- Roda SA.** 2002. Aves endêmicas e ameaçadas de extinção no Estado de Pernambuco. In: Tabarelli M, Silva JMC, orgs. *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. Recife: SECTMA e Massangana. 2vol., 537-555.
- Roubik DW.** 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. New York: Cambridge University Press.
- Santos EM, Carnaval ACOQ.** 2002. Anfíbios anuros do Estado de Pernambuco. In: Tabarelli M, Silva JMC, orgs. *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. Recife: SECTMA e Massangana, 2vol., 529-535.
- Sazima I, Sazima M.** 1989. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea) visitas, interações e conseqüências para polinização do maracujá (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Entomologia* **33**: 109-118.
- Schemske DW.** 1983. Breeding system and habitat effects on fitness components in three Neotropical *Costus* (Zingiberaceae). *Evolution* **37**: 523-539.

- Sick H.** 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro: Nova fronteira.
- Siqueira Filho JA.** 2002. Bromélias em Pernambuco: Diversidade e aspectos conservacionistas. In: Tabarelli M, Silva JMC, orgs. *Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco*. Recife, Pernambuco: SECTMA e Massangana, 1 vol., 219-228.
- Siqueira Filho JA, Leme EMC.** 2000. Suplemento: *Neoregelia* subgênero *longipetalopsis* In: Leme EMC, ed. *Nidularium: Bromélias da Mata Atlântica*. Rio de Janeiro: Sextante, 229-237.
- Siqueira Filho JA, Leme EMC.** 2002. An addition to the genus *Canistrum*: a new combination for an old species from Pernambuco and a new species from Alagoas, Brazil. *Journal of the Bromeliad Society* **52**: 105-121.
- Siqueira Filho JA, Machado IC.** 1998. Biologia floral de *Hohenbergia ridleyi* (Baker) Mez (Bromeliaceae). *Bromelia* **51**: 1-13.
- Siqueira Filho JA, Machado IC.** 2001. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da floresta atlântica, Nordeste do Brasil. *Acta Botânica Brasileira* **15**: 427-444.
- Smith LB, Downs RJ.** 1979. *Bromeliaceae 3: Bromelioideae. Flora Neotropica*. New York: The New Botanical Garden. **14**: 1493-2142.
- Sokal RR, Rohlf JF.** 1995. *Biometry*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Till W.** 1992. Systematics and evolution of the tropical-subtropical *Tillandsia* subgenus *Diaphoranthema* (Bromeliaceae). *Selbyana* **13**: 88-94.
- Till W.** 2000. Survey of the botanical content of the bromeliad family to provide new blood for commercial breeding. *Acta Horticulturae* **513**: 367-376.
- Varadarajan GS, Brown GK.** 1988. Morphological variation of some floral features of the subfamily Pitcairnioideae (Bromeliaceae) and their significance in pollination biology. *Botanical Gazette* **149**: 82-91.
- Varassin IG, Sazima M.** 2000. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em mata atlântica no sudeste do Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* **11/12**: 57-70.
- Veloso HP, Rangel Filho ALR, Lima JCA.** 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE.
- Wilms W.** 1995. *Die Bienenfauna im Küstenregenwald Brasiliens und ihre Beziehungen zu Blütenpflanzen: Fallstudie Boracéia, São Paulo*. Dissertation doctores der Fakultät für Biologie der Eberhard-Karls-Universität, Tübingen.

## LEGENDAS

Tabela 1 – Dinâmica de floração de *Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii* em dois períodos de floração na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco Ap1 = *Araeococcus parviflorus* no 1º período, Ap2 = *Araeococcus parviflorus* no 2º período, Ls1 = *Lymania smithii* no 1º período, Ls2 = *Lymania smithii* no 2º período.

Tabela 2 – Visitantes florais e respectivos tamanhos (mm) e recompensa coletada nas flores de *Araeococcus parviflorus* (Ap) e *Lymania smithii* (Ls) na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

Tabela 3 – Resultado dos experimentos para avaliar o sistema reprodutivo de *Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii*. (n = número de indivíduos).

Tabela 4 – Principais características de *Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii* na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

FIG. 1 – Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Frei Caneca (✿) situada no município de Jaqueira, zona da mata sul de Pernambuco. Áreas de estudo: 1) Mata da Serra do Quengo, 2) Mata do Jasmim, 3) Pedra do Cruzeiro. Base cartográfica: Carta imagem de radar de Palmares, PE/AL (folha SC.25-V-A-VI). 1985. Imagem de satélite Landsat TM, bandas 1, 2 e 3 (1995-96). Escala 1:60.000.

FIG. 2 – Dinâmica de floração de *Araeococcus parviflorus* (n = 54 indivíduos) na RPPN Frei Caneca durante dois períodos de floração com 37 e 60 dias.

FIG. 3 - Dinâmica de floração de *Araeococcus parviflorus* (n = 54 indivíduos). a) Distribuição dos indivíduos de acordo com o total de dias em floração. b) Distribuição dos indivíduos de acordo com o total de flores produzidas por planta.

FIG. 4 – Dinâmica de floração de *Lymania smithii* (n = 79 indivíduos) na RPPN Frei Caneca durante dois períodos de floração de 37 dias e 60 dias.

FIG. 5 – Dinâmica de floração de *Lymania smithii* (n = 79 indivíduos). a) Distribuição dos indivíduos de acordo com o total de dias em floração. b) Distribuição dos indivíduos de acordo com o total de flores produzidas por planta.

FIG. 6 – Visitantes florais em *Araeococcus parviflorus*. A) *Chilicola (Hylaeosoma) megalostigma* ♂, B) *Trigona* sp ♀, C) *Plebeia cf. minima* ♀, D) *Diabrotica hatawayi*, E) *Chilicola (Hylaeosoma) megalostigma* ♀, F) *Ceratinula* sp.1 ♀.

FIG. 7 – Frequência dos visitantes em *Araeococcus parviflorus* em classes de tempo na RPPN Frei Caneca entre os dias 2 e 4 de janeiro de 2001.

FIG. 8 – Desenvolvimento do tubo polínico em *Araeococcus parviflorus*. A) Formação de *plugs* de calose no tubo polínico ainda no estigma em autopolinização após 48 h, B) Penetração do tubo polínico no óvulo através da micrópila em polinização cruzada após 48 h (barra = 100µm).

Tabela 1 – Dinâmica de floração de *Arasococcus parviflorus* e *Lymantia smithii* em dois períodos de floração na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco  
 Ap1 = *Arasococcus parviflorus* no 1º período, Ap2 = *Arasococcus parviflorus* no 2º período, Ls1 = *Lymantia smithii* no 1º período, Ls2 = *Lymantia smithii* no 2º período.

Características	<i>Arasococcus parviflorus</i>			<i>Lymantia smithii</i>			Análise		Análise Interespecífica	
	Ap1	Ap2	Ap1XAp2	Ls1	Ls2	Ls1XLs2	Ap1XLs1	Ap2XLs2	Intraespecífica	Interespecífica
1) Tempo total de floração (dias)	37	60	X <sup>2</sup> Yates=4,99, gl=1, p=0,0255	37	60	X <sup>2</sup> Yates=4,99, gl=1, p=0,0255	Ap1XLs1	Ap2XLs2	p>0,05	p>0,05
2) Total estimado de indivíduos floridos	124	91	X <sup>2</sup> Yates=4,763, gl=1, p=0,0291	87	95	p>0,05	X <sup>2</sup> Yates=2,925, gl=1, p>0,05	X <sup>2</sup> Yates=0,011, gl=1, p>0,05	X <sup>2</sup> Yates=2,925, gl=1, p>0,05	X <sup>2</sup> Yates=0,011, gl=1, p>0,05
3) Total de flores no agrupamento	4023 (n=37)	2240 (n=17)	p>0,05	1508 (n=30)	1841 (n=49)	p>0,05	X <sup>2</sup> Yates=9,328, gl=1, p=0,0023	X <sup>2</sup> Yates=21,062, gl=1, p<0,0001	X <sup>2</sup> Yates=9,328, gl=1, p=0,0023	X <sup>2</sup> Yates=21,062, gl=1, p<0,0001
4) Média do tempo de floração/indivíduo	32,78±2,10 (n=37)	42,18±4,89 (n=17)	U=34,5, p<0,0001	28,67±3,94 (n=30)	28,06±6,64 (n=49)	p>0,05	U=212,5, p<0,0001	T=8,02, gl=64, p<0,001	U=212,5, p<0,0001	T=8,02, gl=64, p<0,001
5) Média de flores/indivíduo	3,31±0,46 (n=37)	3,09±0,41 (n=17)	p<0,0001	1,70±0,62 (n=30)	1,29±0,29 (n=49)	P<0,0001				
6) Média de indivíduos floridos/dia	31,08±8,92 (n=36)	11,24±5,70 (n=59)	U=149,5, p<0,0001	20,58±7,99 (n=36)	18,65±11,17 (n=60)	p>0,05	U=197,5, p<0,0001	U=197,5, p<0,0001	U=197,5, p<0,0001	U=1048, p<0,0001
7) Média de flores/agrupamento/dia	111,75±60,17 (n=37)	37,97±25,23 (n=17)	U=346, p<0,001	41,89±24,13 (n=30)	30,68±20,79 (n=49)	U=818,5, p=0,0478	T=6,4654, gl=70, p<0,0001	U=1494,5, p=0,0746	U=818,5, p=0,0478	T=6,4654, gl=70, p<0,0001
8) Média do total de flores/indivíduo durante a floração			T=2,3926, gl=52, p=0,0102			T=2,5264, gl=77, p=0,0068				

Os itens 1, 2 e 3 foram analisados através do teste X<sup>2</sup> (quadrado) enquanto os itens 4, 5, 6, 7 e 8 foram analisados através do teste T ou teste U (Mann-Whitney).

Tabela 2 – Visitantes florais e respectivos tamanhos (mm) e recompensa coletada nas flores de *Araeococcus parviflorus* (Ap) e *Lymania smithii* (Ls) na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

Visitantes florais	Tamanho (mm)	Plantas visitadas	Recompensa floral
<b>Colletidae</b>			
Xeromelissinae			
<i>Chilicola (Hylaeosoma) megalostigma</i> (Ducke, 1908)	5 –7	Ap	Néctar/pólen
<b>Anthophoridae</b>			
Xylocopinae			
<i>Ceratinula</i> sp1	7	Ap/Ls	Pólen
<i>Ceratinula</i> sp2	5-6	Ap/Ls	Pólen
<b>Apidae</b>			
Trigoninii			
<i>Trigona</i> sp.nov. <sup>a</sup>	7	Ap/Ls	Néctar/pólen
<i>Plebeia</i> cf. <i>minima</i> (Gribodo, 1893)	4	Ap	Pólen
<b>Chrysomelidae</b>			
Alticinae			
<i>Zepherina virgilia</i> Bech.	3	Ap/Ls	Pólen*
Galerucinae			
<i>Brasilaphthona</i> sp.	3-4	Ap/Ls	Pólen*
<i>Diabrotica hathawayi</i> Bech.	6	Ap/Ls	Pólen*
<b>Nymphalidae</b>			
Ithomiinae			
<i>Heteroscada gazoria</i> (Godart, 1819)	12	Ls	Néctar
<b>Syrphidae</b>			
Syrphinae			
<i>Leucopodella</i> sp.	9	Ap	Pólen
Sp1.	10	Ap	Pólen

\* Além de coletar pólen das flores, os Coleópteros consomem partes florais como pétalas, anteras e estigma. a J. M. F. Camargo (com. pess.).



Tabela 3 – Sucesso reprodutivo e produção de frutos e sementes entre diferentes tratamentos de *Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii* na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco. (n = número de indivíduos).

<b>Espécies/Tratamentos</b>	<b>Flores/Frutos (n)</b>	<b>Sucesso (%)</b>	<b>Sementes/ Fruto</b>
<i>Araeococcus parviflorus</i>			
Auto polinização espontânea	227/0 (n=2)	0	0
Auto polinização manual	49/0 (n=4)	0	0
Polinização cruzada manual	20/6 (n=2)	30	12,33 ± 23,01 (n=6)
Controle	1657/382 (n=13)	23,05	13,93 ± 13,21 (n=171)
	P>0,05*		U = 307,5, P>0,05**
<i>Lymania smithii</i>			
Auto polinização espontânea	111/99 (n=4)	89,18	31,77 ± 17,70 (n=40)
Auto polinização manual	77/60 (n=4)	77,92	54,38 ± 16,84 (n=26)
Apomixia	31/28 (n=3)	90,32	31,28 ± 16,55 (n=25)
Controle	364/296 (n=6)	81,31	55,15 ± 13,37 (n=60)
	P>0,05*		H = 50,66, gl=3, P<0,0001***

\* Teste G, \*\*Teste de Mann-Whitney, \*\*\* Teste de Kruskall-Wallis.

Tabela 4 – Principais características de *Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii* na RPPN Frei Caneca, Jaqueira, Pernambuco.

CARACTERÍSTICAS	<i>Araeococcus parviflorus</i>	<i>Lymania smithii</i>
Hábito de vida	Epífita	Epífita
Tipo fenológico ( <i>sensu</i> Gentry 1974)	Disponibilidade regular	Disponibilidade regular
Polinizador	Abelhas	Abelhas
Recompensa floral	Pólen	Néctar
Média de grãos pólen/flor	27000 ± 18096,96 (n=10)	29250 ± 15592,47 (n=10)
Média de óvulos/flor	83,96 ± 9,91 (n=26)	71,38 ± 7,85 (n=13)
Razão P / O	281,07 ± 98,66 (n=10)	441,14 ± 145,66 (n=10)
Sistema reprodutivo	Autoincompatível	Autocompatível

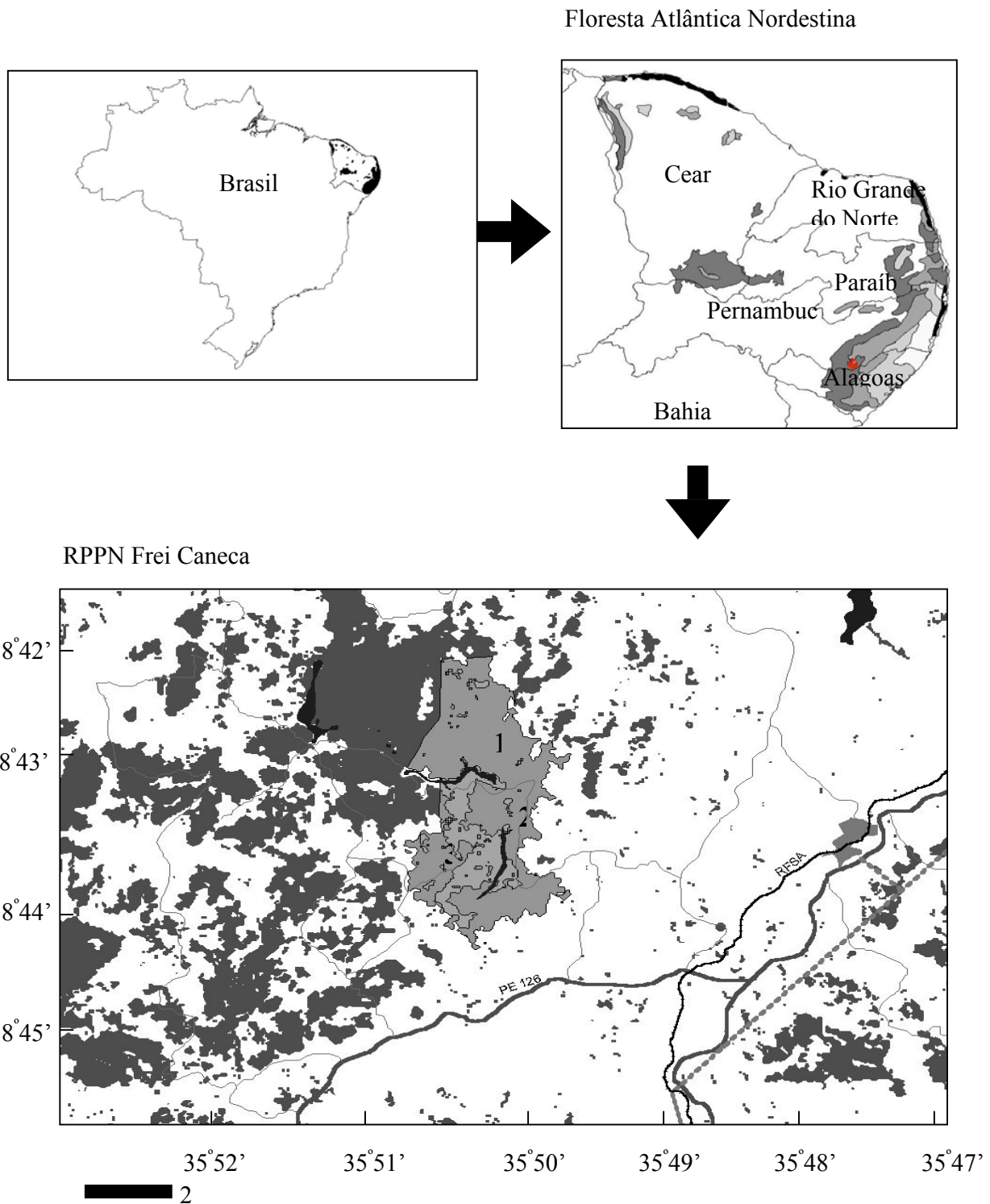


Figura 1 – Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Frei Caneca (●) situada no município de Jaqueira, zona da mata sul de Pernambuco. Áreas de estudo: 1) Mata da Serra do Quengo, 2) Mata do Jasmim, 3) Pedra do Cruzeiro. Base cartográfica: Carta imagem de radar de Palmares, PE/AL (folha SC.25-V-A-VI). 1985. Imagem de satélite Landsat TM, bandas 1, 2 e 3 (1995-96). Escala 1:60.000.

