

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Maria Bernadete Ferreira Canela

**INTERAÇÕES ENTRE PLANTAS E BELJA-FLORES NUMA
COMUNIDADE DE FLORESTA ATLÂNTICA MONTANA
EM ITATIAIA, RJ**

Tese apresentada ao Instituto de
Biologia para obtenção do Título de
Doutor em Biologia Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marlies Sazima

Campinas, 2006

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP**

C162i Canela, Maria Bernadete Ferreira
Interações entre plantas e beija-flores numa
comunidade de Floresta Atlântica Montana em Itatiaia, Rio
de Janeiro / Maria Bernadete Ferreira Canela . --
Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientadora: Marlies Sazima.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Biologia.

1. Itatiaia (RJ). 2. Mata Atlântica. 3. Polinização. 4.
Néctar. 5. Beija-flores. I. Sazima, Marlies. II.
Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia.
III. Título.

(scs/ib)

Título em inglês: Interactions between plants and hummingbirds in a Montane Atlantic Forest assemblage in Itatiaia, Rio de Janeiro.

Palavras-chave em inglês: Itatiaia (RJ); Mata Atlântica (Brazil); Pollination; Nectar; Hummingbirds.

Área de concentração: Biologia Vegetal.

Titulação: Mestre em Biologia Vegetal.

Banca examinadora: Marlies Sazima, Silvana Buzato, Leonardo Galetto, Erich Arnold Fischer, Leandro Freitas.

Data da defesa: 15/09/2006.

Programa de Pós-Graduação: Biologia Vegetal.

Campinas, 15 de setembro de 2006.

BANCA EXAMINADORA

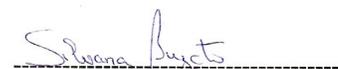
TITULARES

Prof.^a. Dr.^a. Marlies Sazima



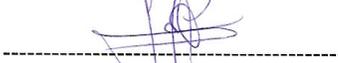
Assinatura

Prof.^a. Dr.^a. Silvana Buzato



Assinatura

Prof. Dr. Leonardo Galetto



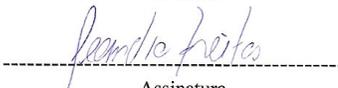
Assinatura

Prof. Dr. Erich Arnold Fischer



Assinatura

Prof. Dr. Leandro Freitas



Assinatura

Prof.^a. Dr.^a. Maria Alice dos Santos Alves

Assinatura

Prof.^a. Dr.^a. Ângela Borges Martins

Assinatura

Prof.^a. Dr.^a. Andréa Cardoso Araújo

Assinatura

‘Não é o desafio com que nos deparamos que determina quem somos e o que estamos nos tornando, mas a maneira como respondemos ao desafio. Somos combatentes, idealistas, mas plenamente conscientes, porque o ter consciência não nos obriga a ter teoria sobre as coisas. Só nos obriga a sermos conscientes. Problemas para vencer, liberdade para provar. E enquanto acreditamos no nosso sonho, nada é por acaso’.

(Henfil)

AGRADECIMENTOS

À minha querida Família Canela pelo eterno carinho e apoio. Em especial, minha linda mãe Maria de Jesus, meus irmãos Zé, Fa, Antonio, Nanão e Ana, minha cunhada Lú, minha adorável sobrinha e afilhada Isabela e minha Tia Acidália.

À Unicamp, docentes e servidores, pela ótima formação e infra-estrutura de trabalho.

À Marlies pela incomparável orientação e cumplicidade desde o mestrado. Ao Ivan por seu carinho e amizade. Ao casal, pelos agradáveis dias de convívio em Itatiaia e Picinguaba!

À Capes, Proap-CNPq e Fundação Botânica Margaret Mee/Petrobrás pelo essencial suporte financeiro.

À Maria Roseli por sua disposição e eficiência em resolver assuntos burocráticos na secretaria da pós.

Aos Srs. Sérgio Sarahyba, Leonardo Nascimento e Henrique Zaluar, equipe da sede/museu e a todos da Invernada/Quality/Prev-Fogo pela acolhida e grande amizade no PNI. Ao Sérgio, em especial, pelas inúmeras estadias em sua casa e pelas animadas rodas de violão.

Ao Programa Mata Atlântica/JBRJ por todo apoio logístico. Ao Leandro por me abrir essa porta, pela parceria e ensinamentos no Itatiaia.

A Tânia e Rosália pela organização do material de herbário e a todos os especialistas que ajudaram na identificação das plantas, em especial a Rafaela, Vidal e Tião.

A Karen e Gabriel pela atenção no laboratório de anatomia.

A Rosemberg e Leonardo pela paciência nos assuntos de informática e afins no CISMA.

Ao Rubem, Izar, Jake e Nara pelo companheirismo e inesquecíveis longos dias de campo no Itatiaia.

À Ângela Martins, Leandro Freitas, Silvana Buzato, Erich Fischer e Leonardo Galetto pelas contribuições na pré-banca e/ou banca.

A todos os amigos da Pousada Betânia & Camping Caracol (Eliane, Mayr, Thaís, Mayrzinho, Dos Anjos, Edivaldo, Pedro, Marcelo, Cláudio, Manuel, Laiana, Néia, Lú e Claudinei) que, mais uma vez, me acolheram como da família nesses últimos meses.

Aos muitos amigos do Rio (Rita, Lud, Bel, Nati, Rô, Ernesto, André, Léo, Leozinho, Rê, Paty, André Tavares, Mariana e Érika), Campinas (Piti, Keka, Flavinho, Mit, Veio, Careca, Marisa, Kayna, Júlia, Iara, Mardiore e D. Aurora), Itatiaia (Gleice, Rosi e Paula Romano) e Ubatuba (Maurício, Laura, Gordo, Eliana e Samantha) que em algum momento, de alguma forma, acreditaram, apoiaram ou compartilharam da elaboração, realização e/ou conclusão desse trabalho.

Obrigada!!

CONTEÚDO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO	11
MATERIAL & MÉTODOS.....	16
RESULTADOS	19
DISCUSSÃO	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
FIGURAS	48
TABELAS	60
APÊNDICES.....	69

RESUMO

Associações entre plantas ornitófilas e beija-flores têm se revelado de grande valor no estudo do papel dos processos coevolutivos e das interações ecológicas na organização das comunidades. Esse estudo foi desenvolvido a fim de obter informações sobre composição florística, atributos florais, recurso e visitação por beija-flores numa comunidade ornitófila de Floresta Atlântica. Durante dois anos foram mensalmente coletados dados de hábito, estrato, fenologia, morfologia, oferta de néctar e beija-flores visitantes numa área de ca. 3 ha de Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Nacional do Itatiaia (PNI), RJ. Foram registradas 32 espécies ornitófilas distribuídas em 15 famílias, com destaque para Bromeliaceae (34%), Gesneriaceae (16%) e Acanthaceae (9%). Ocorreu predominância dos hábitos epífita e liana, bem como da ocorrência destas no sub-bosque. A maioria das espécies apresentou padrão anual de floração e em nível de comunidade parece ocorrer o padrão sequencial. No período chuvoso, metade das espécies ornitófilas na área do PNI está em pico de floração, que geralmente é curto, e predominam flores de corolas médias. No período seco, a outra metade das espécies está florescendo, porém, a duração média do pico é maior e predominam flores de corola longa. Volumes de néctar em flores não ensacadas (*standing crop*) foram altamente variáveis e geralmente muito baixos, o que torna as espécies dessa comunidade muito semelhantes em termos de quantidade de recurso disponível e contribui para que os beija-flores visitem grande número de flores, atuando principalmente no transporte de pólen cruzado. Foram verificadas também importantes diferenças no néctar acumulado entre as espécies. A média da concentração de açúcares variou menos, e de forma geral está de acordo com outros estudos envolvendo plantas ornitófilas. Não foi encontrada correlação estatisticamente significativa entre os volumes de néctar de *standing crop* e produção e nem entre a oferta de néctar e o comprimento da corola. O néctar acumulado no início da antese, juntamente com a concentração de açúcares, parece ter maior influência nas escolhas de plantas pelos beija-flores, pois se refere ao período em que os beija-flores experimentam as flores e definem sua visitação diária, coincidindo com a fase de maior disponibilidade de pólen para muitas espécies de plantas. Os beija-flores predominaram nos estratos baixos da vegetação, no entanto, os Trochilinae (*Clytolaema rubricauda*, *Leucochloris albicollis* e *Thalurania glaucopis*) foram mais comuns no dossel do que os Phaethornithinae (*Phaethornis eurynome* e *P. squalidus*). As visitas dos Phaethornithinae predominaram durante o período seco, enquanto na estação chuvosa foram também freqüentes as visitas das espécies de Trochilinae. Além disso, ocorreram diferenças na visitação das espécies de beija-flores entre os períodos da manhã e da tarde, especialmente entre os Phaethornithinae. Esses beija-flores visitaram principalmente espécies de

flores com corolas longas e médias, em rondas alimentares generalizadas ou de alto ganho, ao passo que os Trochilinae visitaram mais espécies de corolas médias e curtas, em rondas de baixo ganho, como territoriais ou parasitas de território. A maior similaridade no uso de recursos foi verificada entre as duas espécies de *Phaethornis*. A deposição de pólen no bico foi predominante, mas também ocorreu em outras partes do corpo, especialmente nos Phaethornithinae, os quais polinizaram a maioria das espécies estudadas. *Phaethornis eurynome* é residente na área de estudo e foi o principal polinizador, especialmente de Bromeliaceae. A guilda de troquilídeos do PNI parece ser influenciada por competição pelo recurso floral, uma vez que foram encontradas diferenças espaciais, temporais, morfológicas, fisiológicas e comportamentais no uso das plantas por essas aves. A sazonalidade na floração de espécies com diferentes tamanhos de corola parece ser uma resposta adaptativa às diferentes disponibilidades de beija-flores durante o ano que, por sua vez, devem estar relacionadas aos movimentos de migração dessas aves entre diferentes altitudes no PNI, dependendo da intensidade do inverno. Apesar da riqueza e composição da flora ornitófila do PNI serem semelhantes às de outras comunidades estudadas, esta localidade apresentou algumas peculiaridades, principalmente em termos da composição de espécies. As características do clima, em muito influenciadas pela altitude, parecem ter importante papel na determinação da ocorrência das plantas, dos períodos de floração e também das espécies de beija-flores que habitam certas áreas em determinadas épocas. Essas aves, por sua vez, exerceriam influências sobre os atributos florais das espécies de plantas ao longo do tempo via pressão de seleção.

ABSTRACT

Studies of plant-pollinator interactions in vegetation communities can contribute to an understanding of evolutionary and ecological questions. This study sought to relate floristic composition, floral features, resource availability and hummingbird visitation in an ornithophilous assemblage in southeastern Brazil. During two years, data on life form, habitat, flowering phenology, floral morphology and biology, and visitors hummingbirds were obtained monthly in an area of montane Rainforest in the Parque Nacional do Itatiaia, RJ. We recorded 32 species in 15 families, with dominance of Bromeliaceae (34%), Gesneriaceae (16%) and Acanthaceae (9%), and prevalence of epiphytes and vines in the understorey. The most species presented annual flowering pattern and at the community level appears to occur the sequential pattern. In rainy period, one half of species was flowering, this period was often short, and medium corollas flowers predominated. In dry period, another half of species flowered, but their flowering time was bigger, and long corolla flowers were more common. Nectar volume values (*standing crop*) in open flowers were very low, and there was high intra and inter specific variation. These results become every species similar in relation to available quantities of resource, and indicate that hummingbirds need to visit a lot of flowers to fill their daily energetic requirements, favoring outcrossing. Standing crop of nectar bore little relationship to nectar production in terms of volume, as well as any significance was found between nectar availability and corolla length. However, there were differences among species in nectar sugar concentration and nectar production at anthesis beginning. In this period, hummingbirds experiment the flowers to define their daily visitation pattern, and such time corresponds also to phase of higher pollen availability in the most of species. All of these aspects may influence plant choices by foraging hummingbirds. These birds were predominant in the low strata, however, Trochilinae (*Clytolaema rubricauda*, *Leucochloris albicollis* and *Thalurania glaucopis*) were more common in the canopy than Phaethornithinae (*Phaethornis eurynome* and *P. squalidus*). Phaethornithinae visits predominated during the dry period while Trochilinae visits were too frequent in the wet period. Besides, differences in visitation frequency between morning and afternoon periods were verified, mainly between Phaethornithinae hummingbirds. The latter visited mainly species with medium and long corollas flowers, in a trapliner fashion. On the other hand, Trochilinae visited more species with short and medium corollas flowers, mainly as territorial. The most overlapping in resource use occurred between *Phaethornis species*. Pollen placement on the bill was predominant, however, it too occurred in other body parts, especially in Phaethornithinae, which pollinated the majority of the species. *Phaethornis eurynome* is the only resident hummingbird

and can be considered the main pollinator, mostly of Bromeliaceae species. Hummingbirds guild in the PNI is probably influenced by competition for floral resource because spatial, temporal, morphological and behavioral differences were recorded. Seasonality of flowering in species with different flower sizes may be an adaptive response to the different availabilities of hummingbird pollinators during the year. This in turn may relate to possible hummingbird migration movements between different altitudes at Itatiaia, depending on the intensity of the winter. Although richness and composition in the PNI ornithophilous flora are similar to other assemblages, this locality presented some peculiarities. Climate features, quite influenced by altitude, appear play an important role in determining plant occurrence, flowering periods and also hummingbird species in a given site. These birds, on the other hand, exert influence about floral attributes of plants throughout the time by selection pressure.

INTRODUÇÃO

A interação entre flores e polinizadores tem sido considerada um forte componente de integração da biocenose (Vogel & Westerkamp 1991). Polinizadores, devido às variações em morfologia e comportamento de forrageamento, diferem em eficiência de remoção e deposição de pólen nas flores de diversas espécies (Wilson & Thomson 1991, 1996; Goodell & Thomson 1997; ver Miyake & Yahara 1999). Dessa forma, podem influenciar a estrutura genética das populações vegetais (Levin & Kerster 1969, Frankie 1976, Linhart *et al.* 1987) uma vez que diferenças em frequência, combinadas com diferenças em eficiência, têm diversos efeitos no sucesso reprodutivo das plantas (Waser *et al.* 1996, Olsen 1997).

Plantas ornitófilas representam um importante componente das comunidades vegetais (Feinsinger 1983, Morellato & Sazima 1992), e os beija-flores são os principais polinizadores vertebrados dos neotrópicos (Janzen 1975, Bawa 1990), particularmente, na Floresta Atlântica (ver Snow & Teixeira 1982, Snow & Snow 1986, Araújo *et al.* 1994, Sazima *et al.* 1996, 2000; Buzato *et al.* 2000).

Os beija-flores (Trochilidae) são aves restritas ao continente americano, distribuídos em cerca de 100 gêneros e 300 espécies (Tiebout 1993), sendo que quase um terço das espécies ocorre no Brasil (Grantsau 1989). Apresentam grande diversidade em relação aos principais habitats de ocorrência, grupos de plantas que utilizam e modo de forrageamento (Stiles 1981). Constituem o grupo de aves mais especializado em dieta de néctar floral e, como possuem tamanho reduzido e limitada capacidade de estocar energia, respondem rapidamente às mudanças na distribuição espacial e temporal do alimento no habitat (Stiles & Wolf 1970).

Como essas aves forrageiam de diversas maneiras entre diferentes plantas (Feinsinger 1976), o pólen é frequentemente transferido entre flores hetero-específicas (Stiles 1975, Feinsinger 1983, Kodric-Brown *et al.* 1984, Feinsinger *et al.* 1986). A resultante carga de pólen misturada pode reduzir a eficiência de polinização (Levin 1970, Levin & Anderson 1970, Faegri & Pijl 1979) e afetar negativamente o sucesso reprodutivo das espécies vegetais envolvidas (ver Murcia & Feinsinger 1996).

No entanto, características das plantas como a época de floração, o habitat, a morfologia floral e o recurso oferecido, entre outras, influenciam quais beija-flores exploram determinadas espécies (ver Wolf 1970, Snow & Snow 1972, Stiles 1975, Feinsinger 1976, Brown & Bowers 1985). Esses processos de seleção e exclusão de plantas como recurso, por sua vez, resultam na composição e dinâmica das guildas de beija-flores (Feinsinger 1976).

A competição por polinizadores pode atuar como força seletiva sobre o período de floração, estabelecendo e mantendo a divergência entre os períodos de floração de espécies simpátricas (Waser 1978, Waser & Real 1979, Stiles 1981, Feinsinger 1983). A composição de espécies de uma guilda de aves nectaríferas varia regularmente de estação para estação: espécies ‘traseuntes’ e migrantes visitam vários habitats por curtos períodos de tempo durante o pico de floração das plantas, enquanto os residentes são as únicas espécies sedentárias (ver Des Granges 1978). Se ocorre floração seqüencial, flores com atributos semelhantes (Brown & Kodric-Brown 1979) podem ser encontradas ao longo do ano todo, o que favorece a sua exploração pelas mesmas espécies de beija-flores (Grant 1963, Stiles 1977, Waser 1978, Brown & Kodric-Brown 1979) e as mantém numa dada região (Feinsinger 1983, Araújo *et al.* 1994; ver Buzato *et al.* 2000). Por outro lado, espécies de plantas que florescem simultaneamente ou indivíduos que se sobrepõem em certos períodos da floração, podem atuar como competidores e afetar o sucesso reprodutivo uns dos outros devido às polinizações interespecíficas (Feinsinger 1983).

Aves que coexistem freqüentemente forrageiam também em divergentes modelos espaciais, por exemplo, apresentando preferências quanto aos estratos vegetais (Feinsinger 1976, Ruschi 1982, Snow & Snow 1986) ou selecionando plantas em diferentes ambientes micro-termais (p.e. locais ensolarados X sombreados; ver Des Granges 1978). Se vários beija-flores selecionam a mesma árvore ou arbusto, os recursos alimentares podem ser divididos se diferentes animais agirem em grupos operacionais, isto é, se concentrarem em flores de diferentes partes da planta como, por exemplo, topo da copa, exterior e o interior da vegetação (ver Stiles & Wolf 1970, Colwell *et al.* 1974, Feinsinger 1976).

Diante de sobreposição temporal e/ou espacial de flores, atributos morfológicos da corola (como comprimento) e dos beija-flores (p.e. comprimento do bico) podem evidenciar seleção para a divergência no uso de recursos, reduzindo a competição interespecífica e favorecendo a coexistência de espécies (ver Brown & Bowers 1985).