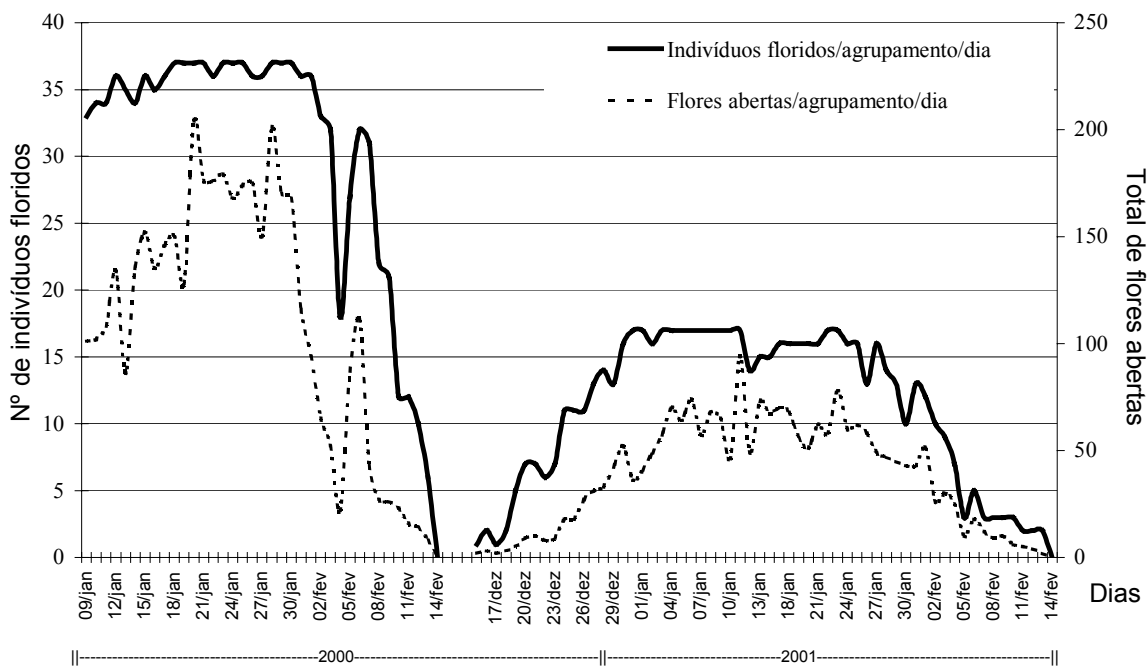


FIG. 2 – Dinâmica de floração de *Araecoccus parviflorus* (n = 54 indivíduos) na RPPN Frei Caneca durante dois períodos de floração de 37 e 60 dias.

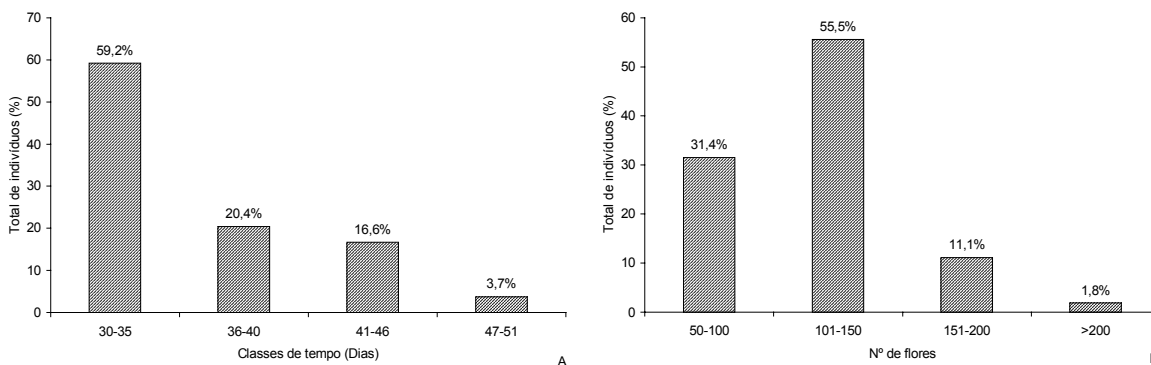


FIG. 3 – Dinâmica de floração de *Araecoccus parviflorus* (n = 54 indivíduos). A) Distribuição dos indivíduos de acordo com o total de dias em floração, B) Distribuição dos indivíduos de acordo com o total de flores produzidas por planta.

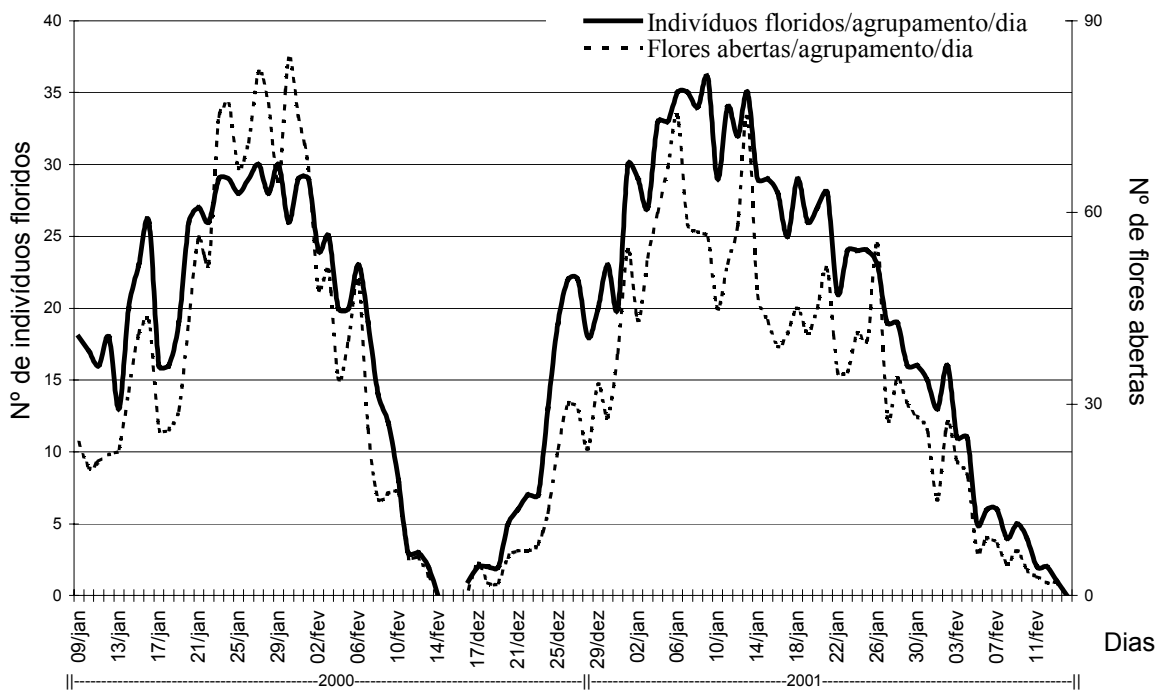


FIG. 4 – Dinâmica de floração de *Lymania smithii* (n = 79 indivíduos) na RPPN Frei Caneca durante dois períodos de floração de 37 dias e 60 dias.

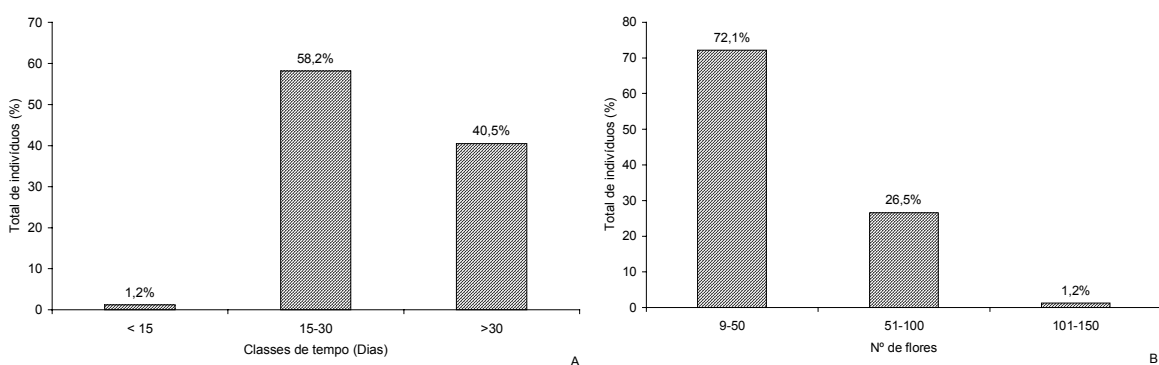


FIG. 5 – Dinâmica de floração de *Lymania smithii* (n = 79 indivíduos). A) Distribuição dos indivíduos de acordo com o total de dias em floração, B) Distribuição dos indivíduos de acordo com o total de flores produzidas por planta.

FIG. 6 – Visitantes florais em *Araecoccus parviflorus*. A) *Chilicola (Hylaeosoma) megalostigma* ♂, B) *Trigona* sp ♀, C) *Plebeia* cf. *minima* ♀, D) *Diabrotica hatawayi*, E) *Chilicola (Hylaeosoma) megalostigma* ♀, F) *Ceratinula* sp.1 ♀.



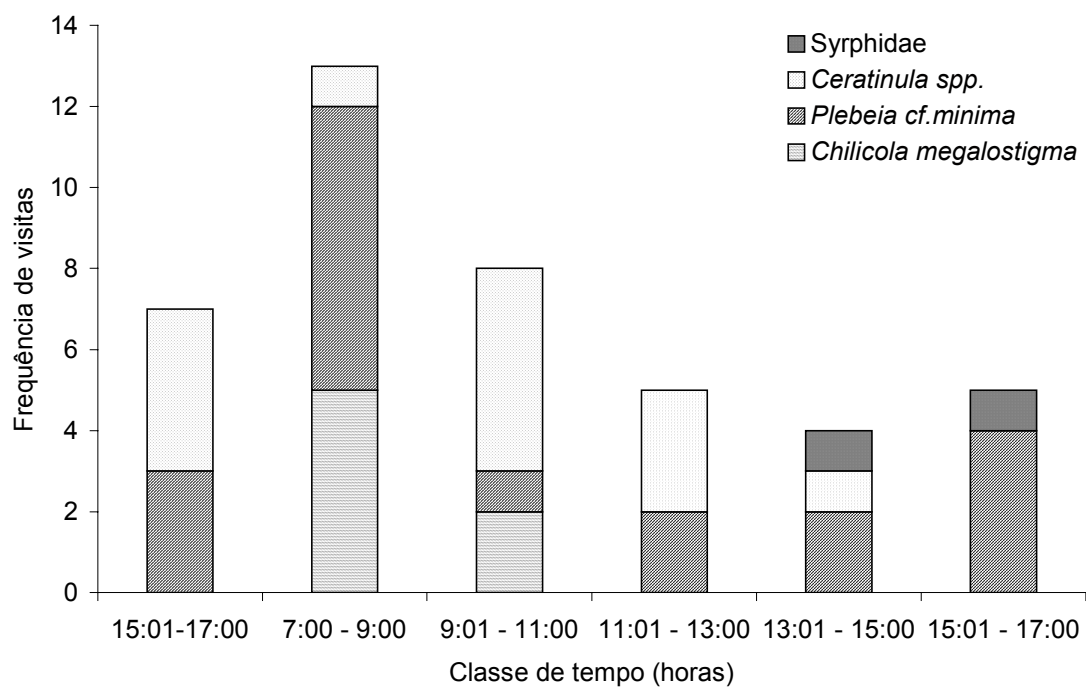


FIG. 7 – Frequência dos visitantes em *Araeococcus parviflorus* em classes de tempo na RPPN Frei Caneca entre os dias 2 e 4 de janeiro de 2001.



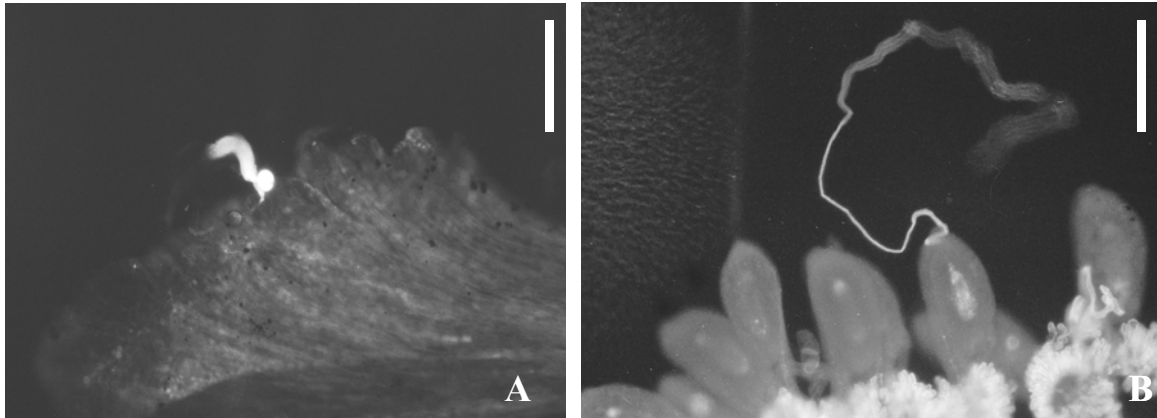


FIG. 8 – Desenvolvimento do tubo polínico em *Araecoccus parviflorus*. A) Formação de *plugs* de calose no tubo polínico ainda no estigma em autopolinização após 48 h, B) Penetração do tubo polínico no óvulo através da micrópila em polinização cruzada após 48 h (barra = 100 $\mu$ m).

## CAPÍTULO IV

### FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *CRYPTANTHUS* *DIANAE* LEME (BROMELIACEAE): UM CASO INCOMUM DE FLORES DE PERFUME?

JOSÉ ALVES DE SIQUEIRA FILHO & ISABEL CRISTINA MACHADO\*

Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, s. n., Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brasil.

e-mail: [siqueira@ufpe.br](mailto:siqueira@ufpe.br), [imachado@ufpe.br](mailto:imachado@ufpe.br)

\* Autor para correspondência

Título curto: Polinização de *Cryptanthus diana* (Bromeliaceae) por abelhas Euglossini

Manuscrito a ser submetido para o periódico SELBYANA

# FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *CRYPTANTHUS* *DIANAE* LEME (BROMELIACEAE): UM CASO INCOMUM DE FLORES DE PERFUME?

JOSÉ ALVES DE SIQUEIRA FILHO & ISABEL CRISTINA MACHADO

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Av. Prof. Moraes Rego, s.n., Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brasil.

**Resumo:** *Cryptanthus* Otto & A. Dietrich é um dos gêneros mais conhecidos da família Bromeliaceae, tem distribuição geográfica limitada ao território brasileiro do Rio Grande do Norte ao Rio de Janeiro, ocorrendo em áreas de restinga, floresta atlântica, campos rupestres e caatinga. A fenologia da floração e a biologia floral de *Cryptanthus diana* Leme foram observadas em populações naturais localizadas na Estação Ecológica do Tapacurá e na RPPN Frei Caneca, ambas localizadas em Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Cryptanthus diana* apresenta floração do tipo anual, abrindo de uma a quatro flores por dia. Possui sistema sexual do tipo andromonóico, com flores masculinas sendo produzidas com maior intensidade no início da floração, surgindo na parte centro apical da inflorescência, e mais raramente na região periférico-basal da inflorescência, local em que se abrem as flores hermafroditas. Foram registradas visitas de beija-flores (*Phaethornis ruber*), moscas, mariposas diurnas (*Saliana* sp.) e abelhas (machos de *Euglossa cordata* e *Eulaema nigrita* e fêmeas de *Trigona* sp.). Os machos de Euglossini foram considerados os principais polinizadores de acordo com seu comportamento e frequência de visitas. Durante as visitas, *Euglossa cordata* e *Eulaema nigrita* raspam as pétalas, os filetes e o estilete com as pernas anteriores sugerindo a presença de odor como recurso floral, adicional ao pólen e néctar, sendo esta a primeira referência da possível presença de perfumes florais na família Bromeliaceae.

Palavras-chave: fenologia da floração, *Cryptanthus diana*, andromonoicida, polinização, abelhas Euglossini, melitofilia, Floresta Atlântica.

**Abstract:** *Cryptanthus* Otto & A. Dietrich is one of the most distinctive genera in the Bromeliaceae. The range of distribution is limited to Brazil between the states of Rio Grande do Norte and Rio de Janeiro, occurring in coastal Atlantic forest, “Campos rupestres” (grassland on rocky soil at high altitudes), “Restinga” (sandy coastal plain vegetation), and “Caatinga” (deciduous vegetation in semi-arid areas of the northeastern Brazil). The flowering phenology and floral biology of *Cryptanthus diana* Leme were studied in natural sites in Tapacurá Ecological Station and RPPN Frei Caneca, both located in Pernambuco. *Cryptanthus diana* flowers once a year, with

one to four flowers opening per day. The species is andromonoecious with a predominance of male flowers during the beginning of the blooming period. Flowers emerge in the central apical area of the inflorescence and more rarely in the peripheral basal area of the rosette where the hermaphrodite flowers open. Visits by hummingbirds (*Phaethornis ruber*), flies, diurnal moths (*Saliana* sp.) and bees (*Euglossa cordata*, *Eulaema nigrita*, *Trigona* sp.) were observed. According to the behaviour and frequency of visits, the Euglossini males appear to be the main pollinators. During floral visits, *Euglossa cordata* and *Eulaema nigrita* scrape the petals, filaments and style with their forelegs, thus suggesting that odor is an additional floral resource in addition to the pollen and nectar. This would be the first report of the presence of floral odor as primary attractant in Bromeliaceae.

Key-words: flowering phenology, *Cryptanthus diana*, andromonoicy, pollination, Euglossini bees, odor flowers, Atlantic Forest.

## Introdução

Os estudos de fenologia e biologia floral em Bromeliaceae vêm sendo desenvolvidos de forma sistemática nesta última década (Fischer 1994; Martinelli 1997; Buzato et al. 2000; Varassin & Sazima 2000, Siqueira Filho & Machado 1998, 2001). Tais estudos destacam que as principais guildas de polinizadores de representantes da família são beija-flores (Sazima et al. 1995a, 1996) e morcegos (Sazima et al. 1989; 1995b, 1999), havendo, inclusive, sugestões de coevolução recíproca entre as aves e essa família de plantas nos neotrópicos (Sick 1997, Varassin & Sazima 2000).

Por outro lado, a polinização por insetos em Bromeliaceae tem sido pouco discutida até o momento, com inferências baseadas na morfologia floral (Gardner 1986; Ramírez 2001), muito embora já se tenham alguns casos comprovados (Fischer 1994; Nara 1998; Siqueira Filho & Machado 1998) que destacam o papel de abelhas como polinizadores efetivos de algumas espécies da família.

As flores que produzem odores utilizados como atrativo e recompensa para abelhas Euglossini têm sido reconhecidas apenas em poucas famílias de angiospermas como Aristolochiaceae, Asclepiadaceae, Araceae, Burmanniaceae, Gesneriaceae, Orchidaceae e Solanaceae (Ackerman 1986, Vogel 1990, Endress, 1994, Sazima et al. 1993), não havendo referência para a família Bromeliaceae.

O gênero *Cryptanthus* é endêmico do Brasil, sendo constituído por 58 espécies (Luther 2002, E. Leme, com. pess.), tipicamente terrestres ou saxícolas. Com muitas espécies ornamentais, o gênero vem sofrendo com a fragmentação dos ambientes e dispersão a curta distância, apresentando suas populações naturais reduzidas e ameaçadas (Siqueira Filho 2002). Devido a escassez de informações sobre a fenologia e a biologia floral de suas espécies, este trabalho tem

como principal objetivo investigar as estratégias fenológicas da floração de *C. diana*, ressaltando o papel dos machos de Euglossini na sua polinização.

## **Material e Métodos**

### **Local de Estudo**

O trabalho de campo foi realizado entre março de 1997 a abril de 2001 com agrupamentos naturais de *C. diana* ocorrentes em duas localidades no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil: na Mata do Camucim, um fragmento de floresta estacional semidecidual das terras baixas (IBGE 1992), pertencente à Estação Ecológica do Tapacurá, com cerca de 776 ha, localizada no município de São Lourenço da Mata (8°07'00"S; 34°55'00"O, 230 m altitude), com precipitação anual média de 1.284 mm (N = 14 anos) (Carvalho & Machado 2002, Lopes 2002); e na Mata da Serra do Quengo, trecho de floresta estacional semidecidual montana (IBGE 1992), pertencente à Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Frei Caneca, com 630 ha, localizada no município de Jaqueira (8°42'37"S e 35°50'01"O, 700 m altitude), com precipitação anual média de 1.332 mm (N = 47 anos).

### **Fenologia da floração**

Foram feitos registros da fenofase de floração de quatro indivíduos de *C. diana* entre março de 1997 a abril de 2001. Os indivíduos selecionados foram monitorados diariamente durante todo o período de floração sendo observados: a) Tempo de floração/indivíduo; b) Total de flores produzidas/indivíduo; c) Total de flores masculinas abertas/indivíduo/dia; d) Total de flores hermafroditas abertas/indivíduo/dia. A partir destas informações foi determinado o padrão fenológico de cada espécie, seguindo as classificações de Gentry (1974) e Newstrom et al. (1994).

### **Biologia floral**

Foram realizadas visitas semanais ou diárias às áreas de estudo durante o período de floração de *C. diana*, sendo registradas informações sobre as flores, tais como: morfologia externa, cor, odor, horário, sequência e duração da antese, número e disposição das peças florais, disponibilidade de pólen e néctar. Foi utilizado o teste do vermelho neutro para a localização das áreas de emissão de odor (Vogel 1990).

O número de grãos de pólen por antera de flores masculinas (N = 10) e hermafroditas (N = 2) foi estimado utilizando-se câmara de Neubauer (Lloyd 1972).

Foram feitas ilustrações esquemáticas das flores e estruturas florais a partir de material fresco e fixado em álcool 70%, com o auxílio de câmara clara acoplada a estereomicroscópio Willd.

Foi registrado o padrão de produção de néctar em dez flores isoladas dos visitantes florais em casa de vegetação. O volume total de néctar produzido e acumulado por flor foi medido com micro-seringas Hamilton® de 10 e 25 µl. A concentração de açúcares no néctar foi medida no campo em flores durante o período de antese, com o auxílio de refratômetro de bolso Atago® escala 0-32%.

### **Visitantes florais**

O comportamento dos visitantes às flores de *C. diana*e foi estudado a partir de observações diretas no campo em horários variados do dia complementados pela análise de fotografias, totalizando cerca de 260 horas de observação. Durante as sessões de visitas, foram registrados o período, a duração e o comportamento dos visitantes florais.

Os insetos visitantes, foram capturados, montados à seco e enviados para especialistas para identificação, sendo o material posteriormente depositado na coleção entomológica do Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O beija-flor foi identificado através de fotografias comparadas com a literatura especializada (Sick 1997).

### **Material Botânico**

Material botânico de *C. diana*e foi herborizado e depositado no Herbário da Universidade Federal de Pernambuco - Geraldo Mariz (UFP 18697 e 30484).

## **Resultados e Discussão**

### **Fenologia da floração**

*Cryptanthus diana*e apresenta padrão de floração do tipo anual (sensu Newstrom et al. 1994), florescendo com maior intensidade nos meses de junho a setembro, sem um pico de floração definido. De acordo com a classificação de Gentry (1974), *C. diana*e apresenta a floração do tipo disponibilidade regular “steady state” também observado em *C. zonatus* e *C. bahianus*, embora outras espécies do gênero apresentem floração explosiva “big bang” como *C. beuckeri*, *C. pseudopetiolaris* e *C. bromelioides* (Siqueira Filho & Machado in prep.). A floração de um indivíduo de *C. diana*e dura em média  $33 \pm 3,79$  (N = 3) dias. Em outras espécies do gênero foi observado que pode durar cerca de sete (*Cryptanthus beuckeri*) até 60 dias (*Cryptanthus zonatus*) (Siqueira Filho & Machado in prep.).

Em *C. diana*e abrem-se em média  $30,67 \pm 11,06$  (N = 3) flores, sendo de uma a quatro flores por dia. Muito embora outras espécies como *Canistrum aurantiacum* apresente características

semelhantes com floração do tipo steady state (Siqueira Filho & Machado 2001), *Hohenbergia ridleyi* possui floração do tipo cornucópia (Siqueira Filho & Machado 1998). No total  $21 \pm 10,15$  ( $N = 3$ ) das flores produzidas são masculinas (68,5%) sendo superior a 80% em *C. beuckeri*, *C. sinuosus* e *C. ubairensis* (Siqueira Filho & Machado in prep.); apenas  $9,67 \pm 1,15$  ( $N = 3$ ) das flores são hermafroditas.

### **Biologia floral**

*Cryptanthus diana* é uma espécie de pequeno porte, terrestre, e geralmente esciófila. As flores são formadas por três pétalas livres, três sépalas unidas e seis estames, além do pistilo nas flores hermafroditas. A corola branca e reflexa expõe as estruturas reprodutivas. Embora as espécies do subgênero *Hoplocryptanthus* (sensu Ramírez 1998) sejam hermafroditas, as demais espécies pertencentes ao subgênero *Cryptanthus*, do qual *C. diana* pertence, apresentam sistema sexual do tipo andromonóico (sensu Lloyd, 1972).

As flores masculinas, de acordo com Bawa & Beach (1981), são destinadas à atração de polinizadores e dispersão de pólen, enquanto as flores hermafroditas seriam responsáveis pela formação dos frutos. Em *C. diana* (figura 1), as flores masculinas medem 36 mm, enquanto as hermafroditas atingem 45 mm de altura. As flores são diurnas iniciando a antese às 5:30 hs e murchando às 12:00 hs com a perda de vigor das pétalas e estruturas reprodutivas. Observou-se teratologia em algumas flores que apresentavam quatro pétalas e oito estames ou duas pétalas e três estames. Fato semelhante tem sido reportado na literatura em *Dyckia reitzii*, *D. tuberosa* e *Aechmea recurvata* var. *benrathii* (Reitz 1983), porém, estes casos são incomuns.

Apesar de *C. diana* não apresentar odor perceptível, há um grupo de espécies de *Cryptanthus* que emite fragrância suave e adocicada (Ramírez 1996) que poderia estar associado à presença de osmóforos. Espécies de *Tillandsia* e *Vriesea* também emitem perfumes (Benzing 2000) associado à polinização por insetos e morcegos.

Embora sejam encontradas simultaneamente, as flores masculinas aparecem geralmente antes das hermafroditas e tendem a ser emitidas com maior intensidade no início da floração. Estas flores surgem na parte centro apical da inflorescência, e mais raramente na região periférico-basal da inflorescência, local onde se encontram as flores hermafroditas e onde se formarão os frutos e futuros indivíduos, próximos da matriz e do substrato onde as sementes podem, eventualmente, encontrar melhores condições de germinação.

O pólen de *C. diana* varia entre 40 e 62,5  $\mu\text{m}$ . A produção de pólen de uma planta adulta fértil foi estimada em 525.000 grãos ( $N = 4$ ).

O volume médio de néctar em flores masculinas foi de  $7,78 \mu\text{l} \pm 2,44$  ( $N = 8$ ), com uma concentração média de equivalentes de sucrose de  $27,11\% \pm 1,38$  ( $N = 8$ ). Em flores hermafroditas

foram obtidos valores semelhantes, com um volume de  $8,87 \mu\text{l} \pm 6,13$  ( $N = 6$ ) e concentração de  $25,47\% \pm 2,57$  ( $N = 6$ ). Não foi encontrada diferença significativa nos valores médios de volume e concentração entre as flores masculinas e hermafroditas a partir do teste G. Os valores de volume e concentração de néctar encontrado são próximos aos obtidos em comunidades de Bromeliaceae em floresta atlântica de baixada (Siqueira Filho & Machado 2001) ou de altitude (Sazima et al. 1996), sendo a família Bromeliaceae considerada entre as mais ricas em concentração de néctar na floresta atlântica do sudeste brasileiro, com uma média de 28,9% de concentração (ver Buzato et al. 2000).

Geralmente após a floração são produzidos de um a três brotos vegetativos que podem ser axilares. Produção semelhante também foi observada em *C. zonatus*, *C. pseudopetiolaris* e *C. bromelioides*, sendo porém registrada a propagação através de longos estolhos (*C. burle-marxii*, *C. sinuosus*) (J.A. Siqueira Filho obs. pess.). Estes brotos também podem ser apicais e comecem a se desenvolver mesmo durante o período de floração (*C. bahianus*, *C. pickelii*).

A formação de frutos em condições naturais e a dispersão de sementes ainda são uma incógnita. As sementes de *Cryptanthus*, assim como *Acanthostachys* e *Bromelia*, são as maiores da família, porém com reduzido número de sementes por fruto (Benzing 2000). O mesmo autor comenta que as sementes pegajosas e com apêndices de *Cryptanthus* estariam relacionado com a adesão ao substrato e, talvez, aos dispersores. Geralmente, as sementes originam plântulas de crescimento lento que substituem a planta mãe, crescendo, portanto, nas proximidades destas.

Enquanto na Mata do Camucim os agrupamentos naturais de *C. diana* são agregados, formando densos “tapetes”, na Serra do Quengo as plantas estão, na sua maioria, dispersas ou isoladas repercutindo no comportamento dos polinizadores.

### **Visitantes florais e polinizadores**

Os atributos florais de *Cryptanthus* sugerem a polinização por abelhas (sensu Faegri & Pijl 1979) como a cor branca das flores, o volume e a concentração de néctar registrada para a maioria das espécies estudadas. Apesar dos atributos melitófilos de *C. diana* foi observada ampla gama de visitantes florais (Tabela 1), além das abelhas como moscas, hesperiídeos, chrysomelídeos e beija-flores, porém a frequência de visitantes variou substancialmente em escala temporal, nos diferentes anos.

Entre as abelhas, *Trigona* sp. (figura 2A) visitava as flores solitariamente ou em grupos de dois ou três indivíduos para coletar pólen e parte das peças florais como anteras e pétalas, permanecendo na flor por longos períodos. O comportamento oportunista e pilhador de espécies de *Trigona* já são conhecidos na literatura (Sazima & Sazima 1989, Roubik 1989). Em algumas espécies de bromélias reconhecidamente ornitófilas, como *Billbergia morelli* e *Pepinia sprucei*,



chegam a comprometer até a viabilidade da flor e isto parece estar relacionado com a escassez de recursos ou perturbação antrópica (J. Siqueira obs. pess.).

Machos de *Euglossa cordata* e *Eulaema nigrita* (figura 2B, C) foram observados frequentemente raspando as pétalas de *C. diana*e. Fêmeas dessas espécies também foram observadas coletando néctar, embora menos frequentemente. Fêmeas de *Euglossa cordata* visitam flores de outras Bromeliaceae para coleta de néctar como *Hohenbergia ridleyi*, *Aechmea lingulata* (Siqueira Filho & Machado 1998), além de *Aechmea sp.*, *Portea leptantha* e *Pseudananas sagenarius* (J.Siqueira obs. pess.), cujas flores são longo tubulosas e tipicamente ornitófilas.

Em outros gêneros de Bromeliaceae como *Neoregelia*, *Nidularium* e *Canistropsis* que apresentam flores brancas, azuis, lilás e via de regra, emitem odor (Leme 1998) foram observadas abelhas Euglossini tomando néctar.

Foram encontrados vários indivíduos de *Zepherina virgilia* (Chrysomelidae) herbivorando pétalas, anteras e estigma das flores e, esporadicamente, *Saliana sp.* (Hesperiidae) tomando néctar nas flores de *C. diana*e.