Néctar constitui o mais importante recurso em flores que são polinizadas por animais, tendo um papel central mediando as interações planta-polinizador (Simpson & Neff 1983, Endress 1994). Características do néctar, como composição de açúcares, concentração, volume e dinâmica de secreção, entre outras, são freqüentemente relacionadas às interações entre flores e polinizadores (ver Wolff 2006), sugerindo que esses atributos são produtos de seleção (McDade & Weeks 2004a). Assim, similaridades nas características do néctar de espécies taxonomicamente não relacionadas parecem ter conexão com o tipo de polinizador (Wolff 2006). Essas convergências são freqüentemente vistas como resultado de adaptações das plantas para

preferências, capacidades digestivas ou eficiência de absorção de açúcares por polinizadores específicos (Stiles 1976, Haber & Frankie 1989, Martinez del Rio *et al.* 1992, Baker *et al.* 1998).

Um dos fatores que determinam o quanto um animal depende do recurso floral é a relação entre sua demanda de nutrientes e a quantidade de alimento que as flores oferecem (Heinrich 1975). Esta relação pode influenciar a tendência das visitas durante a antese, os deslocamentos entre as flores e entre as plantas, pois sendo o recurso a maneira pela qual as plantas atraem e mantêm os polinizadores, é esperado que a visitação destes varie com sua disponibilidade (ver Feinsinger 1976, Roubik 1989).

Os volumes de néctar encontrados por um forrageador podem variar amplamente de uma flor para outra dentro de uma população vegetal e até num mesmo indivíduo. Essa variação pode depender da produção de néctar pela planta e ser resultado também de diferentes taxas de secreção entre flores individuais (Feinsinger 1983). Um exemplo disso são os modelos ‘bonanza-blank’ de secreção de néctar mencionados por Feinsinger (1978), em que algumas flores secretam grandes volumes de néctar (‘bonanzas’), mas a maioria das flores, mesmo aquelas em plantas com flores ‘bonanza’, secretam pouco ou nenhum néctar (‘blanks’).

Além disso, a quantidade de néctar encontrada em determinada flor num dado momento pode ser consequência ainda de visitas erráticas por prévios forrageadores que removeram néctar de algumas flores, mas não de outras (Feinsinger 1983). Os recursos realmente encontrados (i.e. *standing crop*) pelos visitantes florais são aqueles que influenciam suas decisões de forrageamento e a relação entre recurso potencial e real é uma questão chave para compreender a evolução das características do néctar (McDade & Weeks 2004b).

Aspectos da oferta de néctar têm reflexos também na partilha de recursos entre polinizadores, como por exemplo, os beija-flores (Des Granges 1978). Diversos estudos têm mostrado suas preferências pelo néctar de determinadas espécies de plantas em função da composição, volume, concentração e densidade de flores (ver Feinsinger 1978, Feinsinger & Colwell 1978, Feinsinger *et al.* 1986, Buzato *et al.* 2000, Canela & Sazima 2003, 2005). Além disso, beija-flores com diferentes tamanhos de bico (longo em Phaethornithinae e curto em Trochilinae) tendem a visitar principalmente flores com os respectivos comprimentos de corola (ver Stiles 1975, 1978; Feinsinger & Colwell 1978). Essas relações indicariam não apenas restrições físicas, mas também fisiológicas, uma vez que flores de corolas maiores parecem produzir maior quantidade de néctar do que flores mais curtas (Kodric-Brown *et al.* 1984, Arizmendi & Ornelas 1990, Fischer 1994, Sazima *et al.* 1996). E a existência de especializações alimentares complementares de forrageamento contribui também para a diversidade de aves

nectaríferas, pois resulta numa coexistência estável de espécies proximamente similares através da divisão dos recursos: espécies territoriais exploram grupos de flores enquanto as que se alimentam em linhas-de-captura (*trapliners*) utilizam flores mais espalhadas (ver Des Granges 1978, Feinsinger 1983, Feinsinger & Colwell 1978, Snow & Snow 1986). Comumente, diferenciação de nicho também ocorre entre aves que formam pares mantendo territórios de alimentação e acasalamento (ver Des Granges 1978, Snow & Snow 1986).

Por último, se ocorre utilização dos mesmos recursos na mesma época por polinizadores em comum, a transferência de pólen interespecífico pode ser evitada pela deposição diferencial do pólen em locais específicos do corpo do visitante (ver Brown & Kodric-Brown 1979, Endress 1994, Sazima *et al.* 1996), um reflexo da arquitetura das estruturas reprodutivas das flores de cada espécie ao longo da evolução (Murcia & Feinsinger 1996).

Estudos de ornitofilia no Brasil tem aumentado consideravelmente nos últimos 20 anos, principalmente na região sudeste, mas geralmente envolvem um número baixo de espécies de plantas (e.g. Sazima & Sazima 1990, Franco & Buzato 1992, Sazima *et al.* 1993, Araújo *et al.* 1994, Sluys & Stotz 1995, Piratelli 1997, Siqueira 1998, Locatelli & Machado 1999, SanMartin-Gajardo & Freitas 1999; Singer & Sazima 2000, Vasconcelos & Lombardi 2000, Sluys *et al.* 2001, Canela & Sazima 2003, 2005) ou apenas certas famílias, como Bromeliaceae (Fischer 1994, Martinelli 1997, Varassin 2002, Machado & Semir 2006) e Gesneriaceae (SanMartin-Gajardo 2004, SanMartin-Gajardo & Sazima 2005). Um estudo amplo envolvendo diversas famílias ornitófilas no sudeste brasileiro foi realizado por Buzato *et al.* (2000), em que foram comparadas as floras ornitófilas de três áreas no estado de São Paulo (Caraguatatuba, Cunha e Campos do Jordão), localizadas em duas cadeias de montanhas (Serra do Mar e Serra da Mantiqueira) e em variadas altitudes (50-1600 m).

Associações entre plantas ornitófilas e beija-flores têm se revelado de grande valor no estudo do papel dos processos coevolutivos e das interações ecológicas na organização das comunidades (ver Kodric-Brown *et al.* 1984). Comparações entre estudos afins podem ajudar a identificar padrões das interações mutualísticas entre plantas e polinizadores num determinado ecossistema (ver Prance & Campbell 1988, Coimbra-Filho *et al.* 1990, Joly *et al.* 1990), e abordagens detalhadas envolvendo diferentes amostragens quantitativas e qualitativas da oferta de néctar, juntamente com informações sobre morfologia e visitação das flores, podem contribuir para determinar o papel das características do néctar nas interações entre flores e polinizadores.

Tendo em vista os diversos aspectos mencionados, foi realizado esse estudo envolvendo plantas e beija-flores numa importante área de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil, o Parque Nacional do Itatiaia, com os seguintes objetivos específicos:

- 1) registrar a composição florística, a fenologia de floração, os atributos florais e a guilda de beija-flores polinizadores das plantas ornitófilas numa área de floresta montana;
- 2) verificar se ocorre sazonalidade na floração das plantas, na ocorrência de espécies com determinadas características florais e na visitação dos beija-flores;
- 3) investigar a oferta de néctar em termos de volume e concentração de açúcares nesta comunidade;
- 4) verificar se o volume de néctar disponível para os visitantes nas flores (*standing crop*) se relaciona com a quantidade produzida (néctar acumulado) nas espécies;
- 5) avaliar se as características do néctar (volume e concentração) estão relacionadas ao comprimento da corola e, por sua vez, às visitas dos beija-flores com diferentes tamanhos de bico;
- 6) investigar como a guilda de beija-flores está estruturada espacialmente e temporalmente nessa comunidade;
- 7) verificar se as visitas dos beija-flores estão relacionadas à morfologia e ao recurso floral;
- 8) comparar os resultados de riqueza e composição de plantas e beija-flores desse estudo com os de três floras ornitófilas similarmente estudadas em Floresta Atlântica no sudeste do Brasil.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, Itatiaia, plantas ornitófilas, floração, morfologia floral, beija-flores, néctar, partilha de recursos, comparação entre floras.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Esse estudo foi realizado no Parque Nacional do Itatiaia (PNI), uma importante área de Floresta Atlântica na Serra da Mantiqueira (22°30' S, 44°50' W), que abrange parte dos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, com altitudes entre 700 e 2.787m e aproximadamente 30.000 ha (Fig. 1). Esta área é coberta principalmente por Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana e Floresta de Altitude (IBGE 1992). O clima é mesotérmico (Cwb; Köppen 1948) com temperatura média anual, dependendo da altitude, entre 15° e 27° C, observando-se diferença de 700 mm na pluviosidade média em função da altitude. A estação seca ocorre de abril a setembro (JBRJ 2003), com temperaturas mínimas entre 10-15⁰C nos meses de junho a agosto.

Procedimentos

O trabalho de campo foi realizado percorrendo-se seis trilhas pré-existentes no PNI, geralmente próximas a rios e cachoeiras, totalizando aproximadamente 3 ha (3 Km X 10m) de Floresta Ombrófila Densa Montana (1100-1150 m altitude), no estado do Rio de Janeiro. Essa área inclui ambientes fechados de interior de mata, que possuem árvores altas e dossel contínuo, e intermediários entre o interior e a borda, caracterizados por possuírem árvores mais baixas e dossel descontínuo (ver Buzato 1995). Técnicas de escalada artificial em árvores (i.e. com auxílio de equipamentos de montanhismo; ver Perry & Williams 1981, Whitacre 1981) foram utilizadas para acessar as plantas quando necessário.

Mensalmente, de abril de 2003 a julho de 2005, foram registradas todas as espécies de plantas ornitófilas florescendo, assim como o hábito que apresentavam e o estrato em que ocorriam (desde o estrato herbáceo até o dossel). Apenas as espécies que tiveram suas estruturas sexuais, estigma e anteras, em contato com os beija-flores durante as visitas (obs. pess.) foram incluídas nesse estudo. Amostras de material vegetativo e reprodutivo dessas espécies ornitófilas foram coletadas, herborizadas, identificadas por especialistas e depositadas no herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB).

As plantas dessa comunidade ornitófila foram divididas em três categorias de frequência de acordo com o número de indivíduos (≥ 10), número de trilhas em que ocorrem (≥ 3) e duração do pico de floração (≥ 3 meses) na área de estudo. Assim, as plantas foram classificadas como de

freqüência *alta* se preencheram pelo menos dois destes aspectos, *média* se apresentaram apenas um aspecto e *baixa* se não mostraram nenhum desses aspectos.

Para cada espécie, de cinco a dez indivíduos (excetuando os casos que foram encontrados menos de cinco indivíduos) foram marcados e acompanhados quanto à fenologia de floração ao longo do ano. Variações nos períodos de floração foram baseadas no número relativo de botões, flores e frutos em desenvolvimento a cada mês (Stiles 1978, 1985). Os meses de pico de floração foram aqueles nos quais metade ou mais dos indivíduos marcados em cada espécie floresceram. De acordo com a extensão e a freqüência do pico de floração, as espécies foram definidas, respectivamente, como de floração *curta* (até 1 mês), *média* (2-4 meses) ou *longa* (≥ 5 meses) e de padrão fenológico contínuo, anual ou sub-anual (ver Newstrom *et al.* 1994).

Além disso, foram registradas informações sobre morfologia (formato e dimensões) e biologia floral (coloração, presença de odor, antese, longevidade e disponibilidade das partes reprodutivas) para todas as espécies (ver Stiles 1985, Arizmendi & Ornelas 1990). O comprimento interno da corola foi medido da base do néctar até a abertura da flor (“comprimento efetivo”; Wolf *et al.* 1976), sendo classificado como *curto* (<20mm), *médio* (20-40mm) ou *longo* (>40mm). A abertura da corola (ver Bell & Bryan 1991, Vidal & Vidal 1995) foi considerada como *estreita* quando < 20mm e *larga* quando maior.

A amostragem de néctar foi realizada utilizando-se micro-seringas de vidro (10, 25 e 50 μ l) para a medição do volume de néctar e refratômetro de bolso (0-32%) para análise da concentração de açúcares no néctar (Dafni 1992). Em indivíduos de 26 espécies foi realizada a amostragem de *standing crop*, na qual o volume de néctar e a concentração de açúcares foram medidos em três horários do dia: início da manhã (07:00-08:30h), meio do dia (12:00-13:30h) e fim da tarde (16:30-18:00h), em flores não ensacadas e escolhidas ao acaso (ca. 20 flores em cada horário por espécie). Essa metodologia foi utilizada para determinar o padrão diário de disponibilidade de néctar. Algumas vezes, não foi possível medir a concentração de açúcares devido à quantidade insuficiente de néctar nas amostras (ver McDade & Weeks 2004b). Flores visivelmente pilhadas, por exemplo com furos na base da corola, foram descartadas dessa amostragem.

Para avaliação da produção de néctar, 14 daquelas 26 espécies tiveram as flores ensacadas com ‘voile’ em fase de botão e as medições de volume e concentração foram realizadas no néctar acumulado nas primeiras horas de antese de cada espécie e 24 horas após esse início (ca. 10 flores para cada tratamento por espécie). Esses dois tratamentos foram escolhidos em função de

aspectos ecológicos e padronização da metodologia. As primeiras horas da antese dizem respeito à oferta inicial de néctar por se tratarem de flores recém abertas que, embora ensacadas, refletiriam pouca ou nenhuma interferência da visitação por prévios forrageadores. A amostragem após 24 horas testa a produção num intervalo de tempo padrão para comparações na comunidade, tendo em vista as variações de longevidade entre as espécies.

Os valores (volume e concentração) de *standing-crop* e produção foram avaliados quanto à normalidade pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov (BioEstat 2.0). Nos casos em que os dados foram não paramétricos foi calculada a mediana ao invés da média e variações foram analisadas pelo intervalo de confiança em gráficos de Box-plot (Systat 8.0). Além disso, foram realizados os testes de Correlação de Spearman para verificar se ocorre relação entre os volumes de néctar de *standing crop* e acumulado em 12 espécies e Correlação de Pearson para avaliar a relação entre oferta de néctar (volume de néctar acumulado e concentração) e comprimento da corola em 14 espécies (Programa Statistica 6.0).

Por fim, para avaliação das espécies de plantas como recurso para beija-flores, foram definidas nesse estudo categorias de recurso com base nos seguintes critérios: 1) flores reunidas em inflorescências; 2) maioria dos indivíduos em agrupamentos; 3) número de flores abertas por planta >5 num dado momento; 4) volume de néctar por flor >10 µl nas primeiras horas da antese e 5) concentração de açúcares no néctar >15% numa flor em antese. As espécies de plantas nessa comunidade foram então consideradas *ricas* no recurso néctar quando mostraram três ou mais desses aspectos, *moderadas* se preencheram pelo menos dois aspectos ou *pobres* se apresentaram apenas um ou nenhum aspecto (ver Feinsinger & Colwell 1978).

A guilda de beija-flores foi estudada através de observações naturalísticas, com auxílio de binóculo, em diferentes plantas entre 0700 e 1800h. Períodos de no mínimo 2 horas foram gastos em determinados indivíduos focais, totalizando ca. 15 horas de observação (geralmente divididos de forma similar entre manhã e tarde) por espécie vegetal.

Os beija-flores foram fotografados (ver Sazima *et al.* 1996) e registrados quanto ao comportamento de forrageio nas flores (visitas legítimas ou ilegítimas; forrageamento em rondas ou territorial) e à frequência de visita, assim como em relação ao local de deposição de pólen (bico, mento, garganta, frente, vértice e outros). A frequência de visitas foi calculada com base no número de visitas/planta focal/hora, com número variável de plantas e flores observadas em cada espécie. As medidas de comprimento dos bicos e peso corporal dos beija-flores foram obtidas em Ruschi (1992) e Grantsau (1989). A identificação dessas aves foi feita de acordo com Grantsau (1989).

A riqueza e a composição de espécies de plantas e de beija-flores desse estudo foram comparadas às das três floras ornitófilas estudadas de forma semelhante no sudeste do Brasil por Buzato *et al.* (2000). A similaridade de espécies e gêneros foi calculada pelo Índice de Jaccard, baseado na presença ou ausência de um determinado táxon em cada local (Krebs 1989). Além disso, a partir desses resultados, foi possível também avaliar a sobreposição no uso das flores pelas espécies de beija-flores através de um dendrograma construído pelo método de agrupamento Group Average (cf. Dunn & Everitt 1982; Programa PCORD 4.0).

RESULTADOS

Composição da flora ornitófila

Foram registradas 32 espécies de plantas nativas polinizadas por beija-flores, distribuídas em 25 gêneros e 15 famílias (Tabela 1). Dentre as famílias, Bromeliaceae e Gesneriaceae contaram com mais de três espécies, ao passo que Acanthaceae e Rubiaceae apresentaram três e duas espécies, respectivamente, e as demais famílias (73%) foram representadas por apenas uma espécie cada.

Bromeliaceae foi família com maior frequência de espécie na área de estudo (34% das espécies), com indivíduos epífitas e/ou saxícolas (Tabelas 1 e 2). Em ordem decrescente de frequência ocorreram espécies arbustivas/epifíticas de Gesneriaceae (16%) e duas espécies herbáceas e uma arbustiva de Acanthaceae (9%). Pouco mais de um terço do total de espécies apresentou hábito predominantemente epifítico, quase 20% eram lianas, 16% tratavam-se de arbustos e os quase 30% restantes eram ervas, arvoretas ou saxícolas; não ocorreu espécie arbórea polinizada por beija-flores nesse estudo (Fig. 2).

Com relação à estratificação vertical (Tabela 1), 81% das espécies ocorreram apenas no estrato até 10m de altura, três espécies apresentaram indivíduos desde o estrato herbáceo até o dossel (*Aechmea nudicaulis*, *Nematanthus fornix* e *Mendoncia* sp.) e outras três tiveram seus indivíduos ocorrendo nos estratos superiores: acima de 10m (*Psittacanthus flavo viridis*), entre 10-20 m (*Vriesea* sp.) e acima de 20m (*Pyrostegia venusta*).

Cerca de 72% das espécies de plantas apresentaram frequência de ocorrência alta ou média (Tabela 1). Entre elas, podemos citar *Aechmea vanhoutteana* (Fig. 3A), *Justicia sebastianopolitaneae*, *Nematanthus crassifolius* (Fig. 3B), *Pitcairnia flammea*, *Salvia sellowiana* e *Sinningia gigantifolia*.