*Phaethornis ruber* (Trochilidae) visitava as flores de *C. diana*e em linhas de captura (trapping). Este beija-flor tem sido mencionado por vários autores como espécie oportunista (Sazima et al. 1995a, Machado & Lopes 2000), devido a plasticidade de comportamento ao forragear flores do sub-bosque, exercendo funções na comunidade de espécies ornitófilas desde parasita de território até funções de baixo ganho (sensu Feinsinger & Colwell 1978, Siqueira Filho & Machado 2001). Assim, apesar dos atributos melitófilos de *Cryptanthus*, *P. ruber*, pode ocasionalmente promover a polinização, devido ao contato do pólen e do estigma no bico e na face do beija-flor.

Notou-se ainda que a frequência de visitas de *P. ruber* a flores de *C. diana*e variavam de acordo com a floração de *Sinningia nordestina* (Gesneriaceae), espécie ornitófila também típica no sub-bosque (Chautems et al. 2000), ou seja, quando esta planta florescia mais intensamente, *P. ruber* pouco visitava as flores de *C. diana*e, como observado em 1999. Por sua vez, em 2000, um ano de maior precipitação pluviométrica, que não favoreceu o florescimento de *S. nordestina*, observou-se uma maior frequência de *P. ruber* em *C. diana*e.

### **Comportamento dos machos de Euglossini**

Foram encontrados de um a três indivíduos machos de *Eulaema nigrita* na mesma inflorescência. Ao mesmo tempo, a abelha executa um vôo librado (semelhante ao dos beija-flores) diante das flores, examinando-as antes de pousar. São movimentos do tipo “ida-e-volta”, não tocando nas flores. Ao pousar nas flores, as abelhas iniciam a raspagem das pétalas exclusivamente com a região do tarso das pernas anteriores (figura 2B, C), por vezes de modo frenético. Em

seguida, desloca-se pelas flores, por cima também dos filetes e estiletos que são burilados de modo semelhante às pétalas, com as pernas dianteiras, sendo nesta ocasião promovida à polinização. As abelhas se apóiam nas estruturas reprodutivas, permanecendo na inflorescência por longos períodos e, algumas vezes, observou-se *E. nigrita* cair repentinamente das flores como se estivesse “embriagada”, voltando rapidamente à raspagem das peças florais.

As abelhas raspam, continuamente, as mesmas flores por sucessivas vezes. Comportamento semelhante foi observado por Zucchi et al. (1969) em machos de Euglossini que coletavam perfume em flores de Orchidaceae. Duas abelhas podem visitar simultaneamente uma mesma inflorescência com quatro flores abertas. Porém, com a presença de três abelhas há disputa pelo recurso floral.

Devido à intensa atividade de raspagem que pode durar até uma hora durante a mesma sessão de visitas, as flores podem ficar danificadas, sobretudo as margens das pétalas que passam a apresentar um tom amarronzado, bem como o androceu e gineceu perdem o vigor conferindo à flor um aspecto de senescência.

Em intervalos regulares, a abelha retrocede defronte a inflorescência executa o vôo librado emitindo um zumbido característico das asas. Neste momento, transfere o odor coletado das pernas anteriores para as posteriores, unindo as pernas que ficam quase eretas em pleno vôo (figura 2D). A raspagem nas pétalas ocorre na região mediana das duas faces (superior e inferior). Não foram observados machos de *E. nigrita* coletando néctar ou pólen em flores de *Cryptanthus*.

*Euglossa cordata* apresentava comportamento semelhante a *Eulaema nigrita*, porém suas visitas foram esporádicas. Apesar das abelhas Euglossini serem consideradas polinizadoras de longas distâncias (Janzen 1971), estas podem sofrer impacto com a fragmentação do ambiente (Powell & Powell 1987) que, por sua vez, pode implicar na baixa frequência de visitas às flores de *C. diana*.

### **Há presença de osmóforos nas flores?**

Nos testes com vermelho neutro foram detectadas regiões de emissão de odor na porção mediana-superior das pétalas (bastante intensa), na porção apical dos filetes e no estilete (figura 1), o que pode explicar o interesse das abelhas nestas estruturas. Porém, análises anatômicas das pétalas não confirmaram a presença de osmóforos (S. Vogel com. pess.).

Indicações de presença de osmóforos a partir da análise de reações positivas com o vermelho neutro foram encontradas em *Constantia cipoensis* (Orchidaceae) polinizada por *Xylocopa cf. artifex* (Matias et al. 1996) e *Unonopsis guatterioides* (Annonaceae) polinizada por *Eulaema bombiformis* (Carvalho & Weber 2000). Segundo estes autores, o comportamento dos visitantes também sugere a presença de osmóforos.

A intensa frequência de visitas de *Eulaema nigrita* que ocorre ao durante todo o dia e o comportamento de visita de ambas Euglossini são evidências favoráveis à existência de osmóforos. Entretanto, sabe-se que machos de Euglossini podem coletar odores em troncos, folhas e frutos apodrecidos na floresta (Endress 1994), tornando ainda mais intrigante à compreensão das razões que levam as Euglossini a adotar tal comportamento (Dressler 1968).

Deste modo, as flores de *C. diana* seriam importantes para o sucesso reprodutivo dessas abelhas, sendo a pela primeira vez registrado este tipo de comportamento de Euglossini em Bromeliaceae.

Seria interessante investigar se o perfume em *Cryptanthus* é um recurso que está sendo agora reconhecido pelas abelhas ou se este perfume é um resquício da história evolutiva do grupo, uma vez que o néctar também está disponível aos polinizadores. Embora o papel destas fragrâncias ainda não esteja suficientemente esclarecido na polinização de *C. diana*, tem-se mais um caso interessante sobre a relação de especificidade entre abelhas Euglossini e plantas neotropicais.

### **Agradecimentos**

P. Martim da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), G.J.P.S. Barros e G.D.P.S. Barros (Usina Colônia Agroindustrial Ltda.) pelo suporte logístico na RPPN Frei Caneca. F. Silva pelo desenho esquemático. Dr. S. Vogel (Universidade de Viena, Áustria) pelas valiosas discussões sobre osmóforos, G. Brown (Universidade de Wyoming, EUA) e E.M.C. Leme (Herbarium Bradeanum) pelas valiosas sugestões ao manuscrito. CAPES e CNPq pelo auxílio financeiro.

### **Literatura Citada**

- Ackerman, J. D. 1986. Coping with the epiphytic existence: pollination strategies. *Selbyana* 9: 52-60.
- Bawa, K.S. e J.H. Beach. 1981. Evolution of sexual systems in flowering plants. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 68: 254-274.
- Benzing, D.H. 2000. Bromeliaceae: Profile of an adaptive radiation. Cambridge: Cambridge University Press.
- Buzato, S., M. Sazima e I. Sazima. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three atlantic forest sites. *Biotropica* 32: 824-841.
- Carvalho, R. e I. C. Machado. 2002. Pollination of *Catasetum macrocarpum* (Orchidaceae) by *Eulaema bombiformis* (Euglossini). *Lindleyana* 17: 85-90.
- Carvalho, R. e A.C. Webber. 2000. Biologia floral de *Unonopsis guatterrioides* (A.DC.) R.E.Fr., uma Annonaceae polinizada por Euglossini. *Revta. Brasil. Bot.* 23: 419-423.

- Chateaus, A; G.S. Baracho e J. A. Siqueira Filho. 2000. A new species of *Sinningia* (Gesneriaceae), from northeastern Brazil. *Brittonia*. 52: 49-53.
- Dressler, R. L. 1968. Pollination by Euglossinae bees. *Evolution*. 22: 202-210.
- Endress, P. K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge: Cambridge University Press.
- Faegri, K e L. van der Pijl. 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, New York. 3 ed.
- Feinsinger, P. e R. K. Colwell. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *Am. Zoo*. 18: 779-795.
- Fischer, E. A. 1994. "Polinização, fenologia e distribuição espacial de Bromeliaceae numa comunidade de mata atlântica, litoral sul de São Paulo." São Paulo. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. Dissertação de Mestrado.
- Gardner, C. S. 1986. Inferences about pollination in *Tillandsia* (Bromeliaceae). *Selbyana* 9:76-87.
- Gentry, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6:64-68.
- IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira, IBGE, Rio de Janeiro.
- Janzen, D. H. 1971. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. *Science* 171:203-205.
- Leme, E. M. C. 1998. *Canistropsis*: Bromélias da Mata Atlântica. Salamandra, Rio de Janeiro.
- Lloyd, D. G. 1972. Breeding systems in *Cotula* L. (Compositae, Anthemideae). The array of monoclinal and diclinous systems. *New Phytol.* 71: 1181-1194.
- Lopes, A.V. 2002. "Polinização por beija-flores em remanescente da Mata Atlântica Pernambucana, Nordeste do Brasil". Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Luther HE. 2002. An Alphabetical List of Bromeliad Binomials. 8ed. Florida: The Bromeliad Society International.
- Machado, I. C. e A. V. Lopes. 2000. *Souroubea guianensis* Aubl.: Quest for its legitimate pollinator and the first record of tapetal oil in the Marcgraviaceae. *Ann. Bot.* 85:705-711.
- Martinelli, G. 1997. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na reserva ecológica de Macaé de Cima. Pp. 213-250 in H.C de Lima e R.R.Guedes-Bruni, eds. Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em mata atlântica, Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Matias, L. Q., P. I. S. Braga e A.G. Freire. 1996. Biologia reprodutiva de *Constantia cipoensis* Porto & Brade (Orchidaceae, endêmica da Serra do Cipó, Minas Gerais). *Revt. Bras. Bot.* 19:119-125.
- Nara, A. K. 1998. "Biologia floral e polinização de quatro espécies de Bromeliaceae de ocorrência em vegetação de baixio na Amazônia central." Dissertação de Mestrado, Universidade do

- Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- Newstrom, L. E., G. W. Frankie e H. G. Baker. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26:141-159.
- Powell, A.H. e G. V. N. Powell. 1987. Population dynamics of male Euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 19:176-179.
- Ramírez, I. M. 1996. "Systematics, phylogeny and chromosome number evolution of *Cryptanthus* (Bromeliaceae)." St. Louis: University of Missouri-St. Louis. PhD thesis.
- \_\_\_\_\_. 1998. Five new species of *Cryptanthus* (Bromeliaceae) and some nomenclatural novelties. *Harv. Pap. Bot.* 3:215-224.
- \_\_\_\_\_. 2001. Pollinators in *Cryptanthus*: a hypothesis. *J. Brom. Soc.* 51:65-70.
- Reitz, R. 1983 Bromeliacéas e a malária: bromélia endêmica. (Flora Ilustrada Catarinense. Part I. Bromélia), Itajaí, Santa Catarina.
- Roubik, D. W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, New York.
- Sazima, I. e M. Sazima. 1989. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea) visitas, interações e conseqüências para polinização do maracujá (Passifloraceae). *Revta. Bras. Ent.* 33:109-118.
- \_\_\_\_\_, S. Vogel e M. Sazima. 1989. Bat pollination of *Encholirium glaziovii*, a terrestrial bromeliad. *Pl. Syst. Evol.* 168: 167-179.
- \_\_\_\_\_, S. Buzato e M. Sazima. 1995a. The saw-billed hermit *Ramphodon naevius* and its flowers in southeastern Brazil. *J. Ornithol.* 136:195-206.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. 1996. An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in a montane forest in southeastern Brazil. *Bot. Acta* 109:149-160.
- Sazima, M., S. Vogel, A. Cocucci e G. Hausner. 1993. The perfume flowers of *Cyphomandra* (Solanaceae): pollination by Euglossinae bees, bellows mechanism, osmophores, and volatiles. *Pl. Syst. Evol.* 187:51-88.
- \_\_\_\_\_, S. Buzato e I. Sazima. 1995b. Bat pollination of *Vriesea* in southeastern Brazil. *Bromelia* 2:29-37.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. 1999. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Forest sites in Brazil. *Ann. Bot.* 83:705-712.
- Sick, H. 1997. Ornitologia brasileira. Nova fronteira, Rio de Janeiro.
- Siqueira-Filho. 2002. Bromélias em Pernambuco: Diversidade e aspectos conservacionistas. Pp. 219-228. *in* M. Tabarelli e J. M. C. Silva, orgs. Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco. SECTMA e Massangana, Recife, Pernambuco. 1v.

- \_\_\_\_ e I. C. Machado. 1998. Biologia floral de *Hohenbergia ridleyi* (Baker) Mez (Bromeliaceae). Bromélia 5: 1-13
- \_\_\_\_ e \_\_\_\_ . 2001. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. Acta Bot. Bras.15:427-443.
- Varassin, I. G. e M. Sazima. 2000. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em mata atlântica no sudeste do Brasil. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão 11/12:57-70.
- Vogel, S. 1990. The role of scent glands in pollination: On the structure and function of osmophores. Smithsonian Institution Libraries and The National Science Foundation, Washington D.C.
- Zucchi, R., S. F. Sakagami e J. M. F. Camargo. 1969. Biological observations on a neotropical parasocial bee, *Eulaema nigrita*, with a review on the biology of Euglossinae (Hymenoptera, Apidae). A comparative study. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 17:271-379.

Tabela 1 – Visitantes florais de *Cryptanthus diana*e, tamanho dos visitantes, localidade estudada e recompensa coletada. C – Mata do Camucim, SQ – Mata da Serra do Quengo.

Visitantes florais	Tamanho (mm)	Local	Recurso coletado	Tipo dos visitantes
<b>Apidae</b>				
Bombinae				
Euglossini				
<i>Euglossa cordata</i> ♂♀	12	SQ	Odor, néctar	PO
<i>Eulaema nigrita</i> ♂	21	C/SQ	Odor	PO
<b>Apinae</b>				
Trigonini				
<i>Trigona</i> sp. ♀	7	SQ	Pólen, pétalas, anteras	PI
<b>Chrysomelidae</b>				
Alticinae				
<i>Zepherina virgilia</i>	4	SQ	Pétalas, anteras	PI
<b>Hesperiidae</b>				
<i>Saliana</i> sp.	20	SQ	Néctar	PI
<b>Diptera</b>				
Sp.1	10	C	Néctar	
<b>Phaethornithinae</b>				
<i>Phaethornis ruber</i>	24*	SQ	Néctar	PO

\* Tamanho do bico do beija-flor. PO – Polinizador, PI – Pilhador.

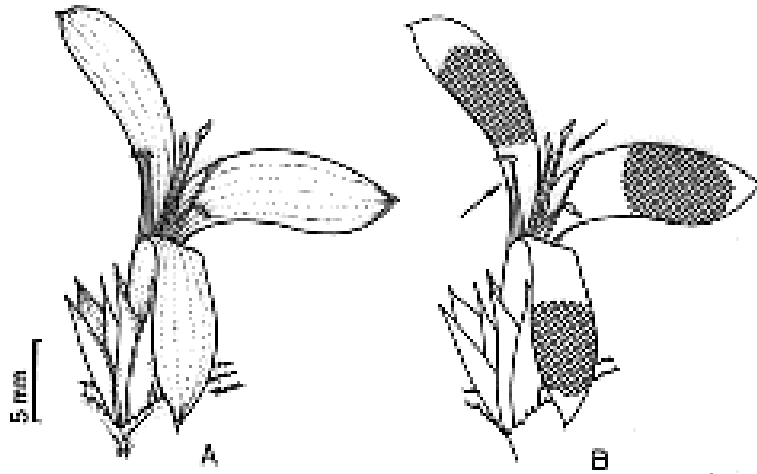


Figura 1 – A) Representação esquemática da flor ♂ de *Cryptanthus diana*, B) Representação esquemática evidenciando as áreas (achuriadas e setas) coradas pelo vermelho neutro e também raspadas pelas abelhas Euglossinae.



Figura 2 – Visitantes florais de *Cryptanthus diana*. A) *Trigona* sp. coletando pólen, B) *Euglossa cordata* ♂ raspando as pétalas, C) *Eulaema nigrita* ♂ raspando as pétalas, D) *Eulaema nigrita* ♂ transferindo o odor para o último par de pernas em vôo pairado.



## CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu atualizar pelo menos três importantes assertivas na literatura sobre a família Bromeliaceae:

(1) A subfamília Bromelioideae é a mais bem estudada em termos de polinização e reprodução ao contrário do citado por Benzing et al. (2000, pg. 247) <sup>1</sup>.

(2) Embora seja confirmada a predominância de polinização por vertebrados (ver Sazima et al. 1989), ou seja, por beija-flores (80% dos casos confirmados) a proporção de espécies polinizadas por abelhas e morcegos não diferem entre si (10% dos casos confirmados) diferente do até então mencionado por Vogel (1990, pg. 9) <sup>1</sup> ao afirmar que a polinização por abelhas é muito escassa em Bromeliaceae. É possível com as novas confirmações de estudos no campo em gêneros como *Araecoccus*, *Cottendorfia*, *Cryptanthus*, *Lymania* e *Fosterella*, provavelmente os casos de melitofilia irá ultrapassar a quiropterofilia na família.

(3) O sistema de autoincompatibilidade ocorre indistintamente nas três subfamílias ao contrário do citado por Martinelli (1997, p. 242) <sup>1</sup> como mecanismo exclusivo da subfamília Bromelioideae.

Estas novas assertivas lançadas aqui demonstram um claro indicativo da dinâmica do conhecimento gerado nos últimos anos sobre Bromeliaceae e que, certamente, ainda irá oferecer novos e intrigantes temas de investigação.

Mais especificamente em relação aos capítulos foi possível concluir o seguinte:

### **Fenologia da floração e guildas de polinização de uma comunidade de Bromeliaceae em Floresta Atlântica Montana, Pernambuco, Nordeste do Brasil.**

A comunidade de Bromeliaceae estudada responde por parte da expressiva riqueza de espécies na RPPN Frei Caneca (pelo menos pela guilda de ornitofilia) e pela “qualidade” do néctar oferecido aos vetores de pólen. Tanto o volume médio de néctar na comunidade quanto a concentração média de néctar das espécies ornitófilas variou significativamente entre as guildas, sugerindo uma “fidelidade” dos tipos de polinizadores às fontes de recursos, minimizando a competição.

Se por um lado, os beija-flores pareçam poucos sensíveis aos distúrbios da fragmentação (Stouffer e Bierregaard Jr. 1995) <sup>1</sup> as espécies ornitófilas e quiropterófilas de bromélias podem sofrer com a baixa frequência dos polinizadores esperados, visto que as flores de *Musa paradisiaca* (*sensu lato*), uma espécie exótica, atraem muitos beija-flores e morcegos.

De um modo geral, a comunidade de Bromeliaceae na RPPN Frei Caneca confirma a tendência de polinização por beija-flores na família. Porém, a polinização por abelhas (26%) parece bem maior do que o obtido para áreas úmidas (Kessler e Krömer 2000) <sup>1</sup>, seguidas pela polinização

por morcegos e esfingídeos, reforçando ainda mais a idéia de ampla irradiação adaptativa das Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordeste.

### **Raridade, pressão antrópica e conservação de espécies de Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordeste.**

A análise de raridade (padrão “*versus*” grupos ecológicos) é uma poderosa ferramenta para identificar subgrupos de espécies mais vulneráveis a extinção.

As extinções locais e regionais de Bromeliaceae provocadas pela fragmentação florestal são processos em curso na Floresta Atlântica.

Várias espécies de Bromeliaceae parecem propensas à extinção global na Floresta Atlântica Nordeste em virtude do pequeno tamanho e viabilidade das populações à longo prazo.

### **Floração sincrônica, polinização e sistema reprodutivo de *Araecoccus parviflorus* e *Lymania smithii*, duas espécies ameaçadas da Floresta Atlântica Nordeste**

O conjunto de informações obtidas sobre fenologia de floração, polinização e sistema reprodutivo permitem concluir que há uma relação entre a raridade de *Araecoccus parviflorus* e *Lymania smithii* e estas variáveis, sendo ambas as espécies vulneráveis a fragmentação.

*Araecoccus parviflorus* e *Lymania smithii* apresentam alto grau de especialização de habitats, isolamento das populações, dependência de polinizadores e baixa reprodução vegetativa, sendo que *A. parviflorus* parece estar em maior risco de extinção local do que *L. smithii*, principalmente pela baixa formação de frutos (<30%) em condições naturais associada à escassez de polinizadores e ocorrência de xenogamia.

### **Fenologia da floração e ecologia da polinização de *Cryptanthus diana* Leme (Bromeliaceae), um caso incomum de flores de perfume?**

Das 58 espécies descritas para o gênero *Cryptanthus*, *C. diana* é o primeiro caso confirmado de polinização por abelhas do gênero.

Em função da frequência e, principalmente, pelo comportamento de visita das abelhas Euglossini (*Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata*) sugerimos que o principal recurso coletado é o odor presente nas pétalas, filetes e estilete.

<sup>1</sup> As referências citadas neste tópico podem ser consultadas no item 3 Referências bibliográficas (página 11).

## RESUMO

Este trabalho consiste do estudo da fenologia da floração e das guildas de polinização de espécies de Bromeliaceae ocorrente em remanescentes de Floresta Atlântica Nordestina, além de estudos de caso com espécies de Bromeliaceae endêmicas e ameaçadas de extinção. Adicionalmente, foram analisados os níveis de raridade, pressão antrópica e conservação de representantes dessa família na Floresta Atlântica Nordestina. No primeiro capítulo foi analisada a relação entre as guildas de polinizadores e os atributos florais e grupos ecológicos, além da fenologia da floração de uma comunidade de Bromeliaceae em um remanescente de Floresta Atlântica Montana no sul de Pernambuco. Não foi encontrada correlação entre a precipitação pluviométrica e o total de espécies floridas, com a oferta de flores ao longo do ano. A estratégia fenológica do tipo disponibilidade regular e a ornitofilia foram predominantes e geralmente estão associadas com plantas epífitas e facultativas de flores longo-tubulosas. O volume de néctar varia entre 2,27 a 646,5  $\mu\text{l}$  ( $n = 28$  espécies), sendo em geral pouco concentrado ( $<30\%$ ). O volume médio de néctar variou significativamente entre as guildas de polinização ( $H = 11,32$ ,  $gl = 2$ ,  $p = 0,0035$ ,  $n = 28$  spp.). A concentração média de açúcares no néctar da comunidade foi de  $24,51 \pm 7,4\%$  ( $n = 28$  spp.), sendo significativamente diferente entre as guildas ( $F = 3,64$ ,  $gl = 24$ ,  $p = 0,0406$ ,  $n = 28$  spp.). Vinte e uma espécies são polinizadas ornitófilas, nove melitófilas, quatro quiropterófila e uma esfingófila. Os beija-flores *Glaucis hirsuta*, *Phaethornis ruber* e *Thalurania watertonii* foram os principais polinizadores das bromélias ao longo do estudo. As Bromeliaceae ornitófilas respondem por quase metade das plantas da comunidade ornitófila local. O percentual de espécies polinizadas por abelhas (26%) parece bem maior do que o obtido para áreas úmidas. Houve predomínio das espécies autocompatíveis (64,7%) sobre as auto-incompatíveis (35,3%), não evidenciando relação entre autocompatibilidade e distribuição geográfica das espécies. No segundo capítulo foram investigados os níveis de raridade de 72 espécies de bromélias ocorrentes na Floresta Atlântica Nordestina (FAN) baseado em registros históricos de herbários e visitas em 239 localidades. Para isto, as espécies foram agrupadas em uma matriz hierárquica considerando vários grupos ecológicos: forma de vida, hábitat, guilda de polinizadores e dispersores. Constatou-se que 44% das espécies se encontram na Categoria VIII de raridade, representadas por espécies de distribuição restrita, com um ou dois registros de herbário e pequenas populações e apenas 12,5% das espécies estão na Categoria I. Foram considerados extintos localmente na natureza 12,3% dos registros históricos de herbário. As extinções de populações locais incluem 29 casos (8,7% dos registros históricos) nos quais os fragmentos desapareceram completamente. As extinções locais foram significativamente mais freqüentes entre aquelas populações registradas nas décadas de 20 e 70 (79,4%), embora populações registradas ainda na década de 90 também tenham sido extintas na

natureza. Os dados obtidos no presente estudo reforçam as seguintes idéias: (1) A análise de raridade (padrão “*versus*” grupos ecológicos) é uma poderosa ferramenta para identificar subgrupos de espécies mais vulneráveis a extinção; (2) Extinções locais e regionais provocadas pela fragmentação florestal são processos em curso na Floresta Atlântica e (3) Várias espécies parecem condenadas à extinção global na FAN em virtude do pequeno tamanho das populações e da viabilidade das mesmas à longo prazo. No terceiro capítulo foram investigadas a fenologia da floração, a polinização e o sistema reprodutivo de *Araeococcus parviflorus* e *Lymania smithii*, duas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção da Floresta Atlântica Nordeste. Observou-se que as espécies apresentam distribuição espacial semelhante, ocorrendo no sub-bosque, apresentam floração sincrônica em plena estação seca e utilizam a mesma guilda de polinizadores. No entanto, o comportamento fenológico das espécies variou significativamente entre os anos e entre as espécies. Adicionalmente, ambas as espécies apresentam diferenças no sistema reprodutivo, enquanto *Araeococcus parviflorus* é auto-incompatível, *Lymania smithii* é auto-compatível. Em função das variáveis analisadas, concluiu-se que ambas as espécies são vulneráveis à fragmentação devido a polinização dependente de abelhas solitárias e oligoléticas que, por sua vez, incrementam a produção de frutos e sementes em *Lymania smithii*, além da necessidade de sombreamento obrigatório. *Araeococcus parviflorus* parece ainda mais vulnerável à fragmentação devido à baixa formação de frutos em condições naturais, que pode estar associada à escassez de polinizadores e a presença de auto-incompatibilidade. Finalmente, no último capítulo, foi analisada a polinização de *Cryptanthus diana*, uma espécie endêmica da Floresta Atlântica Nordeste. *Cryptanthus diana* possui sistema sexual do tipo andromonóico e sua polinização é realizada por abelhas machos de Euglossini, sendo o odor o principal recurso floral coletado. O perfume considerado como atrativo floral primário, é conhecido em apenas oito famílias de Angiospermas, sendo reportado aqui pela primeira vez em Bromeliaceae.

Palavras-chave: Bromeliaceae, guildas de polinização, fenologia de floração, sistema reprodutivo, recursos florais, raridade, fragmentação florestal, conservação, Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil.

## ABSTRACT

This study report on the flowering phenology, pollination guilds, and case histories of some vulnerable-endemic species of Bromeliaceae occurring in remnants of Atlantic forest in Pernambuco state, northeastern Brazil. In addition, rarity levels, human disturbance and conservation of bromeliad species which occurring at the Atlantic Forest of Northeast Brazil are also revealed and discussed. In the first chapter we analyse the relationship between pollinator guilds and floral traits, ecological groups, and also flowering phenology of the Bromeliaceae assemblage of this Atlantic forest remnant. We did not find correlation between rainfall levels and the total of blooming species along the year. The steady state phenological pattern and the ornithophilous pollination system were the most common, and were generally associated with obligatory and facultative epiphytic plants with long tube flowers. The nectar volume ranged from 2.27 to 646.5  $\mu\text{l}$  ( $n = 28$  spp.), and most of the species offer low concentrated nectar (<30%). The mean volume of nectar varied significantly among the guilds ( $H = 11.32$ ;  $g1 = 2$ ;  $p = 0.0035$ ,  $n = 28$  spp.). Mean sugar concentration in the nectar of the community in general was  $24.51 \pm 7.4\%$  ( $n = 28$  spp.). This also differed significantly among the guilds ( $F = 3.64$ ;  $g1 = 24$ ;  $p = 0.0406$ ,  $n = 28$  spp.). The pollination guilds were ornithophilous (21), melithophilous (9), quiropterophilous (4) and sphingophilous (1). The hummingbirds: *Glaucis hirsuta*, *Phaethornis ruber* and *Thalurania watertonii* were the main pollinators of the studied bromeliads. The ornithophilous species of Bromeliaceae correspond approximately to 50% of the ornithophilous species of the community. The number of Bromeliaceae species pollinated by bees in the study site (26.0%) is higher than other humid areas. Self-compatibility was the most common reproductive system (64.7% against 35.3% of self-incompatible species). We did not find any association between self-compatibility and geographic distribution of the species. In the second chapter we studied habitat distribution, number and size of populations, and checked in the field 331 historical records from 72 bromeliad species within the Brazilian Atlantic Forest of northeast Brazil (AFNB) in order to identify the current levels of rarity among these species and their relationships with particular plant ecological groups and with human disturbance. More specifically, species were assigned to a matrix of eight levels of increasing rarity (from I to VIII). To assign the bromeliad species into these eight categories of rarity we used three sources of information: (1) Analysis of 657 plant records and their specimens stored in nine regional herbaria; (2) Plant monographs and checklists, and (3) Data obtained during field trips to 239 localities in the AFNB. Forty four percent of bromeliad species were classified in the Category VIII, whereas 12.5% of the species were placed into the Category I. Moreover, the proportion of epiphyte species within the Category VIII (62.9%) was significantly higher than the proportion of terrestrial and facultative species within this category of rarity. A

percentage of 12.3% of the historical records of populations were considered locally extinct in the nature. These local population extinctions included 29 situations (8.7% of the plant records) in which forest fragments disappeared as well. Time distribution of both the historical plant records and the records of local population extinction showed that extinction was significantly more frequent among those populations recorded between the decades of 20 and 70 - 79.4% of local extinction, but even populations recorded in the early 1990's are now extinct in the nature. Our data reinforce the following issues: (1) Rarity analysis (patterns vs. ecological groups) is a powerful tool to identify subsets of species prone to extinction, (2) Local (i.e. forest fragment) and regional species extinction are current processes in the Brazilian Atlantic forest, and (3) Several species appear to be committed to global extinction in this forest since the populations are too small to be viable in long run. The third chapter present the study of the flowering phenology, pollination ecology and reproductive biology of *Araeococcus parviflorus* and *Lymania smithii*, both of the Bromelioideae subfamily. These species are endemic-vulnerable with residual and isolated populations in the AFNB. The species show similar spatial distribution, occurring at the sub-canopy, synchronically flowering during the dry season, and sharing the same pollinator guild. However, the phenological behaviour of both species varied year by year. *Araeococcus parviflorus* offers pollen as floral reward, this being the first record of pollen flowers to the Bromeliaceae. *Lymania smithii* has nectar flowers. Both species showed differences with respect to the reproductive system. *Araeococcus parviflorus* is self-incompatible, with low fruit and seed set including in natural pollinations, and *L. smithii* is self-compatible. Both species are vulnerable to fragmentation due to their dependence on solitary oligolectic bees for pollination. Other processes, which could be involved in the rarity of these species, are the epiphytic life form, specificity of host trees and the light requirement (shade obligatory). Finally, in the last chapter, we studied the pollination and the flowering phenology of *Cryptanthus diana*, an endemic species of the AFNB. *Cryptanthus diana* is andromonoecious and pollinated by male Euglossini bees, which collect perfume. Perfume flowers are reported to eight Angiosperm families. Again the Bromeliaceae is reported here for the first time with this floral reward.

Key-words: Bromeliaceae, pollination guilds, flowering phenology, reproductive system, rarity, fragmentation forest, conservation, Atlantic forest, Northeastern Brazil.



## ANEXOS

Anexo 1 – Instruções aos autores para publicação no periódico *Plant Ecology*;

Anexo 2 – Instruções aos autores para publicação no periódico *Conservation Biology*;

Anexo 3 – Instruções aos autores para publicação no periódico *Annals of Botany*;

Anexo 4 – Instruções aos autores para publicação no periódico *Selbyana*.

# ANEXO 1

Journals > Plant Ecology  
(formerly *Vegetatio*) > Author Instructions

## **Plant Ecology** **(formerly *Vegetatio*)**

An International Journal

*Plant Ecology* publishes original articles, short notes and review articles in all fields of terrestrial and aquatic plant ecology. Manuscripts reporting results of descriptive, historical and experimental studies on any aspect of plant physiological, population, community, ecosystem and landscape ecology are solicited as well as manuscripts on ecological theory. *Plant Ecology* also publishes book reviews and notices of scientific meetings. Manuscripts must be in English.



### **Manuscript submission and correspondence**

Manuscripts should be submitted in quadruplicate (an original and three copies) to the:

Editorial Office-Plant Ecology  
Kluwer Academic Publishers  
P.O. Box 990  
3300 AZ Dordrecht  
The Netherlands.

All four (4) copies should include all tables and figures. One copy should contain the originals of figures and plates, and its cover page should indicate this by being labeled the original. If the manuscript is not accepted for publication, originals of figures and plates will be returned to the author(s). If possible, an electronic copy of the manuscript on diskette (IBM compatible, using WordPerfect, Wordstar or MS Word) should also be sent. Receipt of manuscripts will always be confirmed.