Seis espécies foram restritas a determinados micro-habitats dentro da área de estudo: *Fuchsia regia*, *Hippeastrum aulicum* (Fig. 3C), *Palicourea rudgeoides* e *Siphocampylus longepedunculatus* ocorrem somente próximas às cachoeiras; *Odontonema barlerioides* (Fig. 3D) e *Velloziella dracocephaloides* (Fig. 3E) estão localizadas apenas em áreas de alta umidade do ar e solo hidromórfico na vertente sul do parque. Apenas uma espécie, *Nidularium itatiaiae* (Bromeliaceae), é endêmica do PNI.

Características da flora ornitófila

A maioria das espécies (84%) apresentou padrão anual de floração, com exceções de *Salvia sellowiana* que mostrou padrão contínuo e *Aechmea nudicaulis*, *Siphocampylus longepedunculatus*, *Tillandsia gardneri* e *Vriesea longicaulis* que apresentaram padrão sub-anual (Fig. 4). Duas espécies foram registradas com flores apenas no segundo ano de amostragem: *Pyrostegia venusta* e *S. longepedunculatus*.

Ao longo dos dois anos de estudo, ocorreram variações na amplitude de floração das espécies ornitófilas (Fig. 4), provavelmente devido às alterações climáticas (Fig. 5). Por exemplo, o atípico inverno chuvoso de 2004 pode ter contribuído para a antecipação da floração de espécies como *Abutilon bedfordianum*, *Nematanthus fornix* (8C), *Quesnelia augusto-coburgii* e *Velloziella dracocephaloides*, e na intensificação da floração de *Billbergia vitata* e *Hippeastrum aulicum*.

Em nível de comunidade, o número de espécies florescendo a cada mês variou de sete a quinze e os picos de floração foram dispostos em seqüência ao longo do tempo, com razoável sobreposição nos dois anos de estudo (Fig. 4). A co-ocorrência de espécies florescendo foi ligeiramente maior durante a estação chuvosa do que no período seco (Fig. 4), mas somente metade das espécies teve o pico de floração ocorrendo predominantemente na estação chuvosa (Tabela 1). No entanto, apesar do número relativamente constante de espécies florescendo nas duas estações, o número de indivíduos por espécie era visivelmente maior no período chuvoso.

Com base na extensão do pico de floração, seis espécies apresentaram floração curta, 24 espécies mostraram floração média e apenas duas, *Salvia sellowiana* e *Nematanthus crassifolius*, tiveram floração longa (Tabela 1). Espécies com floração média foram também similarmente divididas entre as estações e predominaram em ambas (Fig. 6A). As espécies de floração curta ocorreram principalmente no período chuvoso, enquanto que as espécies de floração longa tiveram a maior parte do pico nos meses secos (ver também Fig. 4).

As flores são reunidas em inflorescências em quase 70% das espécies, o que inclui todas as espécies de Bromeliaceae e Acanthaceae. A coloração das flores variou, porém em 78% dos casos cores com base no vermelho (do rosa ao laranja) foram predominantes nas pétalas/sépalas ou em brácteas, como é o caso de *Aechmea nudicaulis*, *Billbergia distachya*, *Nidularium itatiaiae* e *Vriesea carinata*.

Quase todas as espécies desse estudo (91%) apresentaram flores tubulares, com exceção de *Abutilon bedfordianum* (campânula), *Hippeastrum aulicum* (estandarte) e *Velloziela dracocephaloides* (goela) (Tabela 1). O comprimento efetivo da corola foi curto em seis espécies, médio em 18 e longo em oito espécies (Tabela 1) e variou de pouco mais de 9mm, como em *Aechmea vanhoutteana* e *Stromanthe thalia*, até quase 60mm, por exemplo em *Velloziela dracocephaloides* e *B. distachya*. Espécies com corolas longas ocorreram principalmente na estação seca, enquanto que na estação chuvosa predominaram flores de corola média (Fig. 6B). A abertura da corola foi estreita em quase todas as espécies, sendo larga apenas em *Hippeastrum aulicum* (Fig. 3C) e *V. dracocephaloides* (Fig. 3E).

As estruturas reprodutivas variaram em tamanho e posição entre as espécies, que na grande maioria foram homogâmicas (72%). Protandria ocorreu em pelo menos $\frac{1}{4}$ das espécies, um fenômeno característico das espécies de Gesneriaceae e também verificado em *Bomarea edulis*, *Velloziela dracocephaloides*, *Hippeastrum aulicum*, *Siphocampylus longepedunculatus* e em algumas flores de *Abutilon bedfordianum*; ao passo que protogenia foi registrada apenas em *Fuchsia regia*.

Em cerca de 94% das espécies as flores abriram nas primeiras horas da manhã (05:30-08:30h). Porém, em *Nematanthus crassifolius* o início da antese podia variar das 09:00 às 16:00h entre indivíduos. Em *Abutilon bedfordianum*, embora algumas flores tenham antese durante o dia, a maior parte das flores abriu no fim de tarde/início da noite.

Na grande maioria das espécies (97%) as flores duraram mais de 24 horas, com exceção de *Aechmea vanhoutteana* cuja longevidade das flores era cerca de 12 horas. Em bromélias como *Billbergia distachya*, *Quesnelia augusto-coburgii*, *Tillandsia gardneri*, *Vriesea carinata* e *Vriesea longicaulis* as flores duravam de dois a três dias. Em espécies de *Nematanthus* e *Sinningia*, *Salvia sellowiana* e *Velloziela dracocephaloides*, entre outras, as flores duravam de quatro a cinco dias, com um extremo de 20 dias em uma flor de *N. crassifolius* mantida ensacada com “voile”.

As flores das espécies estudadas no PNI praticamente não emitem odor perceptível ao olfato humano, com exceção de *Abutilon bedfordianum* (verduras frescas) e *Vriesea longicaulis* (levemente adocicado durante o dia).

Disponibilidade de néctar

Os valores encontrados para volume de néctar em flores não ensacadas (*standing crop*) foram muito variáveis ao longo do dia, tanto inter como intra-especificamente na comunidade ornitófila do PNI (Tabela 3, Fig. 7). Além disso, os valores medianos de volume de néctar nessa amostragem foram nulos ou muito baixos para a maioria das espécies. Quando existiram diferenças entre horários numa dada espécie, o volume do néctar diminuiu ao longo do dia (*Hippeastrum aulicum*, *Pitcairnia flammea* e *Velloziella dracocephaloides*) ou não mostrou padrão diário temporal na variação (p.e. *Fuchsia regia*).

A média da concentração de açúcares variou bem menos, entre 15 e 30%, na maioria das espécies, tanto para *standing crop* quanto para néctar acumulado (Tabela 3). Porém, em algumas espécies como, por exemplo, *Hippeastrum aulicum*, *Nidularium itatiaiae* e *Pitcairnia flammea*, foram comumente registradas concentrações de açúcares abaixo de 15%.

Em relação ao néctar acumulado, de maneira geral, os volumes encontrados foram menos variáveis numa mesma espécie e mais altos quando comparados com os da amostragem de *standing crop* (ver McDade & Weeks 2004b) e, em quase todas as espécies, valores menores foram registrados para o néctar acumulado nas primeiras horas da antese do que 24 horas após esse início (Tabela 3). Entre espécies, no entanto, foram detectadas interessantes diferenças em termos de produção de néctar nas primeiras horas (Tabela 3), por exemplo, entre *Hippeastrum aulicum* (56 µl), *Abutilon bedfordianum* (25 µl), *Aechmea vanhoutteana* (0,2µl) e *Billbergia distachya* (0).

Não foi verificada relação estatisticamente significativa ($p > 0.05$) entre os volumes de *standing crop* e os de produção de néctar. E, apesar de certa tendência, também não foi encontrada correlação significativa ($p > 0.05$) entre a oferta de néctar e o comprimento da corola na comunidade.

De acordo com a classificação definida nesse estudo, foram registradas 44% de espécies ricas, 37% moderadas e 19% pobres em néctar no PNI. Entre as espécies ricas podemos citar *Aechmea vanhoutteana*, *Mendoncia* sp., *Aechmea nudicaulis* e *Quesnelia augustocoburgii*; espécies moderadas são exemplificadas por *Staurogyne itatiaiae*, *Siphocampylus*

longepedunculatus e *Nematanthus crassifolius* e as pobres por *Tillandsia gardneri*, *Nidularium itatiaiae* e *Fuchsia regia* (Tabela 3).

Beija-flores polinizadores

Foram registradas cinco espécies de beija-flores visitando as plantas desse estudo (Tabela 1 e 4): *Phaethornis eurynome* e *P. squalidus* (Phaethornithinae), *Clytolaema rubricauda*, *Leucochloris albicollis* e *Thalurania glaucopis* (Trochilinae). Pelo menos outras quatro espécies de beija-flores ocorrem em localidades de menor altitude no PNI (ca. 700 a 900m), visitando outras plantas ou ‘garrafinhas’ com solução de água e sacarose. Existem dezenas desses bebedouros espalhados por hotéis e propriedades particulares dentro do Parque e eles constituem locais de grande concentração de beija-flores, principalmente de machos.

Phaethornis eurynome (8A), uma espécie de bico longo (36 mm), é residente na área de estudo, estando presente em todos os meses durante os dois anos de amostragem. Este beija-flor atuou como polinizador de 91% das espécies amostradas, sendo 31% Bromeliaceae, 17% Gesneriaceae, 10% Acanthaceae e os 42% restantes distribuídos em 11 famílias (Fig. 9A, Tabela 5). Além disso, foi o principal polinizador (ou seja, aquele com maior frequência de visitas) de 56% das espécies de plantas (Fig. 10). A maioria das espécies visitadas por esta ave teve floração com duração média (76%), apresentou flores de corola média (55%), era epífita ou arbustiva (52%), ocorreu apenas no estrato até 10m de altura (70%) e teve frequência de ocorrência alta na área de estudo (41%). Em relação à oferta de néctar, as espécies mais visitadas foram as da categoria *ricas* (48%) e depois as espécies *moderadas* (38%) e *pobres* (14%). Além disso, em mais de 40% das espécies polinizadas por *P. eurynome* a deposição ocorreu, predominantemente no bico (Tabela 5).

Phaethornis squalidus (Fig. 8B) apresenta comprimento de bico médio (24mm), não ocorreu em alguns meses da estação chuvosa (especialmente de novembro a janeiro) e polinizou quase 60% das espécies, sendo 32% de Bromeliaceae, 21% de Gesneriaceae, 11% de Acanthaceae, além de espécies pertencentes a outras sete famílias (Fig. 9B, Tabela 5). Foi o principal polinizador em 22% dessas espécies (Fig. 10), e a maioria teve floração com duração média (74%), apresentou comprimento efetivo de corola médio (47%), era epífita ou arbusto (68%), ocorreu apenas no estrato até 10m de altura (63%) e mostrou frequência de ocorrência média (42%). Além disso, espécies *ricas* em néctar foram as mais visitadas (58%), seguidas por espécies *moderadas* (26%) e *pobres* (16%). Em relação à deposição de pólen, esta ocorreu

principalmente sobre o bico de *P. squalidus* em 42% das espécies polinizadas por este beija-flor (Tabela 5).

Essas duas espécies de beija-flores, *P. eurynome* e *P. squalidus*, visitaram as flores em rondas alimentares (“trap-line” cf. Stiles 1975, Feinsinger & Colwell 1978) e, ocasionalmente, também atuaram como territoriais dependendo da qualidade do recurso, ou seja, quando uma espécie apresentava muitas flores num certo momento, como foi o caso de *Mendoncia* sp.

Indivíduos fêmeas de *Thalurania glaucopis* (Fig. 8C) atuaram como polinizadores de 41% das espécies analisadas, com 31% de Bromeliaceae, 15% de Gesneriaceae e outras sete famílias (Fig. 9C, Tabela 5), sendo os principais polinizadores em cerca de 19% delas (Fig. 10). Dessas espécies, a maioria teve floração com duração média (70%), apresentou comprimento efetivo de corola médio (54%), era liana ou epífita (53%), ocorreu somente no estrato até 10m de altura (38%) e tinha frequência de ocorrência baixa (46%). Além disso, espécies *ricas* em néctar foram as mais visitadas (46%), seguidas por espécies *moderadas* (39%) e *pobres* (15%). Por último, em mais de 54% das espécies polinizadas por fêmeas de *T. glaucopis* a deposição de pólen ocorreu principalmente no bico (Tabela 5).

Os indivíduos machos de *T. glaucopis*, no entanto, atuaram como polinizadores de 34% das espécies de plantas, sendo 55% de Bromeliaceae, 9% de Gesneriaceae e os 36% restantes distribuídos em três famílias (Fig. 9D, Tabela 5), mas foram os principais polinizadores em apenas 6% delas (Fig. 10). Das espécies polinizadas, a maioria teve floração com duração média (73%), apresentou flores com corola média (54%), era epífita (45%), ocorreu apenas no estrato até 10m de altura (54%) e foi de frequência de ocorrência alta (45%). Em relação à oferta de néctar, as espécies mais visitadas foram as da categoria *ricas* (55%) e depois as espécies *moderadas* (36%) e *pobres* (9%). Em mais de 36% das espécies de plantas polinizadas por esta ave, a deposição de pólen ocorreu, principalmente, no vértice (Tabela 5).

Indivíduos machos de *Clytolaema rubricauda* atuaram como polinizadores de cinco espécies (16%), sendo o polinizador principal em apenas uma espécie de *Vriesea*, Bromeliaceae (3%) (Fig. 10, Tabela 5). A maioria dessas espécies teve floração com duração média (60%), apresentou flores com comprimento de corola curto (60%), era epífita (80%), ocorreu até 20m de altura (40%), teve frequência de ocorrência média ou alta (80%) e era *rica* em néctar (60%). Além disso, em mais de 60% das espécies a deposição de pólen ocorreu no bico. Por outro lado, indivíduos fêmeas de *C. rubricauda* polinizaram apenas duas espécies (6%). Essas tiveram floração com duração média, flores com corolas de comprimento médio e foram de frequência de ocorrência baixa na área de estudo, sendo uma liana que ocorre no dossel (família Loranthaceae)

e a outra, uma arvoreta com copa até 10m de altura (família Malvaceae). Essas duas espécies são *moderadas* em relação à oferta de néctar e em ambas a deposição de pólen ocorreu, predominantemente no bico desse beija-flor (Tabela 5).

Tanto *T. glaucopis* como *C. rubricauda* possuem bico curto (<20mm) e em ambas os machos foram territoriais ao passo que as fêmeas visitaram as flores em rondas de baixo ganho (cf. Feinsinger & Colwell 1978). No entanto, indivíduos machos e fêmeas de *Thalurania glaucopis* algumas vezes pilharam, furando na base, flores de corolas médias (*Pitcairnia flammea* e *Quesnelia augusto-coburgii*) e longas (*Billbergia distachya* e *Nematanthus crassifolius*).

Leucochloris albicollis, um beija-flor de bico médio (24mm), poliniza apenas duas espécies de plantas (6% do total), uma liana de dossel, da família Bignoniaceae, com flor de corola longa, floração curta, frequência de ocorrência baixa, *moderada* em recurso e deposição de pólen no vértice, principalmente (Tabela 5). A outra espécie é também uma liana, família Mendonciaceae, com flores de corola curta, presente desde o sub-bosque até o dossel, de floração e frequência de ocorrência médias, *rica* na oferta de néctar e deposição de pólen no bico. Essa espécie de beija-flor atuou principalmente como parasita de território.

As visitas realizadas pelas espécies de Phaethornithinae predominaram durante o período seco, especialmente nos meses de inverno rigoroso, enquanto na estação chuvosa foram também frequentes as visitas das espécies de Trochilinae. Estas últimas foram mais frequentes durante o atípico inverno chuvoso de 2004 do que no mesmo período do ano anterior, justamente quando as florações de algumas espécies de corola média (p.e. *Abutilon bedfordianum*, *Nematanthus fornix* e *Q. augusto-coburgii*) foram intensificadas.

Quase um quarto das espécies de plantas teve como polinizador uma única espécie de beija-flor: seis foram polinizadas por *P. eurynome* (19%) e uma por *C. rubricauda*, indivíduos machos (3% do total; Tabela 5). Por outro lado, outros 22% das espécies de plantas tiveram quatro ou cinco polinizadores, considerando machos e fêmeas separadamente nas espécies de beija-flor com dimorfismo sexual aparente (Tabela 5).

Os beija-flores visitaram principalmente as espécies com grande número de flores abertas num dado momento, por apresentarem densas inflorescências e/ou vários indivíduos agregados, como, por exemplo, *Aechmea vanhoutteana* (frequência de 6,5 visitas/hora), *Pyrostegia venusta* (2,8 visitas/hora), *Mendoncia* sp. (2,8 visitas/hora), *Aechmea nudicaulis* (2,2 visitas/hora) e *Q. augusto-coburgii* (2,1 visitas/hora).

A visitação das espécies de beija-flores foi significativamente diferente entre os períodos da manhã e da tarde em 31% das espécies de plantas, como *Billbergia distachya*, *Hippeastrum*

aulicum, *Manettia mitis*, *Nematanthus fornix*, *Odontonema barlerioides*, *Sinningia cooperi* e *S. gigantifolia*. (Tabela 6). Entre os Phaethornithinae ocorreu alternância no predomínio de visitas entre os dois períodos do dia. Comparando Phaethornithinae e Trochilinae, as visitas de *T. glaucopis* ocorreram principalmente na parte da tarde.

O dendrograma (Fig. 11) mostrou maior similaridade no uso das plantas entre as duas espécies de Phaethornithinae (Índice de Jaccard = 0.6) e, em seguida, destas com *T. glaucopis* fêmea (com Pher= 0.35 e com Phsq = 0.43) e macho (com Pher = 0.38 e com Phsq = 0.30). As espécies *C. rubricauda* e *L. albicollis* apresentaram baixa similaridade no uso das plantas com as demais espécies de beija-flores e nenhuma entre si.