The name, address, telephone and fax number of the author responsible for correspondence, reprints, etc. should be sent on a separate page or in the cover letter. Names, addresses, and telephone and fax numbers of potential referees for a manuscript may also be submitted in the cover letter. Recommended referees may not have reviewed the manuscript and may not have any personal, institutional, or professional relationship with the author(s). The Editor-in-Chief is under no obligation, however, to use a recommended referee.

Manuscripts are reviewed by members of the Editorial Board, appropriate referees, and the Editor-in-Chief. The final decision to accept or reject a manuscript is made by the Editor-in-Chief. The Editorial Office will inform authors on acceptance, revision, or rejection of manuscripts. Revised manuscripts should be submitted in duplicate (and an electronic copy on disk, if possible) to the Editorial Office within 3 months or else the manuscript will be sent out again for review.

All correspondence concerning submitted manuscripts should refer to the manuscript number and should be sent to the Editorial Office. If the author handling correspondence changes address, the Editorial Office should be notified immediately.

There are no page charges. Papers accepted for publication become copyright of *Kluwer Academic Publishers*.

### **Manuscript preparation**

1. Manuscripts must be typed or printed double-spaced on one side of standard size paper (A4 or 8.5 x 11 inch) with margins of at least 25 mm or 1 inch. All pages including tables and figures should be numbered.
2. Manuscripts should be concise and precise. The CBE Style Manual, available from the AIBS, Washington, D.C., USA, is recommended for stylistic details. Always consult a recent issue of the journal for details on format, sequence of headings and arrangement of the manuscript.
3. The Title and name(s) and address(es) of the author(s) should be placed on the first page of the manuscript. The title should be informative and brief, usually no more than 15 words. Subtitles should be avoided. If an electronic copy of the manuscript is submitted on disk, the name of the file, operating system and word processor used to prepare the manuscript should be indicated on the title page.

## Key Words

Up to six Key words should be provided that are not included in the title. They should be placed in alphabetical order at the top of page 2.

## Abstract

An Abstract must be included. It should be factual and not exceed 350 words. The Abstract should be placed after the Keywords on the second page of the manuscript.

## Main Text

Should start on a new page. For research papers, the text should normally consist of five sections: Introduction, Methods, Results, Discussion and References. Primary headings are left justified and in bold and secondary headings are left justified and in italics. All paragraphs should be indented, except those immediately after a heading. Footnotes should be avoided. The International System of Units (SI) should be used for all measurements.

## Nomenclature

The basis for the Nomenclature of taxa and syntaxa used should be indicated in the Methods section as should the latitude and longitude of the study site(s), if appropriate.

## Acknowledgments and dedications

Must be placed after the Main text and before the References.

## References

References to articles and books should be limited to published work, work in press, or theses and dissertations. Citations in the text should use the following forms: Jones (1990), Smith & Jones (1992) or (Smith *et al.* 1991).

References should be listed in alphabetical order. Names of journals should not be abbreviated. Check the manuscript to make sure that all references are cited and that all citations in the text are included in the References. Also check to make sure that all citations have the correct format.

## Formats for citations

Bliss L.C. 1988. Arctic tundra and polar desert biome. In: Barbour M. and Billings W.D. (eds), North American Terrestrial Vegetation. Cambridge University Press, New York, pp. 1-32.

Harper J.L. 1977. The Population Biology of Plants. Academic Press, New York.

Howe H.F. and Smallwood J. 1982. Ecology of Seed Dispersal. Annual Review of Ecology and Systematics 13: 201-228.

Westoby M., Walker B. and Noy-Meir I. 1989. Opportunistic management of rangeland not at equilibrium. Journal of Rangeland Management 42: 266-274.

## Appendices

Information too detailed to be included in the main text, for instance a list of areas sampled or technical details of a model, may be presented in appendices. Appendices should be numbered sequentially and placed before the References.

## Figures

1. Line drawings should be prepared so that they can be reduced to one column or full page width with text still readable. Author name(s) and figure number should be written in pencil on each figure. Figures should be cited in the text as Fig. 1 or Figs. 1 and 2.
2. Figures should be placed after the References (and Appendices, if any) in the manuscript. They should be preceded by the figure legends on a separate page. Indicate in the margins of the manuscript where figures should be placed.
3. Photographs should be supplied as black-and-white high contrast glossy prints.

## Tables

Tables must be on separate pages, double spaced and numbered sequentially. The tables should be prepared so that they can be printed in one column or full page width. Tables should be submitted at the end of the manuscript. Indicate in the margins of the manuscript where tables should be placed.

## **Scientific names**

Scientific names of genera and species should be given in full with authority when they are cited for the first time. If species names occur repeatedly in the text the genus name may be abbreviated or, if no confusion arises, only the genus name may be used. Common names should not be used.

## **Formulae**

Formulae should be presented in the text. Complicated formulae should be collected and presented as a figure in camera-ready appearance. Mathematical derivations should be kept to a minimum and put in an appendix.

## **Italics**

Italics should be used for secondary headings, scientific names of taxa (genus and lower) and syntaxa, algebraic expressions and symbols in formulae. If italics can not be printed, text to be set in italics can be indicated by underlining it once. Bold text, i.e., primary headings, can be indicated by underlining it twice if it cannot be printed.

## **Page proofs**

Page proofs are sent to the author(s) together with the manuscript. The corrected proofs, together with the manuscript, should be returned to the Editorial Office without delay. Instructions for proof correction will be included with the proofs.

## **Reprints**

Fifty free reprints of each paper will be provided. Additional reprints can be ordered from the Publishers on the order form accompanying the proofs.

## **Book reviews**

Submit books and monographs to be reviewed to the Book Review Editor (see list of members of the Editorial Board for address). Anyone who wishes to review books for Plant Ecology should send a curriculum vitae and brief description of their area of expertise to the book review editor.



## ANEXO 2

### Instructions to Authors -- updated: 10 December 2003

#### Acceptable Manuscripts

The submission rate for *Conservation Biology* continues to grow, and a large number of manuscripts is handled each year. Given the immutable laws of mathematics, this means less time can be spent on each paper, and many papers must be rejected. But many of the manuscripts received (approximately 25-35%), although of high quality, clearly are not appropriate for this journal and simply waste the time of the authors and the editorial staff. Consequently, greater self-culling is desirable. Here are some types of papers that we typically do not publish unless they have some additional features that argue for their inclusion:

- autecological studies of single species or groups of species;
- purely descriptive studies that do not address any particular conservation question;
- status and trend reports of species, regardless of how dire their conditions might be;
- geographic patterns of genetic diversity in a species, with no larger conservation or genetics question addressed;
- reports on species distributions and declines;
- studies that do not have a conservation question at the core.

Furthermore, species endangerment by itself does not qualify a paper as appropriate for this journal; there should be more substantive content than a descriptive analysis of an endangered species. Before submitting a paper, authors should ask themselves whether the work transcends the particular species or system. Does it address larger conservation questions? If so, are these questions the core of the paper or simply contained in a final couple of paragraphs that discuss "conservation implications?" Authors should ask themselves if there is much of a chance that a person in a different field or different part of the world might be interested in reading their paper. If only a few specialists are likely to read it then it probably belongs in a more specialized or regional journal.

#### Manuscript Categories

*Conservation Biology* accepts submittals for the following categories of manuscripts. Number of words includes all text from the Abstract through the Literature Cited; it does not include tables or figure legends. Manuscripts that significantly exceed the word count will be *returned without review*.

1. Research papers (approximately 3000 to 7000 words).
2. Research notes (no more than 3000 words).
3. Review articles (no more than 7500 words).
4. Analytic essays (no more than 7000 words), more speculative and less documented than research papers.
5. Conservation in Practice (no more than 5000 words). Papers that relate experiences in the application of conservation principles to problem solving.
6. Book reviews (usually by invitation). All book review manuscripts and communications about book reviews should be sent directly to the book review editor.
7. Comment (no more than 2000 words), refers to a subject of general conservation interest but always contains some references to material published in the journal.
8. Diversity column, opinion (no more than 2000 words).

#### Manuscript Submission and Specifications

There are two methods for manuscript submittal:

1. **Hard copy.** Four complete copies and a copy on disk in Microsoft Word (with tables and figures imbedded at the end) of all manuscripts (except book reviews) should be submitted to Gary Meffe, Editor, Conservation Biology, Wildlife Ecology and Conservation, Newins-Ziegler 303, Box 110430, University of Florida, Gainesville, FL 32611-0430, U.S.A. The review process will be delayed until all materials are received. Copies may be double-sided to save paper, but one should be single-sided. Manuscripts should be typed, double-spaced, with 1.5-inch (4 cm) right-hand margins, on good quality, nonerasable paper of standard size (8.5 × 11 inches, or 21.5 × 28 cm). Do not enclose manuscripts in plastic folders.
2. **Electronic copy.** All electronic manuscripts must be submitted as Microsoft Word for Windows attachments to an email message. They must be in proper format for a Microsoft Windows or DOS

operating system computer. Files written on an Apple Macintosh system (Mac OS) must be converted to Windows format. Files written in other than Word must be converted to Word before attaching. All figures must be readable by Word and embedded at the end of the manuscript or submitted together in a separate attachment in one TIFF file. Tables must be included within the Word document, not as separate attachments. They should follow the Literature Cited and precede Figure Legends, as per hard copy submittals. A cover letter should be attached as a separate Word file. Submit electronic manuscripts to [manuscripts@conbio.org](mailto:manuscripts@conbio.org). Only manuscripts should be submitted to that address. All other correspondence with the editorial office should go to the regular journal contact address, [mflagg@conbio.org](mailto:mflagg@conbio.org). Manuscripts sent to other than the prescribed address will not be processed. The email itself should only indicate a manuscript is being submitted. The subject line should be "Manuscript Submittal." There should be, at most, three attachments to your submittal email: a cover letter, a manuscript, and possibly a separate file containing figures.

For either type of submittal, ragged-right margins are preferred to justified right margins because this reduces the number of end-of-line hyphens. Print must be in upper- and lowercase letters and of good quality, and paragraphs must be clearly delineated. Large blank spaces (such as between sections) are to be avoided. Footnotes should be avoided. Metric measurements must be given unless English measurements are clearly more appropriate, in which case metric equivalents must be given in parentheses. Statistical terms and other measures are to conform to *Scientific Style and Format: the CBE Manual for Authors, Editors, and Publishers*, sixth edition. Spelling should follow the *Webster's Third International Dictionary*, and other style points should follow *The Chicago Manual of Style*, fifteenth edition. We discourage the use of acronyms in the text unless they are absolutely necessary. Pages, including tables, should be numbered. Figure pages are not numbered. Manuscripts must be in English; U.S. rather than British spelling should be used. We encourage authors whose first language is not English to have a native English speaker edit the paper before submission. Provide the number of words in the manuscript on the title page. The cover page should include the title of the paper; a running head (a shortened version of the title of no more than 40 characters); a list of 5 to 8 key words; word count (all text from Abstract through Literature Cited but not tables or figure legends); authors' addresses at the time the research was conducted and present address(es) including street address; and the name and complete mailing address (including zip + four), email, and fax number of the person to whom correspondence and proofs should be sent. A brief cover letter should state the intended manuscript category.

## Abstracts

Each research paper, research note, review article, analytic essay, or Conservation in Practice article should have an abstract of no more than 300 words (200 for a research note). The abstract should state concisely the goals, methods, principal results, and major conclusions of the paper (i.e., should be a "miniversion" of the paper). Incomplete and uninformative descriptions (e.g., "a new method of analysis is given") are not acceptable. Acronyms are not permitted in the abstract. Do **not** provide a Spanish translation of the abstract.

## Citations, Tables, and Illustrations

Literature citations in the text should be as follows: (Buckley & Buckley 1980b;Pacey 1983). Reference strings should be in chronological (oldest first) order. Do not cite unpublished material in Literature Cited (a submitted manuscript is not published and should be cited only in the text as unpublished). The Literature Cited section must be typed double-spaced. For abbreviations and additional details consult the BIOSIS List of Serials, the *CBE Manual for Authors*, and recent issues of *Conservation Biology*. Tables must be typed double-spaced, without grid lines, and should not duplicate any material in the text or illustrations. All tables are to have complete but brief headings, be typed on separate sheets of paper, and be numbered consecutively within the text following Literature Cited. Illustrations and photographs should be on standard size paper or backing board and mailed flat. The author's name and the figure number should be lightly penciled on the back of every figure. Photographs (no larger than 8.5 × 11 inches) should be sharp, black-and-white glossy prints. Computer-generated graphics must be of very high quality, with sharp, black lines and lettering of a size suitable for reduction. Line drawings should be done in India ink. Lettering should be uniform among the figures. All illustrations and lettering should be capable of 66-50% reduction without loss of clarity or legibility. Figure legends are to be typed double-spaced on a separate page just before the figures.

### Additional Manuscript Information

Authors are encouraged to provide the names, addresses, and emails of no more than four persons qualified to review the manuscript but who have no close working relationships with the authors. The identity of reviewers will be kept confidential unless they choose to be identified. Authors who are not sure whether their manuscript is suitable for *Conservation Biology* may send an abstract to the editor via email ([gmeffe@conbio.org](mailto:gmeffe@conbio.org), in the body of the message, not as an attachment) for preliminary evaluation. Submission of a manuscript to *Conservation Biology* implies it has not been published previously and is not being considered for publication elsewhere.

## **Policy on Duplicate Publication of Research Results**

At the time of submission, authors must describe in a cover letter any data, illustrations, or text in the manuscript that have been used in other papers that are published, in press, submitted, or soon to be submitted elsewhere. If any of the data in the manuscript have been included in other published or unpublished manuscripts, the legend of each table or illustration reporting such data should cite those manuscripts.

## **Page Charges**

Voluntary page charges will be assessed for each paper accepted for publication. Rates are \$150 per page for those with grant or institutional support for publication costs, \$50 per page for those willing to pay at this rate, and a waiver for those who will sign a statement to the effect that they have neither institutional support for publication costs nor can they afford \$50 per page. An author's ability to pay will in no way influence whether his or her paper will be accepted for publication. Do not include page charge information in your correspondence with the editor. There is a nonwaivable \$1400 charge per page for color figures.

## **Policy on Reviewing Proofs**

The copyediting of *Conservation Biology* is done through the publisher, Blackwell Publishing. Typeset proofs, however, are NOT checked word for word; thus, it is the responsibility of the primary author of each paper to review copyedited manuscript and page proofs carefully for accuracy of citations, formulae, etc., and to check for omissions in the text. It is imperative that the author do a prompt, thorough job of reviewing proofs. It is in the author's power to save himself or herself and the journal the embarrassment of having to explain mistakes that could have been avoided.

Gary K. Meffe  
Editor



# ANEXO 3

## Annals of Botany

### Instructions to Authors

#### Introduction

Experimental, theoretical, descriptive and applied papers on all aspects of plant science are welcome. To merit publication in *Annals of Botany*, contributions should be substantial and combine originality of content with potential general interest. The manuscript or its essential content, must not have been published previously or be under consideration for publication elsewhere. Standard research papers (ORIGINAL ARTICLES) should not normally exceed ten printed pages (each page holds approximately 1000 words or 40–50 references). REVIEWS submitted speculatively should have fewer than 24 printed pages. SHORT COMMUNICATIONS and TECHNICAL NOTES should not exceed six printed pages. Short opinion papers (VIEWPOINT) will also be considered. INVITED REVIEWS (up to 24 pages) and BOTANICAL BRIEFINGS (up to 6 pages) are published by invitation only. Manuscripts should be prepared in English as described below. Submission should be electronic (see **Formatting and Submitting a Paper for Peer Review** for details) preferably as a single consolidated document submitted on disc or as an e-mail attachment. After satisfactory peer review by at least two experts and, if necessary, following receipt of a suitably revised manuscript, authors will be asked for a final electronic version that is technically distinct from the submitted version and thus suitable for reproduction in the Journal.

Authors pay no fees or page charges and receive a free copy of the issue of the Journal in which their paper appears. Authors also receive 100 reprints of their article without charge or alternatively a unique URL that gives access to the Journal's PDF (Portable Document Format) file of their article. Colour plates and graphics are also printed without charge where their use enhances scientific content or clarity.

[Back to Start](#)

#### Preparing Content

(Always consult a recent issue of *Annals of Botany*)

**Text** must be typed using size 12 Times New Roman or Courier, double-spaced throughout and with no less than 25 mm margins on all sides. All pages should be numbered sequentially. Each page line of the text should also be numbered, with the top line of each page being line 1.

The **first page** of a submitted article should contain (i) full title of the manuscript, (ii) full name, postal address, telephone and fax numbers and e-mail address of the corresponding author to be used during manuscript evaluation and processing, (iii) number of figures, (iv) number of tables, (v) number of words in the abstract and (vi) number of words in the remaining text (excluding tables).

The **second page** should comprise: (i) a concise and informative full title; (ii) names of all authors each followed by an identifying superscript number (<sup>1,2,3</sup>, etc.) with the corresponding author's name also followed by a superscript asterisk\*; (iii) institutional address of each author preceded by the relevant superscript number; (iv) a running heading of not more than eight words; (v) e-mail address of the corresponding author.

The **third page** should contain a structured **Abstract** not exceeding 300 words made up of bulleted headings as follows for ORIGINAL ARTICLES:

- *Background and Aims*
- *Methods*
- *Key Results*
- *Conclusions*

Alternative bulleted section headings, such as 'Aims', 'Scope' and 'Conclusions', are

acceptable for REVIEWS, INVITED REVIEWS, BOTANICAL BRIEFINGS, TECHNICAL NOTES and VIEWPOINT papers.

The Abstract should be followed by up to 12 **Key words** that include the complete botanical name(s) of any relevant plant material. If many species are involved, species groups should be listed instead. Note that essential words in the title should be repeated in the key words since these, rather than the title, are used for indexing and some electronic searches. **Title, Abstract** and **Key words** should be self-explanatory without reference to the remainder of the paper.

The **fourth and subsequent pages** should comprise the remaining contents of the article. ORIGINAL ARTICLES and SHORT COMMUNICATIONS will usually have the structure INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, ACKNOWLEDGEMENTS and LITERATURE CITED followed by a list of captions to any figures, any tables and finally the figures themselves. Each table should have a caption at the top and should start on a new page. Each figure should be on a separate page and be numbered (e.g. Fig. 2). Results should not include extensive discussion and should not appear in both graphical and tabular form. The Discussion should avoid repeating the results and must finish with conclusions.

**Abbreviations** are discouraged *except* for units of measurement, standard chemical symbols (e.g. S, Na), names of chemicals (e.g. ATP, Mes, Hepes, NaCl, O<sub>2</sub>), procedures (e.g. PCR, PAGE, RFLP), molecular terminology (e.g. bp, SDS) or statistical terms (e.g. ANOVA, s.d., s.e., n, F, t-test and r<sup>2</sup>) where *these are in general use*. Other abbreviations should be spelled out at first mention and all terms must be written out in full when used to start a sentence. Abbreviations of scientific terms should not be followed by a full stop. Use the minus index to indicate 'per' (e.g. m<sup>-3</sup>, L<sup>-1</sup>, h<sup>-1</sup>) except in such cases as 'per plant' or 'per pot'.

**Units of Measurement.** Use the *Système international d'unités* (SI) wherever possible. If non-SI units have to be used, the SI equivalent should be added in parentheses at first mention. For units of volume, expressions based on the cubic metre (e.g. 5 x 10<sup>-9</sup> m<sup>3</sup>, 5 x 10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup> or 5 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>) or the litre (e.g. 5 µL, 5 mL, 5 L) are acceptable, but one or other system should be used consistently throughout the manuscript. Typical expressions of concentrations might be 5 mmol m<sup>-3</sup>, 5 µM (for 5 µmol L<sup>-1</sup>), or 5 mg L<sup>-1</sup>. The Dalton (Da) or more conveniently the kDa, is a permitted non-SI unit of protein mass.

**Names of plants** must be written out in full (*Genus, species*) in the abstract and again in the main text for every organism. The authority (e.g. L., Mill., Benth.) is not required unless it is controversial. Guidance for naming plants correctly is given in The International Plant Names Index (<http://www.ipni.org/index.html>) and in *The Plant Book: a Portable Dictionary of the Vascular Plants* (1997) by D.J. Mabberley (Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0521 414210 0). After first mention, the generic name may be abbreviated to its initial (e.g. *A. thaliana*) except where its use causes confusion. Any cultivar or variety should be added to the full scientific name e.g. *Lycopersicon esculentum* 'MoneyMaker' following the appropriate international code of practice. For guidance, refer to *International Code for Nomenclature of Cultivated Plants* (1995) edited by P. Treharne, C. D. Brickell, B. R. Baum, W. L. A. Hetterscheid, A.C. Leslie, J. McNeill, S.A. Spongberg. and F. Vrugtman (Wimborne: Quarterjack Publishing. ISSN 0800-0694. ISBN 0-948117-01-X). Once defined in full, plants may also be referred to using vernacular or quasi-scientific names without italics or uppercase letters (e.g. arabidopsis, dahlia, chrysanthemum, rumex, soybean, tomato). This is often more convenient.

Items of **Specialized Equipment** mentioned in MATERIALS AND METHODS should be accompanied by details of the model, manufacturer, and city and country of origin.

**Numbers** up to and including ten should be written out unless they are measurements. All numbers above ten should be in numerals except at the start of sentences. **Dates** should be in the form of 10 Jan. 1999, and **Clock Time** in the form of 1600 h.

**Mathematical equations** must be in proper symbolic form; word equations are not acceptable. Each quantity should be defined with a unique *single character* or symbol together with a descriptive subscript if necessary. Each subscript should also be a *single character* if possible, but a short word is permissible. For example, a relationship between plant dry mass and fresh mass should appear as  $M_d = 0.006M_f^{1.461}$ , where  $M_d$  is plant dry mass and  $M_f$  is plant fresh mass; and not as  $DM = 0.006FM^{1.461}$ . The meaning of terms used in equations should be explained when they first appear.

**Summary statistics** should be accompanied by the number of replicates and a measure of variation such as standard error or least significance difference. Analysis of variance is often appropriate where several treatments are involved. Presentation of an abridged ANOVA table is permissible when its use illustrates critical features of the experiment.

**Chemical, biochemical and molecular biological nomenclature** should be based on rules of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) and the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB)

(<http://www.chem.gmul.ac.uk/iupac/jcbr/>). Chapter 16 of *Scientific Style and Format. The CBE Manual for Authors, Editors, and Publishers 6<sup>th</sup> edn.*, by Edward J. Huth (Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-47154-0) gives useful guidelines.

**Sequence information.** Before novel sequences for proteins or nucleotides can be published, authors are required to deposit their data with one of the principal databases comprising the International Nucleotide Sequence Database Collaboration: EMBL Nucleotide Sequence Database (<http://www.ebi.ac.uk>), GenBank

(<http://www.psc.edu/general/software/packages/seq-intro/genbankfile.html>), or the DNA Data Bank of Japan (<http://www.ddbj.nig.ac.jp>) and to include an accession number in the paper. Sequences matrices should only be included if alignment information is critical to the paper; they can be in colour but should not occupy more than one printed page. Larger matrices will only be printed by special agreement but may more readily be published electronically as **Supplementary Information** (see below).

**Gene nomenclature.** Species-specific rules on plant gene nomenclature are available for: maize ([http://www.agron.missouri.edu/maize\\_nomenclature.html](http://www.agron.missouri.edu/maize_nomenclature.html)), rice (<http://www.shigen.nig.ac.jp/rice/oryzabase/basic/geneName.shtml>), wheat (<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/wgc/98/>) and arabidopsis (<http://www.arabidopsis.org/links/nomenclature.html>).

The website of The Commission on Plant Gene Nomenclature (<http://mbclserver.rutgers.edu/CPGN/>) may also be helpful. Otherwise, *Annals of Botany* adopts the following conventions for abbreviations: lowercase italics for mutant genes (e.g. *rp-etr1*); italicized capitals (e.g. *LE-ACO1*) for wild-type genes; upright lower-case for proteins of mutated genes (e.g. *adh1*), and upright upper-case for proteins of wild-type genes (e.g. *ATMYB2*). It may often be helpful to readers if the names of genes or gene families are spelled out in full at first mention.

**Citations in the text.** These should take the form of Bray (2003) or Jacobsen and Forbes (1999) or (Williamson and Watanabe, 1987; Rodrigues, 2002a, b) and be ordered chronologically. Papers by three or more authors, even on first mention, should be abbreviated to the name of the first author followed by *et al.* (e.g. Ioanidis *et al.*, 2002). If two different authors have the same last name, give their initials (e.g., NH Kawano, 2003) to avoid confusion. Only refer to papers as 'in press' if they have been accepted for publication in a named journal, otherwise use the terms 'unpubl. res.' (e.g. H Gautier, INRA, Lusignan, France, unpubl. res.) or 'pers. comm.' (e.g. WT Jones, University of Oxford, UK, pers. comm.).

The **LITERATURE CITED** should be arranged alphabetically based on the surname of the first or sole author. Where the same sole author or first author has two or more papers listed, these papers should be grouped in year order. Where such an author has more than one paper *in the same year*, these should be ordered with single authored papers first followed by two-author papers, and then any three-author papers etc. If a further level of alphabetical ordering is needed this should be based on the first letter of the surnames of co-authors. Italicised letters 'a', 'b', 'c', etc., should be added to the date of papers with the same authorship and year.

Each entry must conform to one of the following styles according to the type of publication.

*Books*

**Nobel PS. 1999.** *Physicochemical and environmental plant physiology, 2<sup>nd</sup> edn.* San Diego: Academic Press.

*Chapters in books*

**Scandalios JG. 2001.** Molecular responses to oxidative stress. In: Hawkesford MJ, Buchner P, eds. *Molecular analysis of plant adaptation to the environment.* Dordrecht: Kluwer, 181-208.

*Research papers*

**Popper ZA. Frv SC. 2003.** Primary cell wall composition of bryophytes and charophytes.

*Annals of Botany* **91**: 1–12.

*Theses*

**Fiorani F. 2001.** *Leaf growth of contrasting Poa species*. PhD Thesis, University of Utrecht, The Netherlands.

*Anonymous sources*

**Anonymous. Year.** *Title of booklet, leaflet, report, etc.* City: Publisher or other source, Country.

On-line references should be structured as: **Author(s) name, author(s) initial(s). year.**

*Full title of article.* Full URL. Date of last successful access (e.g. 12 Jan. 2003)

**Acknowledgements and Appendix.** In the Acknowledgements please be brief. 'We thank . . .' (not 'The present authors would like to express their thanks to . . .').

If elaborate use is made of units, symbols and abbreviations, or a detailed explanation of one facet of the paper seems in order, further details may be included in a separate APPENDIX placed after the LITERATURE CITED.

**Figures and Tables.** Only scientifically necessary illustrations should be used. **Half-tone and colour images** must be clear and sharp. **Colour images** are encouraged and printed without charge where they enhance significantly the clarity of the scientific information. Line diagrams must be of high black on white contrast, and boxed with inward scale markings. Use of colour in line diagrams is also permitted where it enhances clarity significantly. Use open and/or closed circles, squares and triangles for symbols in line graphs. Height and width should be chosen for either single or double column reproduction and grouping of related graphics is encouraged. Note that graphs and diagrams may be edited by the publisher to ensure a consistent house style and should be proof read by authors. Electron and light photomicrographs should have internal scale markers. When a block of illustrative material consists of several parts, they should be labelled A, B, C, etc. and not treated as separate figures. The best guides for laying out **tables** and **diagrams** are papers in a recent issue of *Annals of Botany*. When preparing tables, adopt the 'Tables' set-up in Microsoft Word, using one cell for each datum cluster (e.g.  $12.2 \pm 1.65$ ) and avoid the use of the 'return' key.

#### **Supplementary Information**

Large amounts of additional information can be submitted for publication electronically as **Supplementary Information** provided that it is *not* essential for a basic understanding of the main paper. Supplementary material will be refereed along with the core paper. At appropriate positions in the text authors should indicate what details are available followed by the words [**Supplementary Information**] in bold and between square brackets. Special arrangements will need to be made with the Editorial Office to handle videos (e.g. giving access to the URL of a web site where this can be viewed). Videos should be created for viewing in a widely available program such as Windows MediaPlayer. A short paragraph describing the contents of any **Supplementary Information** should be inserted immediately before acknowledgements.

[Back to Start](#)

### **Formatting and Submitting a Paper for Peer Review**

All submissions should be in electronic form except by prior arrangement. **Two methods** for doing this are described below. Each submission should be accompanied by a **Covering Letter** formatted in Microsoft Word (file type DOC) or in Rich Text Format (file type RTF). The letter should include contact details of the corresponding author, the title and authorship of the paper, and should state if the paper is a first submission or a re-submission. Names and contact details (including e-mail addresses) of up to three referees can be suggested provided that they are not institutional colleagues, former students or recent collaborators. However, the Journal fully retains the right to select referees of its own choosing.

#### **Method 1. Formatting and submitting a consolidated electronic document**

Papers should be prepared as a *single* consolidated file in Microsoft Word that contains all text, tables and figures. This will require that figures are inserted after the text, using the 'Insert-Picture' or the appropriate 'Select', 'Copy' and 'Paste' functions to position illustrative material into previously created blank pages. TIFF files are recommended. PowerPoint presentations can be inserted into the Word file *after* conversion to individual TIFF files. If you can, convert the consolidated document into a PDF file using Acrobat

Distiller or the free Adobe on-line PDF creator (<http://www.adobe.com>) or other PDF-creation program, after embedding Asian and other fonts. If you are unable to create a PDF, the Editorial Office will convert your consolidated Word file to a PDF prior to peer review.

The consolidated document can be sent to the Editorial Office ([annals-botany@bristol.ac.uk](mailto:annals-botany@bristol.ac.uk)) as an e-mail attachment provided the total file size does not exceed 5 MB. A second file containing the covering letter must accompany it. Alternatively, the consolidated document and covering letter can be sent on a disc (3.5 inch floppy, CD-ROM or Zip disc) suitable for PCs. Discs should be clearly labelled with the name of the corresponding author and posted to Annals of Botany Editorial Office, School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol BS8 1UG, UK, using an accelerated postal service where appropriate.

If there is no electronic version available for a figure or photograph please inform the Editorial Office by e-mail and post a hard copy that is suitable for scanning.

### **Method 2. Conventional electronic submission**

If submission of a consolidated document is not possible we can accept a conventional PC-compatible electronic version prepared and submitted as follows. Prepare (i) the covering letter as a Microsoft Word or Rich Text Format file (ii) the text sections *including all tables and figure legends* as a Microsoft Word or RTF file, (iii) any continuous tone images as TIFF or JPG files at approx. 300 dpi, (iv) any graphics as TIFF, GIF or JPEG files. Where possible, combine similar graphics into one file. Mac files should only be submitted in a form that is PC-readable. The electronic files can be submitted as an e-mail attachment to [annals-botany@bristol.ac.uk](mailto:annals-botany@bristol.ac.uk) (maximum size 5 MB) or on a disc (floppy, CD-ROM or Zip disc) and posted to: Annals of Botany Editorial Office, School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol BS8 1UG, UK, using accelerated delivery service where appropriate. Discs should be clearly labelled with the name of the corresponding author. Normally, we do not require printed copy.

If electronic submission is not possible please contact the Editorial Office so that special arrangements can be made.

[Back to Start](#)

### **Review Process**

The Editorial Office acknowledges receipt of the manuscript by e-mail, provides a reference number and identifies the Editor to whom the manuscript has been assigned. Manuscripts considered suitable for peer review (typically 80 % of submissions) are sent to at least two outside referees. We give referees a target of two weeks for the return their reports and the option of refereeing openly or confidentially. Currently (2002) approximately 55 % of peer reviewed papers are accepted. Authors are asked to revise provisionally accepted articles within four weeks.

[Back to Start](#)

### **Preparing an Accepted Paper for Production**

On final acceptance of a suitably revised article, the corresponding author is informed by e-mail and asked to prepare an electronic version suitable for production purposes (see below) and also asked to complete a **Licence to Publish Form** (see **Formal Statement**). In addition, authors will be asked to prepare a 60-word summary of their paper and attach an accompanying 'thumbnail' illustration, in colour. Both will be used in the **ContentSnapshots** feature that appears in the front of each issue.

For production purposes, the corresponding author is asked to supply an electronic version on disc (floppy, CD-ROM or Zip disc) within one week of final acceptance. Discs should be posted to: Annals of Botany Editorial Office, School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol BS8 1UG, UK. Alternatively, the paper may also be sent as an e-mail attachment to [annals-botany@bristol.ac.uk](mailto:annals-botany@bristol.ac.uk) provided the attachment is smaller than 5 MB. A hard copy of each figure should also be sent to the Editorial Office to ensure that electronic images are reproduced accurately.

**Text and tables** should be in the form of a PC-readable Microsoft Word or RTF file. Use of other word processing packages may delay publication. Unfortunately, desktop publishing files and LaTeX files cannot be used for production. Please use Times New Roman or

Courier. Text, figure legends and all tables should be collected together in one file.