Comparação com outras floras

Comparando-se a riqueza e a composição de plantas ornitófilas no Parque Nacional do Itatiaia (PNI) com os resultados de Caraguatatuba (CAG), Cunha (CUN) e Campos do Jordão (CAJ) (Buzato *et al.* 2000; ver Apêndice 1), percebe-se um decréscimo da riqueza de espécies polinizadas por beija-flores à medida que a altitude aumenta (Tabela 2). Apesar do menor número absoluto de famílias e gêneros em CAG, essa região de baixada apresentou maior riqueza de espécies (S=40) e maior porcentagem de famílias (25%), gêneros (41%) e espécies (77.5%) exclusivas em relação às outras localidades. CAJ mostrou também razoáveis porcentagens de exclusividade em famílias (19%), gêneros (18.5%) e espécies (45%). No entanto, a área de estudo no PNI, apesar de apresentar somente uma família ornitófila exclusiva (Marantaceae), teve maior porcentagem de gêneros (24%) e de espécies (75%) ornitófilas exclusivas do que CAJ, uma área de Floresta de Altitude na mesma cadeia de montanhas (Serra da Mantiqueira).

O Índice de Jaccard (Fig. 12A), utilizando os dados de Buzato *et al.* (2000), mostrou maior similaridade de espécies de plantas entre CUN-CAJ (0.26) do que entre CUN-CAG (0.1) e CAG-CAJ (0.06), indicando novamente que primeiro a altitude e depois a formação geográfica estariam influenciando a composição dessas floras (Tabela 2; Buzato *et al.* 2000). No entanto, a comparação dos dados dessas localidades com os do PNI mostrou resultados diferentes dos esperados. A área de CUN (Serra do Mar) é cerca de quatro vezes mais similar a de CAJ em termos de espécies do que em relação a do PNI. Essas duas últimas áreas se localizam na Serra da Mantiqueira, porém a área de estudo no PNI está praticamente na mesma altitude que a de CUN (Tabela 2). Assim, PNI apresentou ordem inversa de maior similaridade: em primeiro lugar com

mesma formação geográfica (PNI-CAJ: 0.09) e depois com altitudes semelhantes (PNI-CUN: 0.06 e PNI-CAG: 0.03).

Com relação à similaridade de gêneros (Apêndice 2, Fig. 12B) a situação se assemelha com os dados de Buzato *et al.* (2000), sendo a área de CUN mais parecida com a de CAJ (0.54; altitudes mais semelhantes) seguida pela de CAG (0.29, também na Serra do Mar), mas a similaridade de gêneros entre CAG-CAJ foi, comparativamente, alta (0.2). No entanto, a área do PNI também apresentou similaridade de gêneros ligeiramente maior com a de CUN (0.44, altitudes próximas) do que com a de CAJ (0.40, mesma cadeia de montanhas) e a de CAG (0.30, ambos os aspectos físicos diferentes) (Tabela 2).

A riqueza de espécies de beija-flores foi igualmente comparada entre as quatro localidades (Apêndice 3; Tabela 2). De modo geral, as relações de similaridade entre as espécies de beija-flores se aproximam dos resultados observados para as plantas (Fig. 12). A riqueza de espécies de beija-flores parece decrescer com a altitude, porém a riqueza no PNI foi praticamente a mesma de CAJ (Tabela 2). A maior riqueza (S=11) e maior porcentagem de espécies de beija-flores exclusivos (45%) ocorreu também em CAG. Na área do PNI ocorreu uma espécie exclusiva de beija-flor, *Phaethornis squalidus*, em comparação com as outras áreas. A similaridade para espécies de beija-flores (Fig. 12C) foi, de forma geral, parecida entre as localidades (Índices de Jaccard variando de 0.23 a 0.37), com exceção do par CUN-CAJ com maior similaridade (0.55). Apesar das diferenças serem pequenas, o PNI foi mais similar a CAJ (0.37) em termos de espécies de beija-flores do que em relação a CUN (0.30) e CAG (0.23).

DISCUSSÃO

A riqueza e a composição dessas espécies ornitófilas são comparáveis às de outras floras neotropicais polinizadas por beija-flores - como as de Trinidad e Tobago (Snow & Snow 1972, Feinsinger *et al.* 1985), Costa Rica (Feinsinger *et al.* 1987, Linhart *et al.*, 1987, Murray *et al.* 1987, Stiles 1978, 1985), Colombia (Snow & Snow 1980) e outras localidades do Brasil (Snow & Teixeira 1982, Fischer 1994, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Santos 2000, Vasconcelos & Lombardi 2000, Varassin 2002) - mostrando constituição similar de famílias visitadas por essas aves, assim como a dominância de espécies de Bromeliaceae e Gesneriaceae (Tabelas 1 e 2). Esses resultados podem indicar convergência ecológica (Begon *et al.* 1996) em termos de antese, morfologia floral e recurso, possivelmente devido à pressão de seleção exercida pelos beija-flores polinizadores (ver Kodric-Brown *et al.* 1984).

A ocorrência de poucas espécies por família tem sido encontrada também em outras comunidades ornitófilas (Wolf *et al.* 1976, Snow & Snow 1980, Stiles 1985, Kraemer *et al.* 1993, Grant 1994, Buzato *et al.* 2000). É bem provável que este padrão tenha surgido através de coevolução difusa, a qual resultou de relações amplas e oportunistas entre os beija-flores e as flores de uma dada comunidade. Localmente, as relações entre essas aves e as flores parecem ser influenciadas mais por interações entre as espécies de beija-flores, como por exemplo competição, do que interações entre beija-flores e um conjunto particular de flores (Buzato *et al.* 2000).

A predominância dos hábitos epífita e liana entre as plantas estudadas e destas no sub-bosque também são aspectos comuns nas espécies polinizadas por beija-flores (e.g. Snow & Snow 1972, Feinsinger *et al.* 1985, Feinsinger *et al.* 1987, Linhart *et al.*, 1987, Murray *et al.* 1987, Stiles 1978, 1985; Snow & Snow 1980, Snow & Teixeira 1982, Fischer 1994, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Varassin 2002, Dziedzioch *et al.* 2003, Machado 2006). O decréscimo da riqueza de espécies ornitófilas com a altitude das áreas analisadas deve-se, principalmente, ao menor número de plantas com estas características de hábito e estrato à medida que aumenta a altitude (Vasquez & Givnish 1998, ver Buzato *et al.* 2000).

As espécies de maior frequência de ocorrência (Tabela 1) pertencem principalmente às famílias Bromeliaceae, Gesneriaceae e Acanthaceae, representando os recursos potencialmente mais importantes para os beija-flores ao longo do ano na área de estudo. No entanto, essas espécies não foram exatamente as que apresentaram maior taxa de visitação pelos beija-flores e sim aquelas com maior número de flores num dado momento, refletindo o papel da atração e do recurso para essas aves (ver Percival 1969, Feinsinger 1978, *et al.* 1986; Stiles 1981). Flores agregadas concentram fontes de néctar, reduzindo os custos energéticos do visitante na busca por alimento (Locatelli & Machado 1999).

Os padrões de floração anual (em nível populacional, *sensu* Newstrom *et al.* 1994), sequencial e contínuo (em nível de comunidades) são comumente encontrados em floras ornitófilas e relacionados a elas (p.e. Araújo *et al.* 1994, Fischer 1994, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Varassin 2002, Machado 2006). A floração anual resulta em previsibilidade no período da florada (Newstrom *et al.* 1994, Buzato *et al.* 1995) e, uma vez que ocorre floração sequencial, inflorescências com atributos semelhantes estão disponíveis ao longo do ano (Brown & Kodric-Brown 1979). Este fato favorece a exploração destas flores pelas mesmas espécies de beija-flores (Grant 1963, Stiles 1977, Waser 1978, Brown & Kodric-Brown 1979), principalmente Phaethornithinae, os quais ao encontrar fontes de néctar o ano inteiro são

mantidos residentes numa dada região (Feinsinger 1983, Araújo *et al.* 1994; ver Buzato *et al.* 2000), como foi verificado na área de estudo em Itatiaia.

Embora bromélias caracteristicamente apresentem flores com duração de um dia (Araújo *et al.* 1994, Sluys & Stotz 1995, Martinelli 1997, Siqueira 1998, Sluys *et al.* 2001, Wendt *et al.* 2002), algumas espécies de Bromeliaceae apresentaram maior longevidade no PNI, principalmente as que tiveram o pico de floração durante a estação seca. Além de aspectos intrínsecos, fatores ambientais podem também ser muito importantes na longevidade das flores (Primack 1985). Este aspecto, comum também em outras espécies do PNI como as de Gesneriaceae, possivelmente aumenta a probabilidade de visita pelo polinizador em condições desfavoráveis, por exemplo, de frio intenso.

A alta disponibilidade de flores ornitófilas na estação chuvosa corrobora o padrão verificado em ambientes tropicais, onde fatores climáticos mais favoráveis - como temperatura e precipitação maiores - resultam em alta produtividade primária (Pandey & Singh 1992). Essa maior oferta de recurso no período chuvoso é também coincidente com o período de reprodução da maioria das espécies de beija-flores (Sick 1984), demonstrando mais uma vez a estreita relação entre esses organismos (Machado & Semir 2006).

No período chuvoso, metade das espécies ornitófilas na área do PNI está em pico de floração, esse geralmente é curto, em que predominam flores de comprimento de corola médio e beija-flores Phaethornithinae e Trochilinae são os polinizadores das espécies. Na estação seca, a outra metade das espécies está florescendo, porém, os períodos de pico são mais longos, predominam flores de corolas longas e duas espécies de Phaethornithinae são praticamente os únicos polinizadores. Essa relação comprimento de corola - tamanho de bico foi verificada em outros estudos (ver Stiles 1975, 1978; Feinsinger & Colwell 1978, Kodric-Brown *et al.* 1984, Buzato *et al.* 2000), ocorrendo principalmente flores de corola longa em áreas e/ou períodos com predominância de beija-flores de bico longo (ver Fenster 1991).

As estações bem definidas do PNI parecem afetar sua flora ornitófila, principalmente via polinizador, pois há mudanças na composição das espécies de beija-flores com o início do período seco. Dessa forma, a sazonalidade na floração de espécies com diferentes tamanhos de corola poderia ser uma resposta adaptativa às diferentes disponibilidades de beija-flores durante o ano que, por sua vez, devem estar relacionadas aos movimentos de migração dessas aves entre diferentes altitudes no Parque Nacional do Itatiaia, dependendo da intensidade do 'inverno' (ver Des Granges 1978). Além disso, mudanças na amplitude de floração afetam o número e o nível

de atividade dos polinizadores (Rathche & Lacey 1985), o que também foi constatado durante o inverno chuvoso de 2004 na área de estudo.

A flora ornitófila estudada no PNI apresentou valores de Índice de Jaccard muito baixos (<0.1, Fig. 12A) e 75% de espécies exclusivas (Tabela 2) quando comparada às outras três localidades no sudeste brasileiro, evidenciando peculiaridades que tornam essa área muito diferente das demais (por exemplo, pelas espécies restritas aos micro-habitats e pela espécie endêmica).

A alta variabilidade dos volumes de néctar de *standing crop* encontrada nesse estudo foi também verificada por Feinsinger (1983), McDade & Weeks (2004b) e Wolff (2006), assim como a reduzida quantidade em diferentes horários na maioria das espécies (ver Zimmerman 1988, Navarro 1999, Maloof 2001, McDade & Weeks 2004b). Entretanto, em três espécies (*Hippeastrum aulicum*, *Pitcairnia flammea* e *Velloziella dracocephaloides*) os volumes de *standing crop* foram consideravelmente altos, especialmente em comparação com os resultados de néctar acumulado (Tabela 3). Resultados semelhantes para outras espécies foram encontrados por Torres & Galetto (1988), Parra *et al.* (1993) e Freitas & Sazima (2001), possivelmente porque visitas florais foram insuficientes para esgotar o néctar que é produzido ou porque essas plantas respondem às visitas com reposição de néctar (ver McDade & Weeks 2004b).

Os baixos e variáveis volumes de néctar em flores não ensacadas ao longo do dia na comunidade tornam todas as espécies, de forma geral, muito similares em quantidade de recurso disponível e indicam que os beija-flores precisam visitar grande número de flores por dia para preencher suas necessidades energéticas diárias (Feinsinger 1978, 1983). Na comunidade do PNI, os beija-flores visitaram as plantas principalmente em ‘rondas ou linhas de captura’ (ver Feinsinger & Colwell 1978), o que condiz com a pequena e variável oferta de néctar por flor, em geral, e favorece o transporte de pólen, em especial a polinização cruzada (Feinsinger 1978). Por outro lado, em espécies com alto número de flores ou indivíduos agrupados foram registradas as maiores taxas de visitação, principalmente por beija-flores atuando como territoriais, uma vez que abundantes fontes de néctar promovem este tipo de forrageamento (ver Des Granges 1978, Feinsinger 1983, Snow & Snow 1986, Buzato *et al.* 2000).

A média da concentração de açúcares nesse estudo está, de maneira geral, de acordo com outros estudos envolvendo plantas polinizadas por beija-flores (p.e. Snow & Snow 1986, Arizmendi & Ornelas 1990, Sazima *et al.* 1995, Locatelli & Machado 1999, Buzato *et al.* 2000). No entanto, as espécies com concentrações de açúcares baixas (>6.5%/<15.0%) geralmente

apresentaram indivíduos próximos às cachoeiras e/ou com flores que facilmente acumulavam água da chuva devido à corola vertical e abertura razoavelmente larga.

Diante da imprevisibilidade do néctar realmente disponível nas flores, diferenças de volume de néctar acumulado e concentração de açúcares entre espécies possivelmente são os fatores mais importantes influenciando as escolhas das plantas pelos beija-flores, especialmente no início da antese pois neste período essas aves experimentam as flores e definem sua rota de visitação diária (Benzing 1980, Sick 1984, Sazima *et al.* 1995), coincidindo com a fase de maior disponibilidade de pólen para muitas espécies (ver Percival 1969).

A ausência de relação significativa entre os volumes de néctar de *standing crop* e acumulado neste estudo contraria o pressuposto inicialmente proposto por Zimmerman (1988) e foi verificado também por McDade & Weeks (2004b) e Wolff (2006), demonstrando que outros fatores, além da produção, devem ter influência na quantidade de néctar realmente encontrada pelos visitantes florais. A quantidade de néctar disponível numa flor em determinado momento depende de um conjunto de fatores: intrínsecos (incluindo posição das flores, idade e estado nutricional da planta), micro-climáticos (p.e. incidência da radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e do solo) e das interações com os visitantes (ver Percival 1969, Feinsinger 1978, 1983; Torres & Galetto 1998, McDade & Weeks 2004b).

Embora correlações significativas entre o comprimento da corola e a oferta de néctar tenham sido verificadas em outros estudos (Feinsinger & Colwell 1978, Kodric-Brown *et al.* 1984, Arizmendi & Ornelas 1990, Fischer 1994, Sazima *et al.* 1996), a ausência dessa relação nesse estudo também foi constatada por Buzato (1995), a qual argumenta que o comprimento de corola estaria mais relacionado ao grupo sistemático da espécie que à produção de recurso.

O modelo ‘bonanza-blank’ de Feinsinger (1978) - independente se ‘blanks’ são resultado de ausência de produção ou outros fatores, como a retirada de néctar por prévios visitantes florais - parece ter expressivo papel na dinâmica da polinização das espécies ornitófilas estudadas no PNI (ver Feinsinger 1983), refletindo aspectos ecológicos e evolutivos das interações planta-polinizador.

A riqueza, a composição e a organização da guilda de beija-flores polinizadores na área de estudo do PNI foram também semelhantes às de outras comunidades ornitófilas no sudeste do Brasil (p.e. Snow & Teixeira 1982, Snow & Snow 1986, Feinsinger *et al.* 1985, 1987; Fischer 1994, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Santos 2000, Varassin 2002, Dziedzioch *et al.* 2003), com poucas espécies de beija-flores em relação ao número de plantas polinizadas, sendo poucas de Phaethornithinae (geralmente residentes) e as demais de Trochilinae. A menor riqueza

entre as localidades (Tabela 2) deve-se à ausência de registro de espécies que são comuns em ‘áreas abertas’ (p.e. *Calliphox amethystina*, *Chlorostilbon aureoventris*, *Stephanoxis lalandi*, *Thalurania furcata*; ver Ruschi 1982), ambiente pouco amostrado no PNI e presente nos estudos de Buzato *et al.* (2000). Variações em altitude e nos habitats amostrados, entre outras coisas, podem influenciar na riqueza e na composição da comunidade de beija-flores de um determinado local (Feinsinger 1976, Des Granges 1978, Stiles 1981, Snow & Snow 1986). Além disso, outras espécies e os machos das espécies observadas na área de estudo podem estar sendo deslocados para os bebedouros, “fontes artificiais de açúcar”, existentes dentro do Parque (ver Varassin 2002).

De forma geral, os beija-flores predominaram nos estratos mais baixos da vegetação, principalmente no sub-bosque. No entanto, comparativamente, os beija-flores Trochilinae foram mais comuns no dossel do que os Phaethornithinae. Essa predominância de ocorrência das subfamílias de Trochilidae entre os estratos vegetais é bem conhecida (Stiles 1981, Sazima *et al.* 1993, 1996; Varassin & Sazima 2000), estando relacionada à biologia de cada espécie (Ruschi 1982) e à competição entre aves que coexistem, forrageando portanto em variados modelos espaciais (Feinsinger 1976, Des Granges 1978, Snow & Snow 1986).

Temporalmente, ocorreram diferenças na visitação das espécies de beija-flores na comunidade entre as estações. Florações sazonais têm marcados efeitos nos organismos que dependem das plantas, como os beija-flores e assim uma guilda de aves nectaríferas inclui espécies “transeuntes”, migrantes e residentes (Des Granges 1978), as quais são favorecidas pelo padrão sequencial de floração na comunidade (Feinsinger 1976). Além disso, ocorreu visitação diferencial por beija-flores ao longo do dia em algumas espécies de plantas. Essa partilha diária pode estar relacionada também à competição por recurso entre essas aves (ver Feinsinger 1976), uma vez que nas espécies de plantas em que isso foi verificado ocorre sobreposição espacial e de floração, especialmente durante a estação seca.

Morfologicamente, as duas sub-famílias de Trochilidae se relacionaram a sub-conjuntos florais, com Phaethornithinae visitando principalmente espécies de corolas longas e médias e visitas de Trochilinae predominando em espécies de corolas médias e curtas. Esses resultados corroboram com as relações comprimento de corola - tamanho de bico, que podem ser explicadas por limite físico (Stiles 1975, 1978; Feinsinger & Colwell 1978) ou aspectos fisiológicos, como menor oferta de néctar em flores de corola curtas (Kodric-Brown *et al.* 1984, Arizmendi & Ornelas 1990, Fischer 1994, Sazima *et al.* 1996). Para os Trochilinae é bem provável que ocorra limite físico do comprimento da corola em decorrência do tamanho de seus bicos, porém para os

Phaethornithinae seria esperado que características do néctar apontassem um caminho para a menor visitação em flores de corolas curtas uma vez que o tamanho do bico não significa uma limitação nesse sentido. A ausência de correlação estatisticamente significativa entre o comprimento da corola e a oferta de néctar neste estudo pode ter sido afetada pela reduzida amostragem em flores de corolas curtas (apenas duas das seis espécies), que são também minoria na comunidade.