**Image** files should be saved separately for each figure or plate. Black and white line drawings and graphs should be supplied as 1200 dpi Encapsulated PostScript (EPS) or TIFF files. For continuous tone images, please supply as TIFF, JPG or GIF files at 300 dpi (or 600 dpi if the image is a mix of pictures and text and/or has thin lines). Colour figures should be in CMYK. Each file should be identified with the allocated manuscript number and an appropriate descriptor (e.g. 03-521fig2.jpg). All images should be submitted at approximately the size they would appear in the Journal after any surrounding space has been removed. Figures containing several parts should be consolidated into one file wherever possible. Scaling, sizing and cropping are best carried out within image handling programs such as Adobe PhotoShop or Corel PhotoPaint. Please do not supply photographic images as PowerPoint files as these are generally of poor resolution. PowerPoint may be used to illustrate the layout and labelling of such figures, but separate TIFF, JPG or GIF files should be supplied as detailed above.

**Pictures on the front cover.** Authors of accepted papers are invited to submit a colour photograph or diagram for possible display on the front cover along with a short description summarizing the subject (30 words max.). The picture should be sharp, of good contrast and be related to the content of the submitted paper, however, it need not be duplicated in the paper itself. The image should preferably be sent in electronic form as a TIFF, JPG or GIF file at 300 dpi. However, prints or transparencies (returnable) are also acceptable provided they are of scannable quality. Authors of selected material will receive a copy of the cover illustration and a complimentary copy of the relevant issue of the Journal.

[Back to Start](#)

## Production and Publication

On receipt of a satisfactory production version, the title of the paper, authorship and hot-linked e-mail address of the corresponding author will be posted on the Annals of Botany web site under **AOBFirstAlert**. This is readily accessible from the Journal's home page (<http://www.aob.oupjournals.org>) by both subscribers and non-subscribers.

Authors will receive PDF proofs by e-mail attachment approximately 4-6 weeks after acceptance. Corrected proofs should be returned within 24 h. Adobe Acrobat Reader will be needed to read the PDF proof and is downloadable without charge from:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Authors should pay special attention to **equations and figures** since these are usually re-keyed or re-drawn by the publisher.

At this stage, authors will be invited to order reprints and extra single copies of the issue in which the article will appear. Reprints may be ordered in paper form, as a unique URL that gives access to the Journal's PDF file of their article, or in a combination of these forms.

### Publication and printing process

Once corrected proofs have been received and checked, the paper is posted on the web site approximately six weeks ahead of print under **AOBPreview**. Each article is identified by a unique DOI (Digital Object Identifier), a code that can be used in bibliographic referencing and searching. The DOI and date of electronic publication in **AOBPreview** are also printed in the normal fully paginated monthly issue. This will appear on line and in print during the week preceding the start of the month of issue. The dates of submission, first return for revision, final acceptance and date of electronic publication of each article are printed on each paper when published in its final form.

The corresponding author will receive a free copy of the printed issue in which their paper appears together with 100 free printed copies of their article or a free URL that gives access to the article PDF. These items are normally dispatched within seven days of publication of the printed journal.

[Back to Start](#)

## Formal Statement

Authors or their employers retain copyright on articles published in *Annals of Botany*. However, it is a condition of publication in the Journal that authors or their employers grant an exclusive licence to the Annals of Botany Company by completing and signing the **Licence to Publish Form**. This ensures that requests from third parties to reproduce

articles are handled efficiently and consistently and allows the article to be disseminated as widely as possible. The Licence permits authors to use their own material in other publications provided that the Journal is acknowledged as the original place of publication and that the Annals of Botany Company is notified in writing and in advance.

Papers are published on the understanding that the work is free of plagiarism, that all authors have agreed to publication in *Annals of Botany* and that those contributing substantially to the work have been appropriately acknowledged or given co-authorship.

The official publication date is the date on which the paper is first posted electronically on the web site. This date will normally be when the paper appears in *AOBPreview*. If a paper is not posted in *AOBPreview*, the date of publication is the date of first appearance in a fully paginated print or electronic monthly issue.

# ANEXO 3

## Selbyana Submissions

Checklist for Preparation of Manuscripts and Figures  
(Please check items and submit with manuscript)

### General Instructions

- \_\_\_ Manuscripts must be submitted in English (please use American spelling; bilingual abstracts are acceptable). Authors not fluent in written English should have their manuscripts checked carefully for correct language use before submission.
- \_\_\_ Type or print out manuscripts on 8½" x 11" or A4 paper.
- \_\_\_ Double-space text throughout, including figure legends and Literature Cited. Leave at least a 1-inch margin on all sides. Do not use justified margins.
- \_\_\_ Use a 12-point, proportionally spaced font such as Times New Roman, or a 10-pitch, non-proportional font such as Courier throughout document. Authors are responsible for diacritical marks.
- \_\_\_ Type last names of author(s) and page number in upper right-hand corner of all pages.
- \_\_\_ Assemble manuscripts in this order: 1) Title page, 2) Abstract page, 3) Text, 4) Acknowledgments, 5) Literature Cited, 6) Tables, 7) Figure legends, 8) Figures.

### Title Page (Page 1)

- \_\_\_ The title page must contain the following information in order from top to bottom and centered on the page: running title, title, author names, and addresses.
- \_\_\_ Place the running title 6--8 lines below top of page in capital letters. The running title includes the author(s) surname(s) and a short title. Total number of characters must not exceed 50.
- \_\_\_ Place title near middle of page, centered, in "caps small caps."
- \_\_\_ Below title, include author(s) name(s) in caps small caps, followed on next line by affiliation(s), complete mailing address(es), and electronic mail address (e-mail). For multi-authored works, repeat same information below first author's entry. Center all entries.
- \_\_\_ In multi-authored works, use an asterisk to indicate the author responsible for correspondence, page proofs, and requests for reprints. Below author information place "\* Corresponding author."

### Abstract Page (Page 2)

- \_\_\_ The abstract must be one paragraph, beginning with the word "Abstract" in caps small caps and not indented. Abstracts in another language may be added in a separate paragraph.
- \_\_\_ Be concise (usually not more than 200 words), with a brief summary of the paper's intent, materials and methods, results, and significance of findings.
- \_\_\_ Do not cite references or use abbreviations in the abstract.
- \_\_\_ Following abstract, list 4--6 keywords as follows: *Key words:* ...

### Text (Pages 3 +)

- \_\_\_ Do not add additional lines between text other than at headings, or blocks of text such as bulleted lists or identification keys. Avoid "stacking" heads when possible by including explanatory text after each heading.

### Heading Levels

- \_\_\_ First-level headings are centered, in bold, and in caps small caps with an extra line before and after the heading. If small caps are not available, capitalize only the first letter of each major word.
- \_\_\_ Second-level headings are centered, in bold, with the first letter of each major word capitalized. Place one extra line before, and one extra line after, the heading.
- \_\_\_ Third-level headings are flush left, in bold, and with only the first letter of the first word and proper nouns capitalized. Place one extra line before the heading, but not following, and no period.
- \_\_\_ Fourth-level headings are indented with a tab, in bold, and with the first letter of the first word capitalized. These end with a period and are followed by the text.

### General Text

- \_\_\_ Indent the first line of all paragraphs with a ½ inch Tab. Do not use the space bar or excessive tabs to move text.
- \_\_\_ Separate all paragraphs within a section by a single Hard Return.



- \_\_\_ Do not use Hard Returns except where necessary, such as at the ends of paragraphs or headings.
- \_\_\_ Do not hyphenate words at the end of a line. Use a single dash for compound words.
- \_\_\_ Use italic type for words to be italicized. Do not italicize common Latin words or phrases (e.g., et al., i.e., etc., per se, sp. nov.).
- \_\_\_ Cite each figure and table in the text, using caps small caps. Organize in numerical order in text.
- \_\_\_ Abbreviate measurements without a period (e.g., mm, cm, m, l); temperatures are as follows: 20°C.
- \_\_\_ Write out other abbreviations the first time used in the text and abbreviate thereafter: "Trichome morphology was examined using scanning electron microscopy (SEM)."
- \_\_\_ Spell out genus and species the first time used in a paragraph and abbreviate generic name by first initial thereafter in that paragraph, but do not abbreviate genus name at the beginning of a sentence.
- \_\_\_ Include the author or author combination at first use of each species in text and elsewhere when appropriate. Abbreviate plant author names using Authors of Plant Names (Brummitt & Powell 1992).
- \_\_\_ Write out numbers one to ten except in a measurement or a botanical description (e.g., 3 mm, 5 petals). Do not use commas in numbers below 10,000 (e.g., 1000. Use 0.13 instead of .13; % instead of percent. Use double hyphens (--) or n-dashes (-) to separate number ranges (e.g., 4--8, 4-8).
- \_\_\_ Use commas before "and" or "or" in a series.
- \_\_\_ Avoid use of footnotes (other than to indicate corresponding author).
- \_\_\_ Each reference cited in the text must be included in the Literature Cited section, and vice versa. Double check for spelling and details of publication.
- \_\_\_ Literature citations in the text are as follows:

- One author: Walsh (1998) or (Walsh 1998). Two authors: Walsh and Roberts (1998) or (Walsh & Roberts 1998). Three or more authors: Walsh et al. (1998) or (Walsh et al. 1998).
- Manuscripts accepted for publication but not published: Walsh and Roberts (in press) or (Walsh & Roberts in press).
- Dissertation: Walsh (1999).
- Unpublished materials: B. Walsh (unpubl. data), (B. Walsh pers. obs.), or B. Walsh (pers. comm.).
- Within parentheses, use a comma to separate different types of citations (Figure 4, Table 2), (Roberts & Walsh 1989, Walsh & Roberts 1998). Cite several references within parentheses by year, with the earliest one first (Roberts 1996, 1998). Separate multiple citations by a semicolon (Roberts 1996, 1998; Walsh 1995, 1998).
- Specific pages in citation (Walsh 1998: 128).

Use a, b, c, etc., to distinguish two or more papers by the same author in the same year (e.g., Walsh 1998a, 1998b).

\_\_\_ Acknowledgments should be brief and to the point.

### **Taxonomic Treatments**

\_\_\_ In taxonomic treatments, accepted names are in bold, authors and citations in regular text, and synonyms are in italics. List synonyms in chronological order by basionym, arranging homotypic synonyms together in the same paragraph.

\_\_\_ Format new taxa entries as follows:

**Tillandsia kessleri** H. Luther, sp. nov. Type: Bolivia. Dept. Cochabamba: Prov. Ayopaya, km 10 Cocapata-Cotacajas, 16° 38'S, 66° 41'W, 2600 m, 15 Sep. 1997, M. Kessler, J. Gonzales & A. Acebey 9557 (Holotype: SEL; Isotype: LPB). Figure 1.

*A. T. pomacochae* Rauh, cui similis affinisque, bracteis florigeris majoribus et petalis longioribus differt.

**Leaves** densely arranged in a very compact, subspreading rosette, 40–50 cm long. **Leaf sheaths** elliptic 20–22 x 10–13 cm, merging with the leaf blades, coriaceous, very densely punctate lepidote, very dark castaneous, especially adaxially. **Leaf blades** ligulate to subtriangular, acute to acuminate, 7–10 cm wide, coriaceous, rather stiff, coarsely nerved

toward the apex, punctate lepidote, especially abaxially, green tinged purple. **Scape** erect, stiff, 10–12 mm in diameter.

Paratypes: **Bolivia**. Dept. Cochabamba: Prov. Ayopaya, km 10 Cocapata - Cotacajas, 16° 38'S, 66° 41'W, 2700 m, 11 May 1997, *Kessler 9345* (GOET); next coll. **Peru**. Dept. Amazonas:

#### **Literature Cited** (Continue page numbering)

\_\_\_ Verify all entries against original sources, especially journal titles, accents, diacritical marks, and spelling. Abbreviate journal titles using standard references such as *Botanico-Periodicum-Huntianum*.

\_\_\_ Cite references in alphabetical order by the first author's surname.

\_\_\_ List references alphabetically by author(s) last name and then chronologically for same-author references. Use a 5-dash (or 3 m-dash) line to replace the author(s) name when the same author or author combination is in the preceding reference.

\_\_\_ "In press" references must have been accepted for publication and the name of the journal or publisher included.

\_\_\_ For book citations, list the publisher and city of publication.

\_\_\_ Arrange citations as in the following examples:

**Single author:** Luther, H.E. 1986. A new species of *Guzmania* (Bromeliaceae) from western Ecuador. *Selbyana* 9(1): 187--188.

**Multiple authors:** Martin, C.E., K.W. McLeod, C.A. Eades and A.F. Pitzer. 1985. Morphological and physiological responses to irradiance in the CAM epiphyte *Tillandsia usneoides* L. (Bromeliaceae). *Bot. Gaz.* 146: 489–494.

**Book:** Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Colombia University Press, New York.

**Chapter in Book:** Benzing, D.H. 1995. Vascular epiphytes. Pp. 225–254 in M.D. Lowman and N.M. Nadkarni, eds. *Forest Canopies*. Academic Press, San Diego.

**Dissertation:** Yanoviak, S.P. "Community Ecology of Water-Filled Tree Holes in Panama." Ph.D. diss., Univ. Oklahoma, Norman, OK, USA, 1999.

#### **Tables** (Begin on new page)

\_\_\_ Each table must start on a separate sheet and be single-spaced. Use legal-size paper or landscape orientation if necessary to allow adequate margins.

\_\_\_ Place legend at top of page and format as follows: Table 1. Phytogeographical subdivisions of the Guayana Shield.

\_\_\_ Use the same font type and size as in the text. Capitalize first letter of first word for each column and row header.

\_\_\_ Minimize use of lines other than for purposes of clarification.

#### **Figure Legends** (Begin on new page)

\_\_\_ Begin Figure Legends on a separate page. Arrange in numerical order; double-space throughout.

\_\_\_ Format legends as follows: Figure 1. Floral detail of *Navia tentaculata*: **A.** Sepal. **B.** Floral bract, lateral view. **C.** Petal.

\_\_\_ When several figures are grouped together in one plate, combine appropriate legends into one paragraph. Example: Figures 1–4. Figure 1. Floral detail of *Navia tentaculata*: **A.** Sepal...

\_\_\_ If many symbols occur in figures, include a section headed Figure Abbreviations: S, sepal; P, pistil; etc.

#### **Figures**

\_\_\_ Figures can be half-tones (photographs), drawings, or graphs. They must be camera-ready. Avoid shading or fine patterns. Color may be used, but costs are the responsibility of the author.

\_\_\_ Original figures should be submitted in final journal size and mounted on stiff, white paper. Computer-generated or quality-scanned figures can be submitted on IBM format disk in files separate from the text (scan grayscale/color at 450 dpi, line art at 1200 dpi; please also provide hard copy).

\_\_\_ The length of a figure, as published, can be to a maximum of 8½ inches (22.5 cm).

\_\_\_ Only two widths are possible, as published: 1-column is 2<sup>5</sup>/<sub>8</sub> inches (6.5 cm); full-page is 5 ½ inches (14.0 cm).

\_\_\_ Photochemical Transfers (PMTs) or other "diffusion transfer process" types of high quality reductions to journal dimensions may be submitted instead of originals. Photocopies are not accepted.

\_\_\_ If several illustrations or photographs are included, group them into half or full page plates, when possible, each to consist of glossy photos adjoined together with no space between adjacent images (the printer will add white separator lines).

\_\_\_ Each figure grouped in a plate requires a number. Number all figures in Arabic numerals; do not use letters (e.g., 1, 2, 3 *not* 1a, 1b, 1c). Add symbols and text to figures with printer- or machine-produced type; handwritten symbols and text are unacceptable.

\_\_\_ For graphs, capitalize first letter of first word for axis headings.

\_\_\_ Avoid using magnifications in the figure legend as the final illustration may be reduced or magnified; instead, place a scale bar in the figure.

\_\_\_ Write author(s) name(s) and figure number(s) on the back of each figure, on both originals and review copies.

#### **Conditions for Publication**

\_\_\_ Page charges are \$75 per page. Journal subscribers at the time of manuscript submission or during the year of publication are entitled to five free printed pages per volume; each page over five per volume is assessed at \$75 per page.

#### **What and Where to Submit**

\_\_\_ Submit three hard copies of the manuscript and figures, along with a computer diskette containing manuscript, tables, and figures and figure legends when appropriate. On diskette, place manuscript, tables, and figure information into separate files. Please specify type and version of word processor used. IBM-compatible formats on 3.5-inch diskettes are preferred. Please retain a backup copy of your diskette.

\_\_\_ Submit original figures after the paper has been accepted for publication.

\_\_\_ Submit this checklist with completed items marked.