Em relação à oferta de recurso, as espécies de plantas *ricas* em néctar foram as mais visitadas pelos beija-flores, seguidas pelas espécies *moderadas* e *pobres*, com exceção apenas para *Leucochloris albicollis* (50% espécies *ricas* e 50% *moderadas*) e *Clitolaema rubricauda* macho (100% de espécies *moderadas*). No entanto, essa aparente grande semelhança no uso das plantas quanto ao recurso néctar é também reflexo da distribuição dessas categorias na comunidade (ver metodologia), e uma análise das proporções das plantas visitadas por cada espécie de beija-flor, juntamente com o comportamento de forrageamento observado, permitiu diferenciar o papel dessas aves (cf. Feinsinger & Colwell 1978) na comunidade do PNI.

Assim, quanto ao papel na comunidade, as espécies de beija-flores atuaram semelhantemente ao verificado em outras comunidades ornitófilas (p.e. Snow & Snow 1986, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Santos 2000, Varassin 2002), com Phaethornithinae geralmente visitando as flores em rondas e beija-flores Trochilinae sendo principalmente territoriais, e ocasionais alterações nesses comportamentos dependendo do recurso (Feinsinger & Colwell 1978, Stiles 1978, Gottsberger 1986, Tiebout III 1993). A presença de ambas estratégias de forrageamento é também um importante aspecto na diversidade das guildas de aves nectaríferas (ver Arizmendi & Ornelas 1990), favorecendo a coexistência estável de espécies similares (Des Granges 1978).

Em relação a *Phaethornis eurynome* é sugerida uma adaptação na terminologia de seu papel na comunidade a partir da proposta de Feinsinger & Colwell 1978. Como esta espécie de beija-flor visita e poliniza cerca de 90% das espécies de plantas na área de estudo, incluindo *ricas*, *moderadas* e *pobres* em néctar, uma denominação mais adequada ao seu papel seria ‘em rondas generalizadas’. Esta espécie de beija-flor foi o polinizador dominante na área de estudo, favorecido pela floração sequencial das plantas nessa comunidade, sendo considerado *como* ‘espécie-chave’ (*sensu* Sazima *et al.* 1995, Varassin 2002; ver Begon *et al.* 1996).

Foi verificada proporção muito semelhante das três principais famílias de plantas polinizadas por Phaethornithinae (Fig 9). Além disso, a família Bromeliaceae foi o principal recurso utilizado pelos beija-flores desse estudo, com exceção de *Clitolaema rubricauda* fêmea e

Leucochloris albicollis (Tabela 5). Este resultado, mais uma vez, demonstra a grande importância das espécies dessa família na alimentação dos troquilídeos e a destes na polinização das bromélias (McWilliams 1974, Snow & Snow 1986, Bawa 1990, Araujo *et al.* 1994, Sazima *et al.* 2000). A ampla sobreposição na distribuição das famílias Trochilidae e Bromeliaceae, somada à interdependência como “co-recursos”, indicam possível evolução paralela entre os beija-flores e as bromélias (Wolf *et al.* 1976, Sick 1984, Gentry & Dodson 1987).

A alta similaridade de plantas visitadas e polinizadas pelas duas espécies de *Phaethornis* sugere que na ausência de uma a outra teria potencial para exercer o papel de polinizador principal nesta comunidade (ver Stiles 1978, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000). Entretanto, esse potencial seria válido principalmente para *P. eurynome* uma vez que *P. squalidus* não ocorre em alguns meses da estação chuvosa. No entanto, nesse período são freqüentes visitas de *Thalurania glaucopis*, cujo uso de espécies em comum com os Phaethornithinae é considerável.

A predominância da deposição de pólen no bico dos beija-flores se deve, provavelmente, à corola tubular de curto ou médio comprimento da maioria das flores (ver Sazima *et al.* 1996). No entanto, pólen foi depositado também em outras partes do corpo das aves, principalmente, nos Phaethornithinae. Esses beija-flores polinizam a maioria das espécies, muitas delas com sobreposição na floração e, assim, a deposição diferencial poderia também contribuir para a redução da mistura de pólen interespecífico, minimizando a competição entre espécies de plantas na comunidade (Grant & Grant 1968, Brown & Kodric-Brown 1979, Stiles 1981, Murcia & Feinsinger 1996). Como exemplo, três espécies apresentam sobreposição no pico de floração, são polinizadas principalmente por *P. eurynome*, ocorrem em áreas bem próximas e apresentam diferentes locais de deposição de pólen (Tabela 5): *Justicia sebastianopolitanae* (fronte), *Salvia sellowiana* (vértice) e *Nematanthus crassifolius* (garganta).

Os resultados obtidos nesse estudo de comunidade no PNI, em comparação com outras localidades, revelam interações amplas envolvendo aspectos abióticos, plantas e beija-flores. A altitude parece ter importante papel na determinação do clima, que teria efeitos sobre a ocorrência das espécies vegetais e a extensão de suas florações, dentro das restrições genéticas de cada uma (ver Stiles 1977, Kochmer & Handel 1986). Além disso, o clima pode afetar também as espécies de beija-flores que habitam certas áreas em determinadas épocas (Sick 1984) e essas aves, por sua vez, podem influenciar os atributos florais - morfológicos e de recurso - das espécies ao longo do tempo via pressão de seleção (Des Granges 1978). Cada unidade floral, independente da espécie, representaria então uma fonte potencial de recurso num mosaico de opções de recursos

que variam no espaço e no tempo e podem ser percebidos pelos beija-flores em escalas diferentes de indivíduos ou populações de uma certa espécie (ver McDade & Weeks 2004a).

Nesse contexto, competição - tanto entre plantas pelo recurso polinizador como entre beija-flores pelas plantas - possivelmente é uma força importante na organização e dinâmica da comunidade ornitófila do PNI (Stiles 1975, Waser 1978, Feinsinger *et al.* 1982, Kodric-Brown *et al.* 1984), atuando na divergência dos períodos de floração, na ocorrência diferencial de plantas e beija-flores por estratos, na preferência dessas aves por flores com determinados comprimentos de corola e nas variações da oferta de néctar (ver Feinsinger 1976, Des Granges 1978, Brown & Bowers 1985). Por outro lado, semelhanças em riqueza, composição e estrutura entre comunidades ornitófilas parecem também indicar convergência ecológica, devido à pressão de seleção pelos polinizadores (Begon *et al.* 1996). O fato das diferenças entre áreas serem menores para gêneros do que para espécies de plantas, especialmente no PNI, provavelmente reflete especiação local na formação das assembléias, com espécies ornitófilas 'funcionalmente análogas'.

Assim, essas floras seriam resultado de características vindas de ancestrais que se estabeleceram nas áreas pertencendo a gêneros ou clados ornitófilos (seleção em nível de comunidade) somado às adaptações locais (seleção em nível de indivíduo), que levaram ao reconhecimento de espécies diferentes e que seriam as responsáveis pelo que existe de mais 'ajustado' em cada comunidade (ver Johnson & Boerlijst 2002).

De forma geral, esse estudo indica a ocorrência de algumas estratégias (ou adaptações) que tendem a maximizar o sucesso reprodutivo. Em tese, as espécies com sobreposição de floração e de espécie de beija-flor visitante apresentariam mecanismos para deposição de pólen em diferentes partes do corpo dos beija-flores de modo que o uso comum do agente polinizador não interferisse em seu sucesso reprodutivo (Brown & Kodric-Brown 1979, Feinsinger 1983, Endress 1994, Murcia & Feinsinger 1996, Sazima *et al.* 1996). Uma forma de avaliar esse alcance final da seleção seria verificar se a polinização ocorre de modo adequado para as espécies de plantas, desde a transferência de pólen até a formação de frutos com sementes viáveis.

Essa abordagem é bastante promissora e estudos futuros, a fim de comparar seus resultados com as informações gerais obtidas para a comunidade ornitófila do PNI, são desejáveis. Da mesma forma, informações peculiares de certas espécies quanto à sua polinização por beija-flores poderão ser complementadas em estudos de caso, fornecendo bases mais sólidas para a discussão das interações entre plantas e polinizadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A.C., FISCHER, E.A. & SAZIMA, M. 1994. Floração sequencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região de Juréia, sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 17: 113-118.
- ARIZMENDI, M.C. & ORNELAS, J.F. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica* 22: 172-180.
- BAKER, H.G., BAKER, I. & HODGES, S.A. 1998. Sugar composition of nectar and fruits consumed by birds and bats in the tropics and subtropics. *Biotropica* 30: 559-586.
- BAWA, K.S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 21: 399-422.
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell Science, Oxford.
- BELL, A.D. & BRYAN, A. 1991. Plant form - an illustrated guide to flowering plant morphology. Oxford University Press, New York, New York..
- BROWN, J.H. & BOWERS, M.A. 1985. Community organization in hummingbirds: relationships between morphology and ecology. *Auk* 102: 251-269.
- BROWN, J.H. & KODRIC-BROWN, A. 1979. Convergence, competition, and mimicry in a temperate community of hummingbird-pollinated flowers. *Ecology* 60: 1022-1035.
- 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.
- BUZATO, S., SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32: 824-841.

- CANELA, M.B.F. & SAZIMA, M. 2003. *Aechmea pectinata*: a hummingbird-dependent bromeliad with inconspicuous flowers from the Rainforest in southeastern Brazil. *Ann. Bot.* 92 (5): 731-737.
- CANELA, M.B.F. & SAZIMA, M. 2005. The pollination of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae) in southeastern Brazil: ornithophilous versus melittophilous features. *Plant Biology* 7 (4): 411-416.
- COIMBRA-FILHO, A. (org.). 1990. Recomendações do grupo B: Fauna. In: *Anais da reunião nacional sobre a proteção dos ecossistemas da Mata Atlântica*. Pp. 12-14.
- COLWELL, R.K., BETTS, B.J., BUNNELL, P., CARPENTER, F.L. & FEINSINGER, P. 1974. Competition for the nectar of *Centropogon valerii* by the hummingbird *Colibri thalassinus* and the flower-piercer *Diglossa plumbea* and its evolutionary implications. *Condor* 76: 447-484.
- DAFNI, A. 1992. *Pollination ecology - a practical approach*. IRL Press at Oxford University Press, Oxford.
- DES GRANGES, J.L. 1978. Organization of a tropical nectar feeding bird guild in a variable environment. *Living Birds* 17: 199-236.
- DUNN, G. & EVERITT, H.B.S. 1982. *An introduction to mathematical taxonomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- DZIEDZIOCH, C., STEVENS, A.D. & GOTTSBERGER, G. 2003. The hummingbird plant community of a tropical montane Rain Forest in southern Ecuador. *Plant Biol.* 5: 331-337.
- ENDRESS, P.K. 1994. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Tropical Biology Series, Cambridge.
- FAEGRI, K. & PIJL, L. van der. 1979. *The principles of pollination biology*. Pergamon Press, Oxford.

- FEINSINGER, P. 1976. Organization of a tropical guild of nectarivorous birds. *Ecol. Monogr.* 46: 257-291.
- FEINSINGER, P. 1978. Ecological interactions between plants and hummingbirds in a successional tropical community. *Ecol. Monogr.* 48: 269-287.
- FEINSINGER, P. 1983. Coevolution and pollination. In: FUTUYMA, D. & SLATKIN, M. *Coevolution*. Sinauer Associates Publishers, Sunderland.
- FEINSINGER, P., BEACH, J.H., LINHART, Y.B., BUSBY, W.H. & MURRAY, K.K.G. 1987. Disturbance, pollinator predictability and pollination success among Costa Rican Cloud Forest plants. *Ecology* 68 (5): 1294-1305.
- FEINSINGER, P. & COLWELL, R.K. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *Am. Zool.* 18: 779-795.
- FEINSINGER, P, MURRAY, G., KINSMAN, S. & BUSBY, W.H. 1986. Floral neighborhood and pollinator success in four hummingbird-pollinated cloud forest plant species. *Ecology* 67 (2): 449-464.
- FEINSINGER, P., SWARM, L.A. & WOLFE, J.A. 1985. Nectar-feeding birds on Trinidad and Tobago: comparison of diverse and depauperate guilds. *Ecol. Monogr.* 55 (1): 1-28.
- FEINSINGER, P, WOLFE, J.A. & SWARM, L.A. 1982. Island ecology: reduced hummingbird diversity and the pollination biology of plants, Trinidad and Tobago, West Indies. *Ecology* 63: 494-506.
- FENSTER, C.B. 1991. Selection on floral morphology by hummingbirds. *Biotropica* 23: 98-101.
- FISCHER, E.A. 1992. Foraging of nectarivorous bats on *Bauhinia unguolata*. *Biotropica* 24: 579-582.
- 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.

- FRANCO, A.L.M. & BUZATO, S. 1992. Biologia floral de *Nematanthus fritschii* (Gesneriaceae). *Rev. Bras. Biol.* 52: 661-666.
- FRANKIE, G.W. 1976. Pollination of widely dispersed trees by animals in Central America, with an emphasis on bee pollination systems. In: BURLEY, J. & STILES, B.T. (eds). *Variation, breeding and conservation of tropical forest trees*. Academic Press, London.
- FREITAS, L. & SAZIMA, M. 2001. Nectar features in *Esterhazyia macrodonta*, a hummingbird-pollinated Scrophulariaceae in southeastern Brazil. *J. Plant Res.* 114: 187-191.
- GENTRY, A.H. & DODSON, C.H. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 74: 205-233.
- GOODELL, K. & THOMSON, J.D. 1997. Comparisons of pollen removal and deposition by honey bees and bumblebees visiting apple. In: *Proc. 7th Int. Symp. Pollination*, Lethbridge, Alberta.
- GOTTSBERGER, G. 1986. Some pollination strategies in Neotropical savannas and forests. *Pl. Syst. Evol.* 152: 29-45.
- GRANDCOLAS, P. 1998. Phylogenetic analysis and the study of community structure. *Oikos* 82 (2): 397- 400.
- GRANT, V. 1963. *Origins of adaptations*. Columbia Univ. Press, New York.
- GRANT, V. 1994. Historical development of ornithophily in the western North American flora. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 91: 10407-10411.
- GRANTSOU, R. 1989. *Os beija-flores do Brasil*. Expressão e Cultura, Rio de Janeiro.
- HABER, W.A. & FRANKIE, G.W. 1989. A tropical hawkmoth community: Costa Rican dry forest Sphingidae. *Biotropica* 21: 155-172.
- HEINRICH, B. 1975. Bee flowers: a hypothesis on flowering variety and blooming times. *Evolution* 29: 325-334.

- HEITHAUS, E.R. 1979. Community structure of neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. *Ecology* 60: 190-202.
- JANZEN, D.H. 1975. Behavior of *Hymenaea courbaril* when its predispersal seed predator is absent. *Science* 189: 145-147.
- JBRJ (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). 2003. www.jbrj.gov.br
- JOLY, C. (org.) 1990. Recomendações do grupo B: Flora. In: *Anais da reunião nacional sobre a proteção dos ecossistemas da Mata Atlântica*.
- JOHNSON, C.R. & BOERLIJST, M.C. 2002. Selection at the level of the community: the importance of spatial structure. *Trend. Ecol. Evol.* 17 (2): 83-90.
- KOCHMER, J.P. & HANDEL, S.N. 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecol. Monogr.* 56: 303-325.
- KODRIC-BROWN, A., BROWN, J.H., BYERS, G.S. & GORI, D.F. 1984. Organization of a tropical island community of hummingbirds and flowers. *Ecology* 65 (5): 1358-1368.
- KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica, México.
- KRAEMER, M., SCHMITT, U., SCHUCHMANN, K.L 1993. Notes on the organization of a Neotropical high-altitude hummingbird-flower community. In: BARTHLOTT, W., NAUMANN, C.M., SCMIDT-LOSKE, K. & SCHUCHMANN, K.L. (eds). *Animal-plant interactions in tropical environments*, Bonn.
- KREBS, C.J. 1989. *Ecological methodology*. Harper and Row, New York, New York.
- LEVIN, D.A. 1970. Assortative pollination in *Lythrum*. *Amer. J. Bot.* 57: 1-5.
- LEVIN, D.A. & ANDERSON, W.W. 1970. Competition for pollinators between simultaneously flowering species. *Amer. Nat.* 104: 455-467.
- LEVIN, D.A & KERSTER, H.W. 1969. Density-dependent gene dispersal in *Liatris*. *Amer. Nat.* 103: 61-73.

- LINHART, Y.B., BUSBY, W.H., BEACH, J.H. & FEINSINGER, P. 1987. Forager behavior, pollen dispersal, and inbreeding in two species of hummingbird-pollinated plants. *Evolution* 41: 679-682.
- LOCATELLI, E. & MACHADO, I.C. 1999. Comparative study of the floral biology in two ornithophilous species of Cactaceae: *Melocactus zehntneri* and *Opuntia palmadora*. *Bradleya* 17: 75-85.
- MACHADO, C.G. & SEMIR, J. 2006. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do sudeste brasileiro. *Rev. Bras. Bot.* 29 (1): 163-174.
- MALOOF, J.E. 2001. The effects of a bumble bee nectar robber on plant reproductive success and pollinator behavior. *Am. J. Bot.* 88: 1960-1965.
- MARTINELLI, G. 1997. Biologia Reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA, H.C. & GUEDES-BRUNI, R.R. "Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica". IP/JBRJ.
- MARTÍNEZ DEL RIO, C., BAKER, H.G. & BAKER, I. 1992. Ecological and evolutionary implications of digestive processes: bird preferences and sugar constituents of floral nectar and fruit pulp. *Experimentia* 48: 544-551.
- McDADE, L.A. & WEEKS, J.A. 2004a. Nectar in Hummingbird-pollinated Neotropical Plants I: patterns of production and variability in 12 species. *Biotropica* 36 (2): 196-215.
- McDADE, L.A. & WEEKS, J.A. 2004b. Nectar in Hummingbird-pollinated Neotropical Plants II: interactions with flowers visitors. *Biotropica* 36 (2): 216-230.
- McWILLIAMS, E.L. 1974. Evolutionary ecology. In: SMITH, L.B. & DOWNS, R.J. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). *Flora Neotropica*. Mon. 14, part. 1. The New York Botanical Garden. Hafner Press, New York.

- MIYAKE, T. & YAHARA, T. 1999. Theoretical evaluation of pollen transfer by nocturnal and diurnal pollinators: when should a flower open? *Oikos* 86: 233-240.
- MORELLATO, L.P.C. 1999. Padrões de floração e modos de polinização em floresta semidecídua no sudeste do Brasil. In: *Resumos 50^o Congresso Nacional de Botânica*. Blumenau.
- MORELLATO, L.P.C. & SAZIMA, M. 1992. Modos de polinização em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil (Reserva de Santa Genebra, Campinas, SP). In: *Resumos Seminários Mata de Santa Genebra – conservação e pesquisa em uma reserva florestal urbana em Campinas, Campinas*.
- MURCIA, C. & FEINSINGER, P. 1996. Interspecific pollen loss by hummingbirds visiting flower mixtures: effects of floral architecture. *Ecology* 77 (2): 550-560.
- MURRAY, K.G., FEINSINGER, P., BUSSY, W.H., LINHART, Y.B., BEACH, J.H. & KINSMAN, S. 1987. Evaluation of character displacement among plants in two tropical pollination guilds. *Ecology* 68 (5): 1283-1293.
- OLSEN, K.M. 1997. Pollination effectiveness and pollinator importance in a population of *Heterotheca subaxillaris* (Asteraceae). *Oecologia* 109: 114-121.
- NAVARO, L. 1999. Pollination ecology and effects of nectar removal in *Macleania bullata* (Ericaceae). *Biotropica* 31: 618-625.
- NEWSTROM, L.E., FRANKIE, G.W. & 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.
- PANDEY, C.B. & SING, S.J. 1992. Rainfall and grazing effects on net primary productivity in tropical savanna India. *Ecology* 73: 2007-2021.

- PARRA, V., VARGAS, C.F. & EGUIARTE, L.E. 1993. Reproductive biology, pollen and seed dispersal, and neighborhood size in the hummingbird-pollinated *Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae). *Am. J. Bot.* 80: 153-159.
- PERCIVAL, M. 1969. *Floral Biology*. Pergamon Press, London.
- PERRY, D.R. & WILLIAMS, J. 1981. The Tropical Rain Forest canopy: a method providing total access. *Biotropica* 13 (4): 283-285.
- PIRATELLI, A.J. 1997. Comportamento alimentar de beija-flores em duas espécies de *Hippeastrum* Herb. (Amaryllidaceae). *Rev. Bras. Biol.* 57 (2): 261-273.
- PRANCE, G.T. & CAMPBELL, D.C. 1988. The present state of tropical floristics. *Taxon* 37: 519-518.
- PRIMACK, R.B. 1985. Longevity of individual flowers. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16: 15-37.
- RATCHE, B. & LACEY, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 16: 179-214.
- ROUBIK, D.W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, Cambridge.
- RUSCHI, A. 1982. *Beija-flores do Estado do Espírito Santo*. Editora Rios, São Paulo.
- SAN-MARTIN GAJARDO, I. 2004. *Biologia da polinização de espécies da tribo Sinningieae (Gesneriaceae) no sudeste do Brasil*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SAN-MARTIN GAJARDO, I. & FREITAS, L. 1999. Hummingbird pollination in *Besleria longimucronata* Hoehne (Gesneriaceae) in southeastern Brazil. *Biociências* 7: 13-24.
- SAN-MARTIN GAJARDO, I. & SAZIMA, M. 2005. Espécies de *Vanhouttea* Lem. e *Sinningia* Nees (Gesneriaceae) polinizadas por beija-flores: interações relacionadas ao hábitat da planta e ao néctar. *Rev. Bras. Bot.* 28 (3): 442-450.

- SANTOS, C.G.M. 2000. *Distribuição espacial, fenologia e polinização de Bromeliaceae na Mata Atlântica do Alto da Serra de Paranapiacaba, SP*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SAZIMA, M., BUZATO, S. & SAZIMA, I. 1999. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Forest sites in Brazil. *Ann. Bot.* 83: 705-712.
- SAZIMA, M., BUZATO, S. & SAZIMA, I. 2000. Polinização por beija-flores em *Nidularium* e gêneros relacionados. In: LEME, E.C. (ed). *Bromélias da Mata Atlântica – Nidularium*. Hamburg Donnelley Gráfica Editora Ltda, Rio de Janeiro.
- SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 1990. Hummingbird pollination in two species of *Vellozia* (Liliiflorae: Velloziaceae) in southeastern Brazil. *Bot. Acta* 103: 83-86.
- SAZIMA, I., BUZATO, S. & SAZIMA, M. 1993. The bizarre inflorescence of *Norantea brasiliensis* (Marcgraviaceae): visits of hovering and perching birds. *Bot. Acta* 106: 507-513.
- SAZIMA, I., BUZATO, S. & SAZIMA, M. 1995. The saw-billed hermit *Ramphodon naevius* and its flowers in southeastern Brazil. *J. Ornith.* 136: 195-206.
- SAZIMA, I., BUZATO, S. & SAZIMA, M. 1996. An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in a montane forest in southeastern Brazil. *Bot. Acta* 109: 149-160.
- SICK, H. 1984. *Ornitologia brasileira: uma introdução*. Universidade de Brasília, Brasília.
- SIMPSON, B.B. & NEFF, J.L. 1983. Evolution and diversity of floral rewards. In: JONES, C.E. & LITTLE, R.J. (eds). *Handbook of experimental pollination biology*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- SINGER, R.B. & SAZIMA, M. 2000. The pollination of *Stenorrhynchos lanceolatus* (Orchidaceae: Spiranthinae) by hummingbirds in southeastern Brazil. *Plant Syst. Evol.* 223: 221-227.
- SIQUEIRA, J.A.F. 1998. Biologia floral of *Hohenbergia ridlei* (Baker) Mez. *Bromélia* 5: 3-13.

- SLUYS, M.V., CARDOZO, C.A., MANGOLIN, R. & ROCHA, C.F.D. 2001. Taxas de visitação de polinizadores a *Vriesea procera* (Bromeliaceae) na Ilha Grande/RJ, sudeste do Brasil. *Bromélia* 6: 19-24.
- SLUYS, M.V. & STOTZ, D.F. 1995. Padrões de visitação a *Vriesea neoglutinosa* por beija-flores no Espírito Santo, sudeste do Brasil. *Bromélia* 2: 27-35.
- SNOW, B.K. & SNOW, D.W. 1972. Feeding niches of hummingbirds in a Trinidad Valley. *J. Anim. Ecol.* 41: 471-485.
- SNOW, D.W. & SNOW, B.K. 1980. Relationships between hummingbirds and flowers in the Andes of Colombia. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool)*: 38 (2): 105-139.
- SNOW, D.W. & SNOW, B.K. 1986. Feeding ecology of hummingbirds in the Serra do Mar, southeastern Brazil. *El Hornero* 12: 286-296.
- SNOW, D.W. & TEIXEIRA, D.L. 1982. Hummingbirds and their flowers in the coastal mountains of southeastern Brazil. *J. Orn. Heft* 4, 123: 446-450.
- STILES, F.G. 1975. Ecology, flowering phenology and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. *Ecology* 56: 285-310.
- STILES, F.G. 1976. Taste preferences, color preferences, and flower choice in hummingbirds. *Condor* 78: 10-26.
- STILES, F.G. 1977. Coadapted competitors: flowering seasons of hummingbird food plants in a tropical forest. *Science* 198: 1117-1178.
- STILES, F.G. 1978. Temporal organization of flowering among the hummingbird foodplants of a tropical wet forest. *Biotropica* 10: 194-210.
- STILES, F.G. 1981. Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 68: 323-351.
- STILES, F.G. 1985. Seasonal patterns and coevolution in the hummingbird-flower community of a Costa Rican subtropical forest. *Ornithol. Monogr.* 36: 757-787.

- STILES, F.G & WOLF, L.L. 1970. Hummingbird territoriality at a tropical flowering tree. *Auk* 87: 467-491.
- TIEBOUT, H.M. III 1993. Mechanisms of competition in tropical hummingbird: metabolic costs for losers and winners. *Ecology* 74: 405-418.
- TORRES, C. & GALETTO, L. 1998. Patterns and implications of floral nectar secretion, chemical composition, removal effects and standing crop. *Bot. J. Linn. Soc.* 127: 207-223.
- VARASSIN, I.G. 2002. *Estrutura especial e temporal de uma comunidade de Bromeliaceae e seus polinizadores em Floresta Atlântica no sudeste do Brasil*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- VARASSIN, I.G. & 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 (Nova Série)* 1112: 57-70.
- VASCONCELOS, M.F. & LOMBARDI, J.A. 2000. Espécies vegetais visitadas por beija-flores durante o meio do verão no Parque Estadual da Pedra Azul, ES. *Melopsittacus* 3 (1): 36-41.
- VASQUEZ, J.A. & GIVINISH, T.J. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition structure and diversity in the Sierra de Manantlan. *J. Ecol.* 86: 999-1020.
- VIDAL, W.N. & VIDAL, M.R.R. 1995. Botânica - Organografia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- VOGEL, S. & WESTERKAMP, C. 1991. Pollination: an integrating factor of biocenoses. In: SEITZ, A. & LOESCHCKE, V. (eds.). *Species Conservation: a population biological approach*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- WASER, N.M. 1978. Competition for hummingbird pollination and sequential flowering in two Colorado wildflowers. *Ecology* 59: 934-944.
- WASER, N.M. & REAL, L.A. 1979. Effective mutualism between sequentially flowering plant-species. *Nature* 281: 670-672.

- WASER, N.M., CHITTKA, L., PRICE, M.V., WILLIAMS, N.M. & OLLERTON, J. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology* 77 (4): 1043-1060.
- WENDT, T, CANELA, M.B.F., KLEIN, D.E. & RIOS, R.I. 2002. Selfing facilitates reproductive isolation among three sympatric species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). *Plant Syst. Evol.* 232: 201-212.
- WHITACRE, D.F. 1981. Additional techniques and safety hints for climbing tall trees, and some equipment and information sources. *Biotropica* 13 (4): 286-291.
- WILSON, P. & THOMSON, J.D. 1991. Heterogeneity among floral visitors leads to discordance between removal and deposition of pollen. *Ecology* 72(4): 1503-1507.
- WILSON, P. & THOMSON, J.D. 1996. How do flowers diverge? In: LLOYD, D.G. & BARRET, S.C.H. (eds). *Floral biology*. Chapman and Hall, New York.
- WOLF, L.L. 1970. The impact of seasonal flowering on the biology of some tropical hummingbirds. *Condor* 72: 1-14.
- WOLF, L.L., STILES, F.G. & HAINSWORTH, F.R. 1976. Ecological organization of a tropical highland hummingbird community. *J. Anim. Ecol.* 32: 349-379.
- WOLFF, D. 2006. Nectar sugar composition and volumes of 47 species of Gentianales from a Southern Ecuadorian Montane Forest. *Annals of Botany* 97: 767-777.
- ZIMMERMAN, M. 1988. Nectar production, flowering phenology and strategies for pollination. In: DOUST, J.L. & DOUST, L.L. (eds). *Plant reproductive ecology*. Oxford University Press, New York.

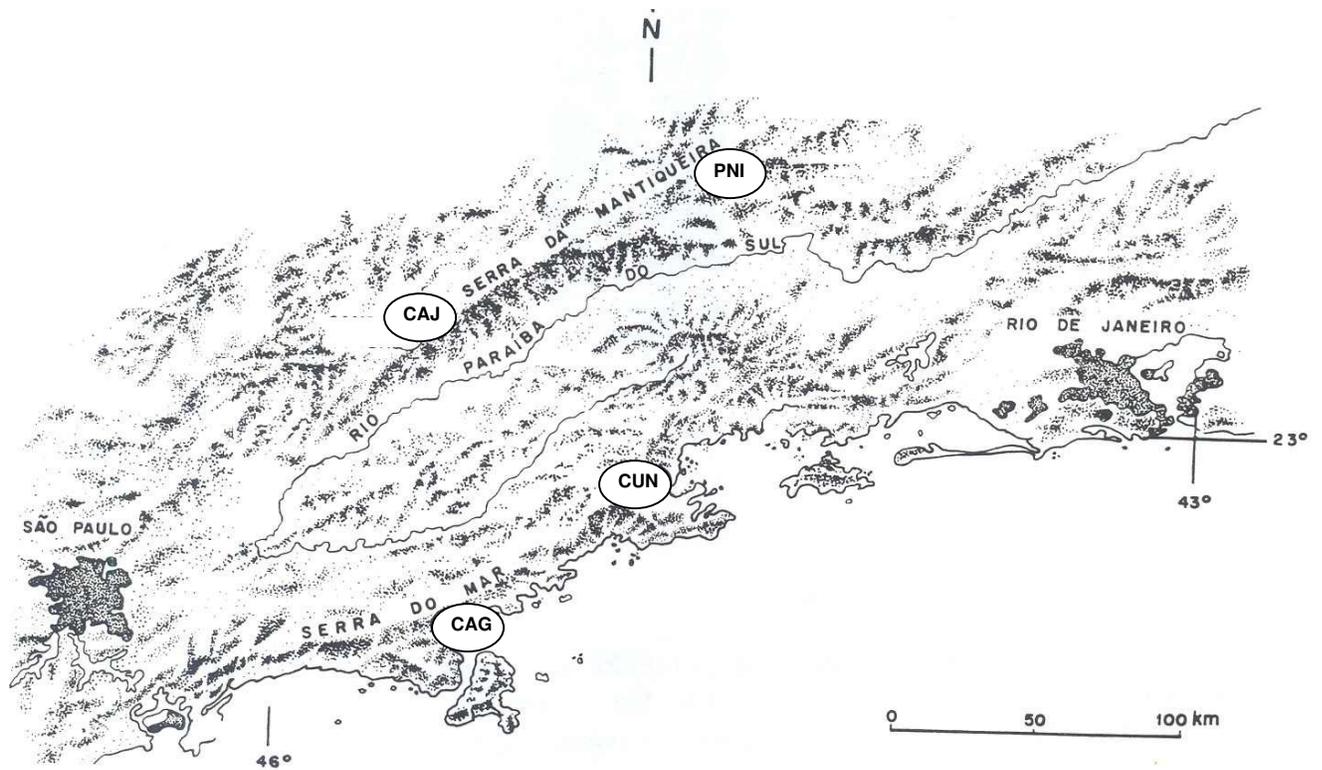


Fig. 1. Localização de diferentes áreas de estudos sobre ornitofilia nos alcances da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil: Caraguatatuba (CAG) em área de baixada, Cunha (CUN), Itatiaia (PNI) e Campos de Jordão (GAJ) em áreas montanhosas (adaptado de Buzato 1995).

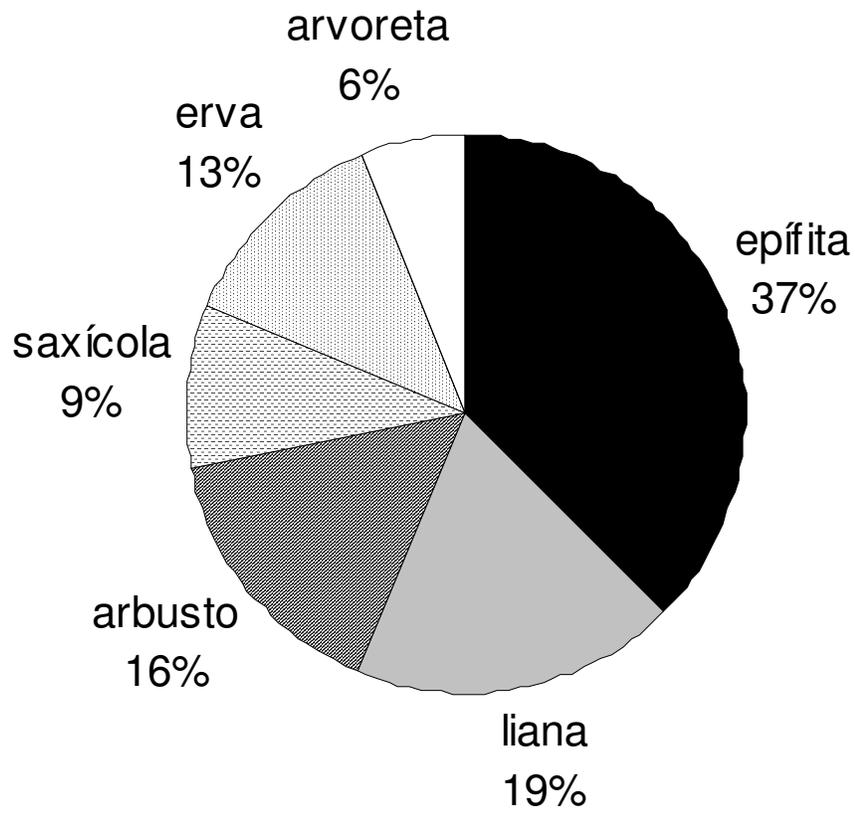


Fig. 2. Distribuição de hábitos entre as espécies ornitófilas estudadas no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil.

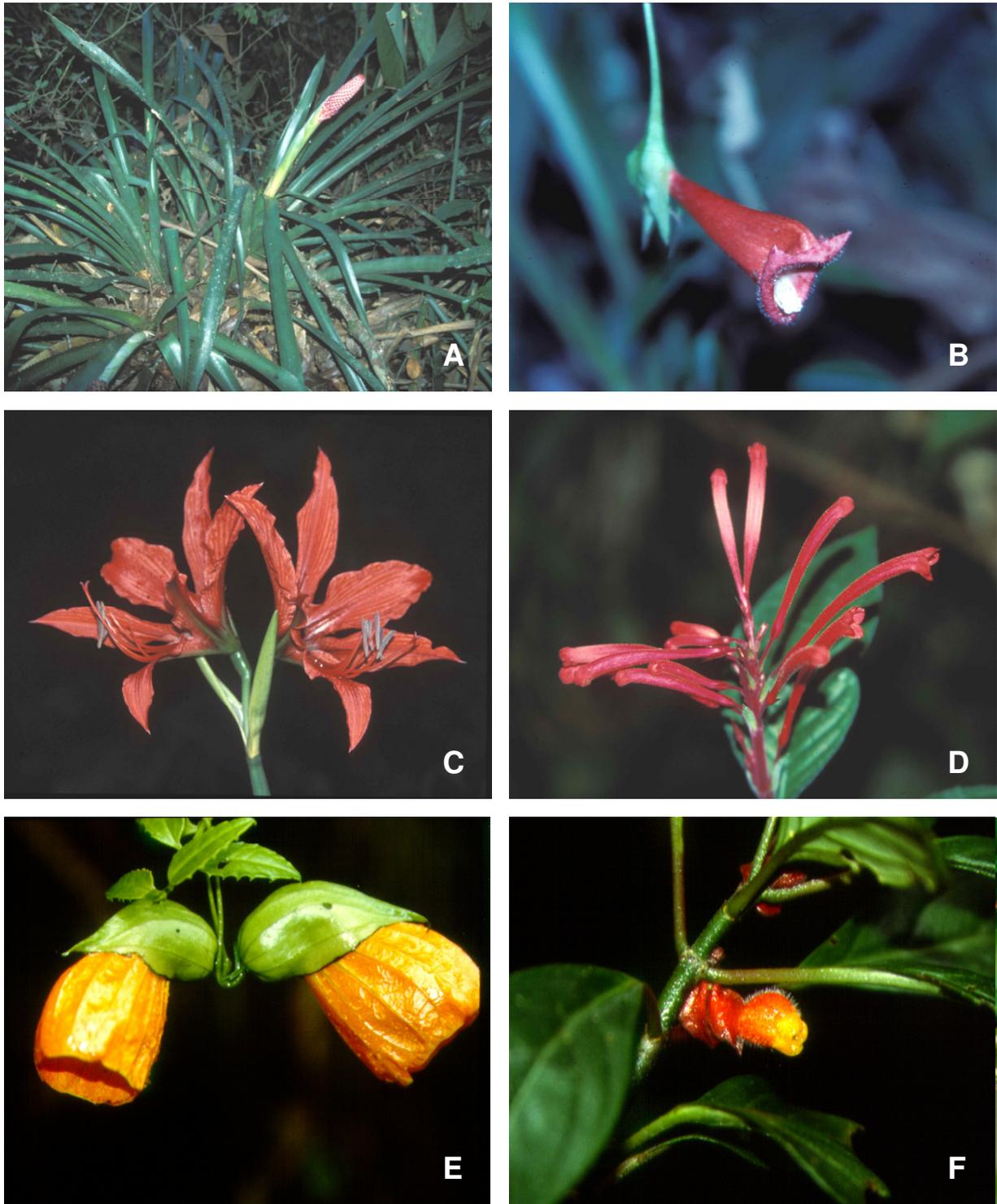


Fig. 3. Inflorescências e flores no Parque Nacional do Itatiaia: **A)** *Aechmea vanhoutteana*; **B)** *Nematanthus crassifolius*; **C)** *Hippeastrum aulicum*; **D)** *Odontonema barlerioides*; **E)** *Velloziella dracocephaloides*; **F)** *Nematanthus lanceolatus*.

Ano	2003												2004												2005		
Estação	SECA						CHUVOSA						SECA						CHUVOSA								
Espécie	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M			
Odba																											
Vrca																											
Mami																											
Sase																											
Stit																											
Juse																											
Necr																											
Hiau																											
Silo																											
Bidi																											
Tiga																											
Vrlo																											
Quau																											
Abbe																											
Bivi																											
Pyve																											
Aenu																											
Aeva																											
Vedr																											
Nefo																											
Nela																											
Sigi																											
Niit																											
Mesp																											
Psfl																											
Paru																											
Ssth																											
Fure																											
Boed																											
Pifl																											
Vrsp																											
Sico																											
N total	7 (3)	8 (4)	11 (6)	10 (5)	9 (4)	12 (7)	7 (6)	12 (4)	13 (4)	10 (6)	12 (5)	9 (4)	11 (5)	10 (6)	11 (8)	12 (6)	15 (4)	10 (5)	8 (6)	10 (3)	10 (5)	10 (4)	13 (1)	10 (6)			
de spp. (em pico)	20 (14)						23 (19)						23 (17)						24 (19)								

Fig. 4. Período (em cinza) e pico (em preto) de floração das espécies ornitófilas de uma área de floresta montana, no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil, de abril de 2003 a março de 2005.

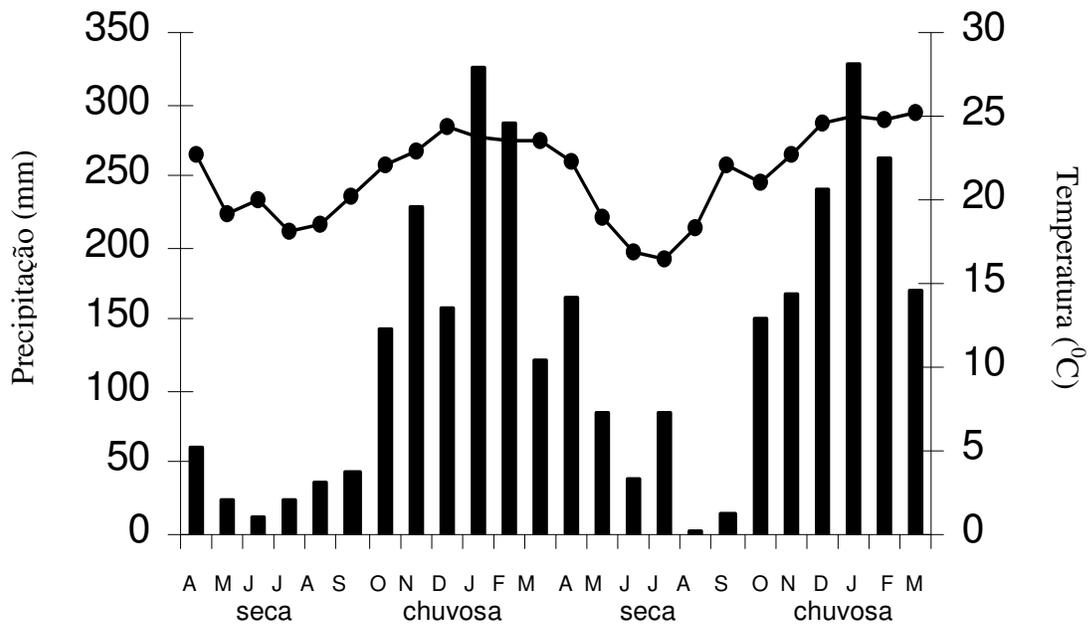


Fig. 5. Registros médios mensais de temperatura (linha) e de precipitação (barras) em Itatiaia, sudeste do Brasil, durante as estações seca e chuvosa de abril de 2003 a março de 2005 (fonte: Parque Nacional do Itatiaia).

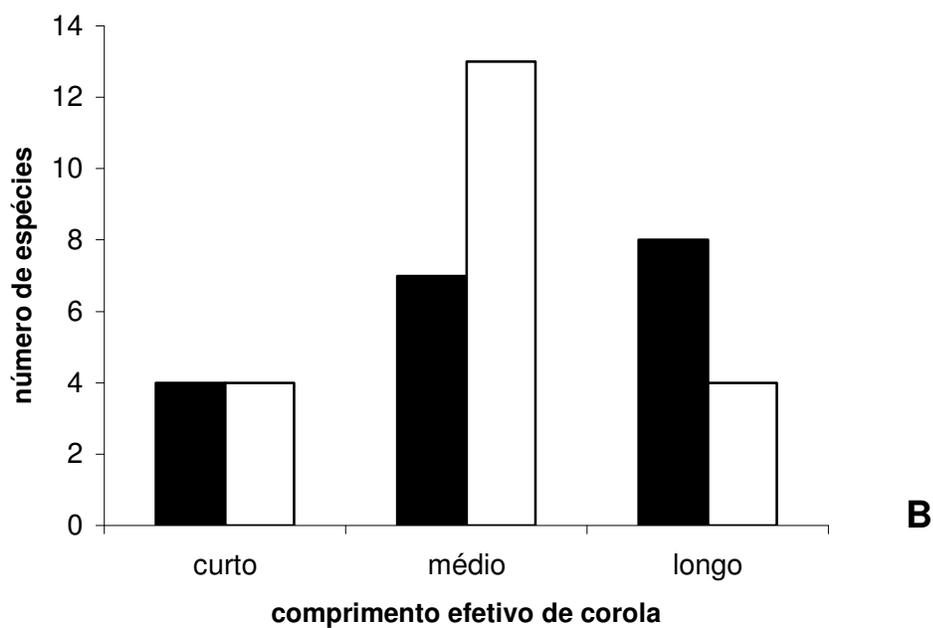
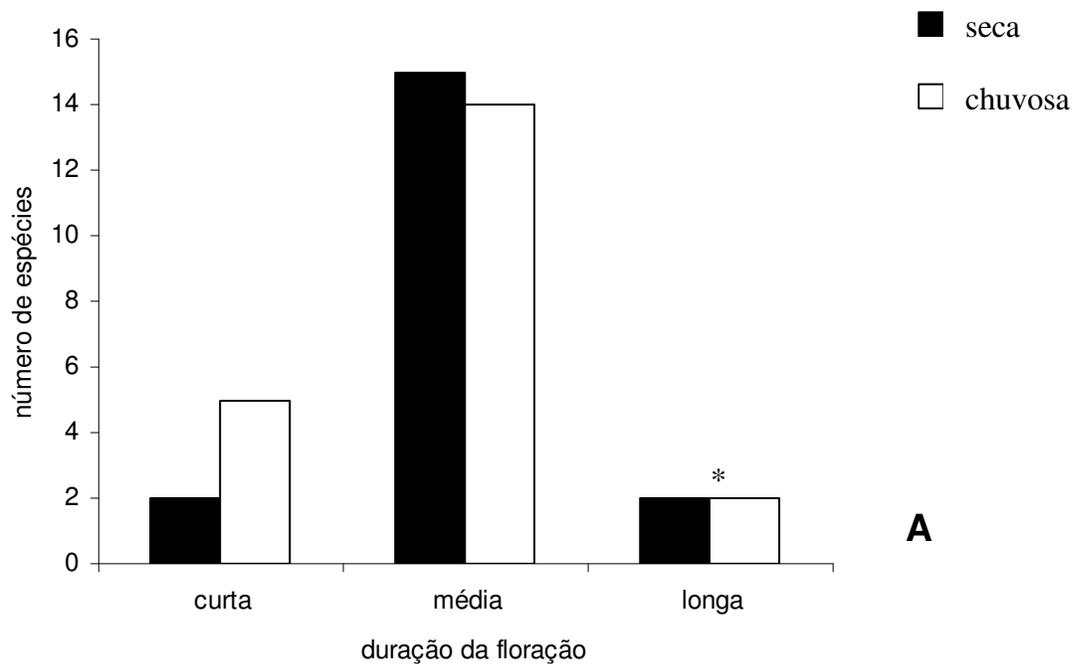
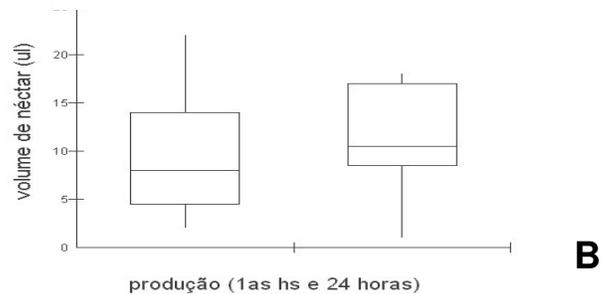
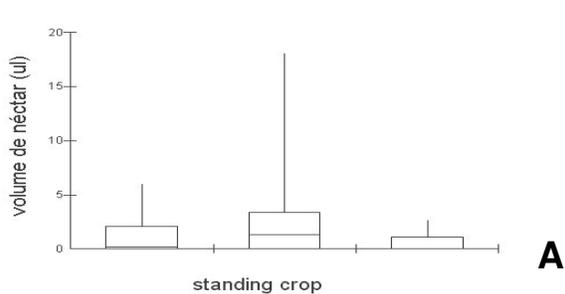
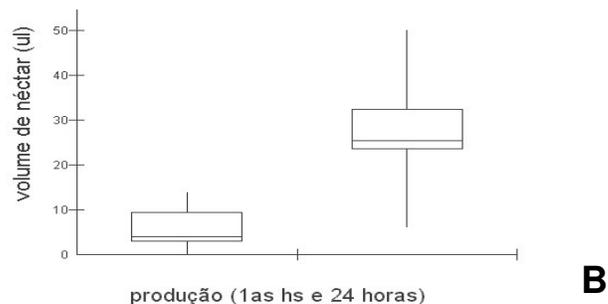
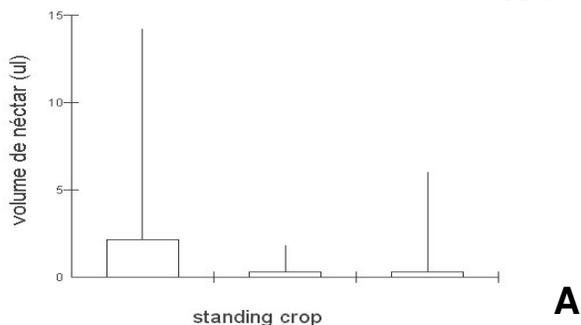


Fig. 6. Distribuição das espécies ornitófilas no Parque Nacional do Itatiaia em classes de duração de floração (A) e comprimento efetivo de corola (B) em relação à floração na estação seca (coluna preta) ou chuvosa (coluna branca). (*) Embora as duas espécies de floração longa ocorram nas duas estações, a maior parte do pico de floração de ambas ocorreu no período seco.

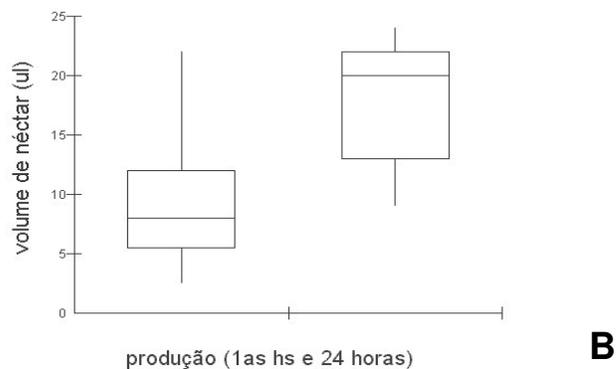
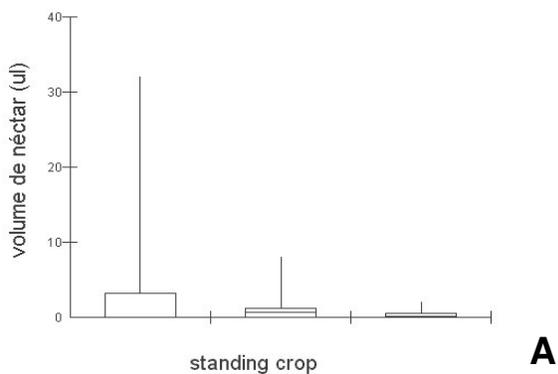
Justicia sebastianopolitanae



Manettia mitis



Salvia sellowiana



Quesnelia augusto-coburgii

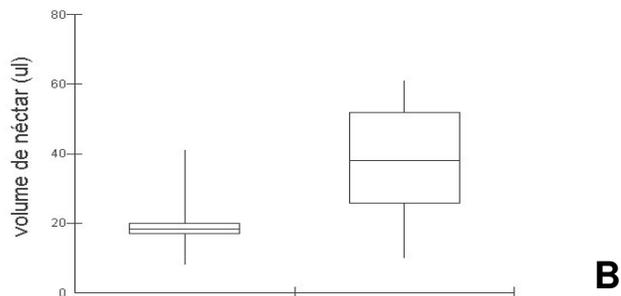
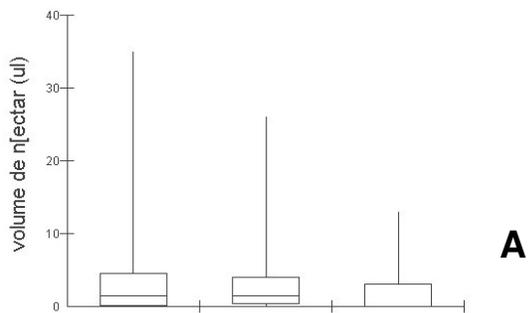
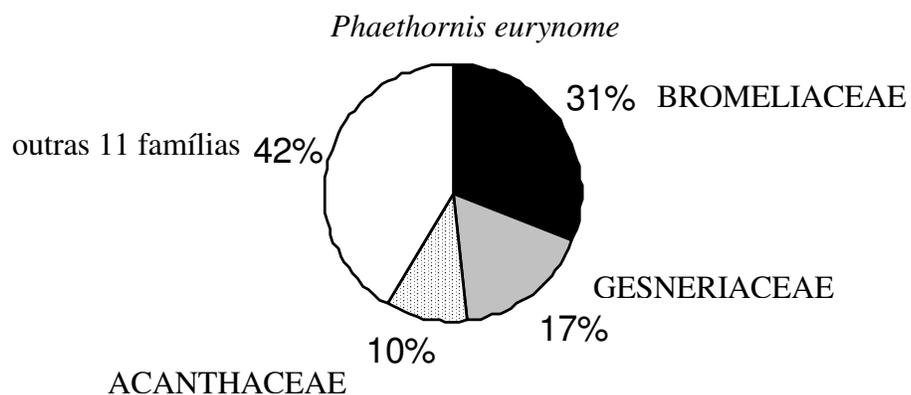


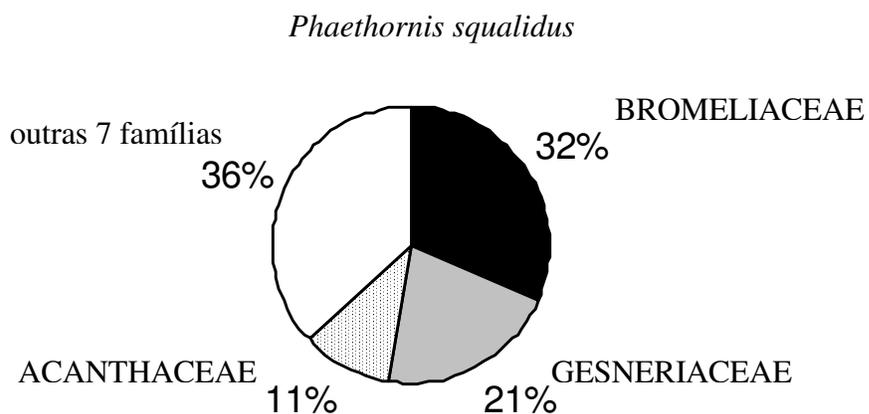
Fig. 7. Volumes de néctar (μl) de *standing crop* em três horários do dia (**A**) e acumulado nas primeiras horas da antese e 24 horas após (**B**) em quatro diferentes espécies ornitófilas no Parque Nacional do Itatiaia, RJ. A linha vertical indica o alcance de distribuição dos dados com os valores extremos, as caixas representam o intervalo de confiança (75% dos dados) e a linha horizontal no centro das caixas corresponde à mediana. Sobreposição entre as caixas indicam nenhuma diferença estatística. Note diferentes escalas para volume de néctar.



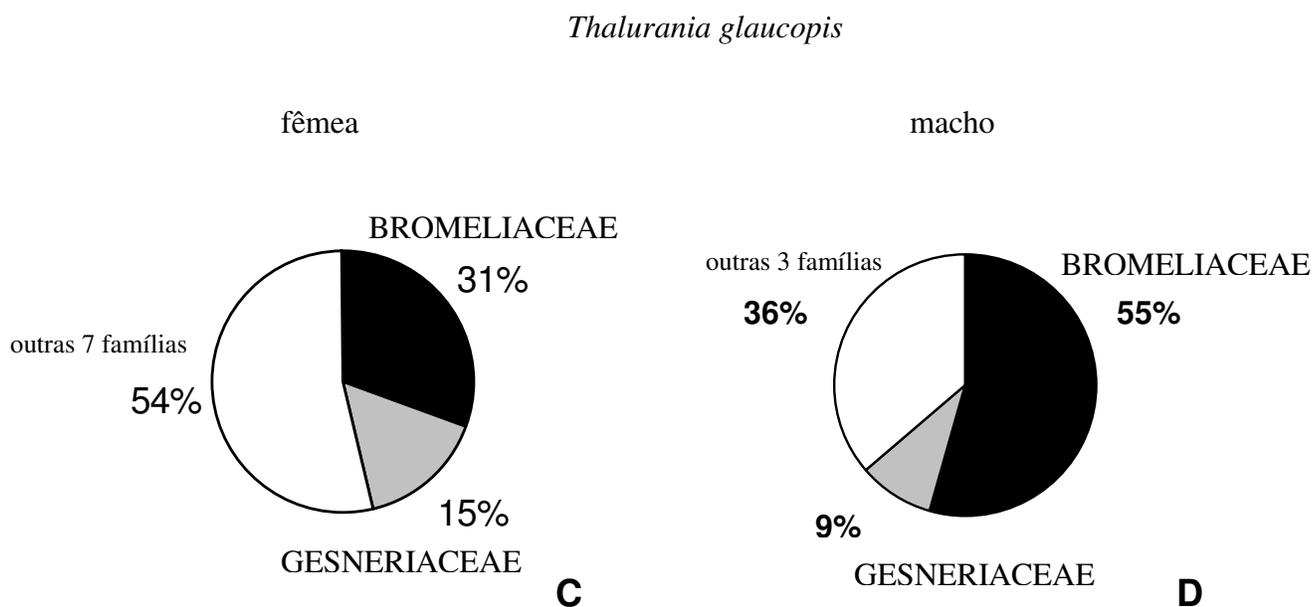
Fig. 8. Beija-flores e flores no Parque Nacional do Itatiaia: **A)** *Phaethornis eurynome* visitando inflorescência de *Billbergia distachya*, **B)** *Phaethornis squalidus* em visita à flor de *Sinningia cooperi* e **C)** *Thalurania glaucopis* fêmea visitando flor de *Nematanthus fornix*.



A



B



C

D

Fig. 9. Porcentagem de espécies, nas principais famílias, polinizadas por *P. eurynome* (A), *P. squalidus* (B), *T. glaucopis* fêmea (C) e macho (D) no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil.

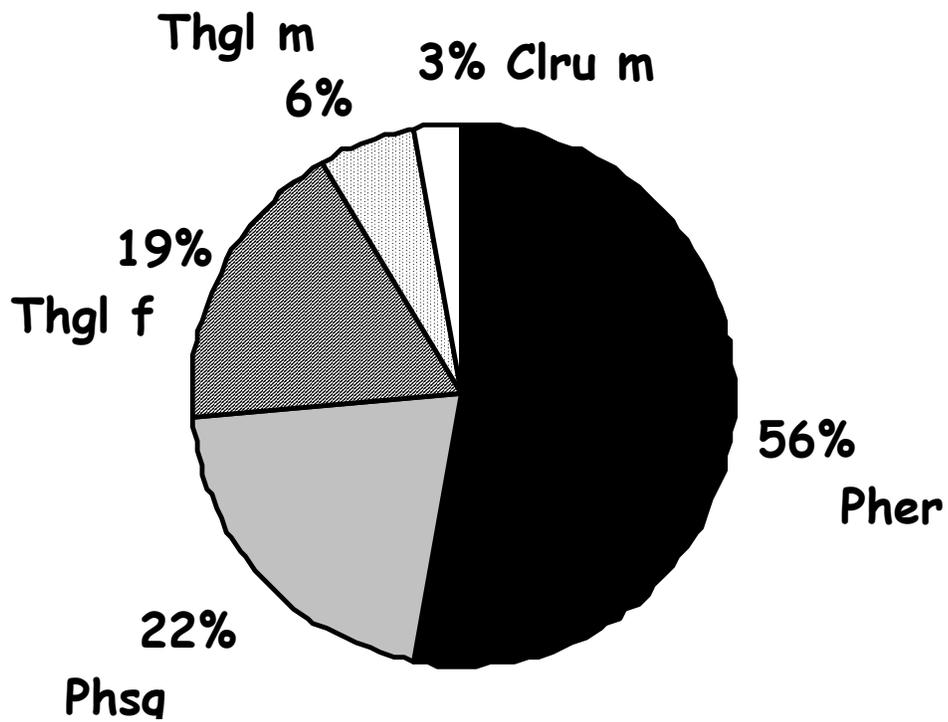


Fig. 10. Porcentagem de espécies de plantas na qual determinada espécie de beija-flor é o principal polinizador (aquele com maior frequência de visitas) na área de estudo: **Pher** = *Phaethornis eurynome*, **Phsq** = *P. squalidus*, **Thgl** = *Thalurania glaucopis*, **Clru** = *Clitolaema rubricauda*; **f** = fêmea, **m** = macho.

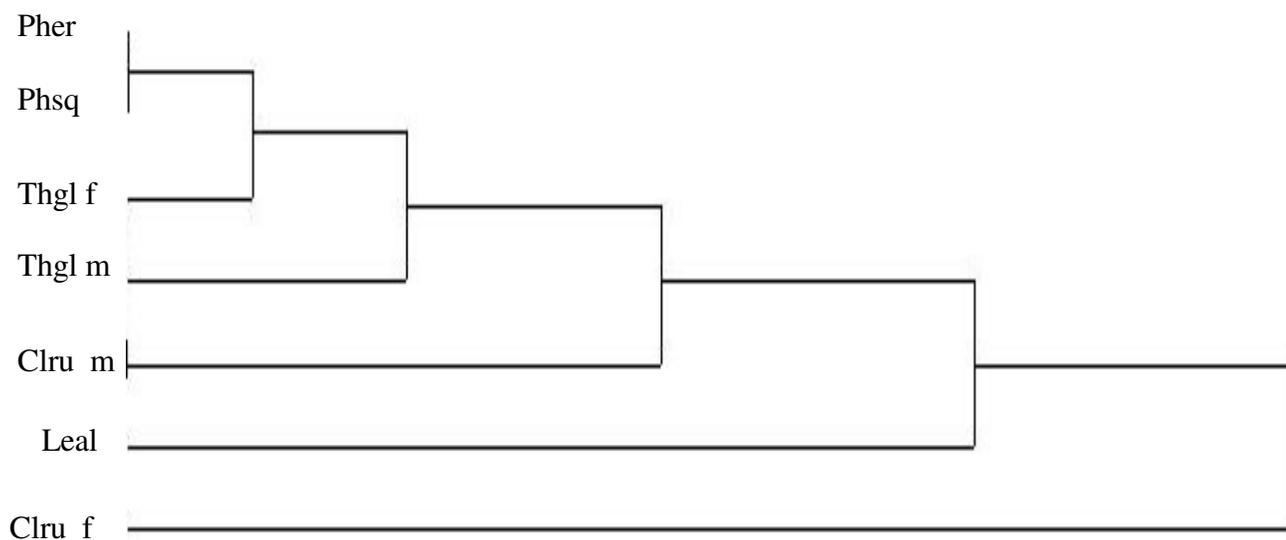


Fig. 11. Dendrograma mostrando similaridade no uso de espécies ornitófilas por beija-flores no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil: **Pher**=*Phaethornis eurynome*, **Phsq**=*P. squalidus*, **Thgl**=*Thalurania glaucopis*, **Clru**= *Clitolaema rubricauda*, **Leal**= *Leucochloris albicollis*; **f** = fêmea, **m** = macho.

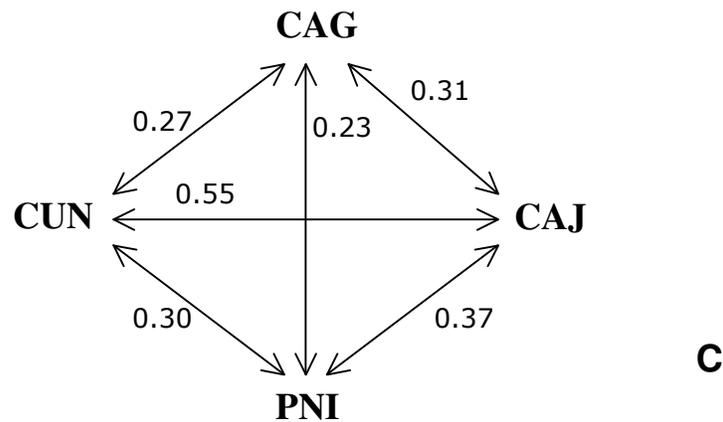
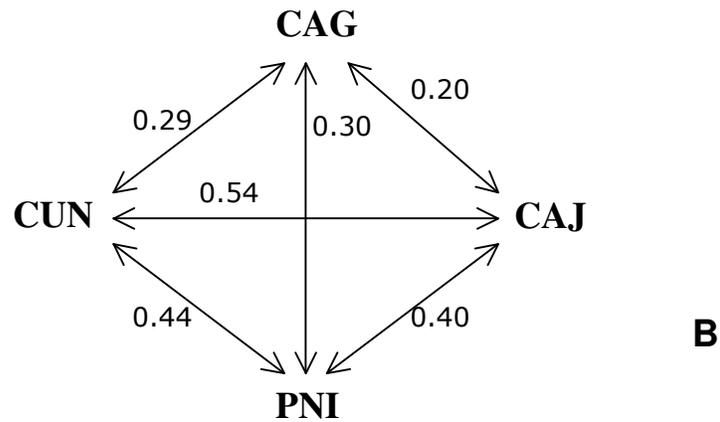
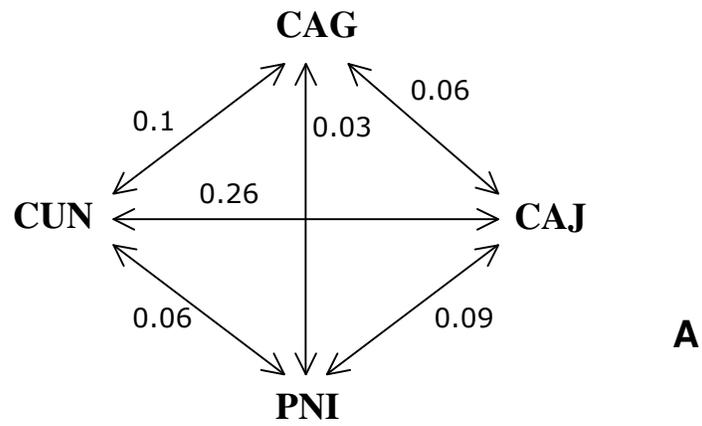


Fig. 12. Índice de Similaridade de Jaccard para espécies (A) e gêneros (B) de plantas e espécies de beija-flores (C) entre quatro floras ornitófilas no sudeste do Brasil: **CAG**=Caraguatatuba, **CUN**=Cunha e **CAJ**=Campos do Jordão (Buzato *et al.* 2000); **PNI**= Parque Nacional do Itatiaia (presente estudo).

Tabela 1. Espécies polinizadas por beija-flores, características ecológicas, floração e atributos florais numa área de floresta montana no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil.

Família/espécie ^a	Hábito/estrato ^b	Frequência ^c	Estação do pico de floração	Duração da floração ^d	Formato da flor ^e	Cor predominante da flor	Compr. efetivo de corola ^f	Espécies de beija-flores polinizadores ^{g,h}
ACANTHACEAE								
<i>Justicia sebastianopolitanae</i> - Juse	erva/1	alta	seca	média	tub./eac	vermelho	médio	Pher
<i>Odontonema barlerioides</i> - Odba	arbusto/1	media	chuvosa/seca	média	tub./eac	vermelho/vinho	longo	Phsq, Pher
<i>Staurogyne itatiaiae</i> - Stit	erva/1	media	seca	média	tub./eac	vermelho/rosa	curto	Phsq, Pher
ALSTROEMERACEAE								
<i>Bomarea edulis</i> - Boed	liana/1	baixa	chuvosa	curta	tub./eac	rosa/verde	médio	Phsq, Pher, Thgl (f),
AMARYLLIDACEAE								
<i>Hippeastrum aulicum</i> - Hiau	erva/1	baixa	seca	média	estan./lac	vermelho	longo	Pher, Phsq, Thgl (m), Thgl (f)
BIGNONIACEAE								
<i>Pyrostegia venusta</i> - Pyve	liana/3	baixa	seca	curta	tub./eac	laranja	longo	Pher, Phsq, Thgl (f), Leal
BROMELIACEAE								
<i>Aechmea nudicaulis</i> - Aenu	epífita/1-3	alta	seca/chuvosa	curta	tub./eac	amarelo/verde	curto	Thgl (m,f), Pher, Clru (m), Phsq
<i>A. vanhoutteana</i> - Aeva *	epífita/1,2	alta	seca/chuvosa	média	tub./eac	lilás/rosa	curto	Thgl(f), Pher, Thgl(m), Phsq, Clru (m)
<i>Billbergia distachya</i> - Bidi	epífita, saxícola/1	alta	seca	média	tub./eac	verde/azul	longo	Pher, Phsq, Thgl (m)
<i>B. vitata</i> - Bivi	epífita/1,2	media	seca	média	tub./eac	vermelho/azul	médio	Pher, Clru (m), Phsq
<i>Nidularium itatiaiae</i> - Niit	epífita, saxícola/1	alta	chuvosa	média	tub./eac	vermelho/branco	médio	Pher
<i>Pitcairnia flammea</i> - Pifl	saxícola/1	alta	chuvosa	média	tub./eac	vermelho	médio	Pher, Thgl (f), Phsq, Thgl (m)
<i>Quesnelia augusta-coburgii</i> - Quau	epífita, saxícola/1	alta	seca	média	tub./eac	vermelho/violeta	médio	Pher
<i>Tillandsia gardneri</i> - Tiga	epífita/1,2	media	seca	média	tub./eac	rosa/vermelho	curto	Phsq, Thgl (f)
<i>Vriesea carinata</i> - Vrca	epífita/1,2	alta	chuvosa/seca	média	tub./eac	amarelo/vermelho	médio	Pher, Thgl (m)
<i>V. longicaulis</i> - Vrlo *	epífita/1,2	media	seca	média	tub./eac	amarelo	longo	Pher, Thgl (m)
<i>Vriesea sp.</i> - Vrsp	epífita/2	baixa	chuvosa	curta	tub./eac	amarelo/verde	médio	Clru (m)
CAMPANULACEAE								
<i>Siphocampylus longepedunculatus</i> - Silo	erva/1	media	seca/chuvosa	média	tub./eac	vermelho/amarelo	médio	Pher
GESNERIACEAE								
<i>Nematanthus crassifolius</i> - Nocr	arbusto, epífita/1	alta	seca/chuvosa	longa	tub./eac	vermelho/laranja	longo	Pher
<i>N. fornix</i> - Nefo	arbusto, epífita/1-3	alta	chuvosa	média	tub./eac	vermelho	médio	Thgl (f), Pher, Phsq
<i>N. lanceolatus</i> - Nela	arbusto, epífita/1	media	chuvosa	média	tub./eac	vermelho/amarelo	médio	Phsq, Pher
<i>Sinningia cooperi</i> - Sico	arbusto, epífita/1,2	media	chuvosa	curta	tub./eac	vermelho	médio	Pher, Thgl (f), Phsq, Thgl (m)
<i>S. gigantifolia</i> - Sigi	arbusto, saxícola/1	alta	chuvosa	média	tub./eac	vermelho	médio	Pher, Phsq
LAMIACEAE								
<i>Salvia sellowiana</i> - Sase	arbusto, epífita/1	alta	seca/chuvosa	longa	tub./eac	rosa azulado	longo	Pher, Phsq
LORANTHACEAE								
<i>Psittacanthus flavo viridis</i> - Psfl	liana/2,3	baixa	chuvosa	média	tub./eac	laranja	médio	Thgl (f), Clru (f)
MALVACEAE								
<i>Abutilon bedfordianum</i> - Abbe *	arvoreta/1	baixa	seca	média	cam./lac	rosa/creme	médio	Thgl (f), Clru (f), Pher, Thgl (m)

Tabela 1. Continuação.

Família/espécie ^a	Hábito/estrato ^b	Frequência ^c	Estação do pico de floração	Duração da floração ^d	Formato da flor ^e	Cor predominante da flor	Compr. efetivo de corola ^f	Espécies de beija-flores polinizadores ^{g,h}
MARANTACEAE <i>Stromanthe thalia</i> - Stth	arbusto/1	media	chuvosa	média	tub./eac	vermelho/rosa	curto	Pher, Phsq, Clru (m)
MENDONCIACEAE <i>Mendoncia</i> sp. - Mesp	liana/1-3	media	chuvosa	média	tub./eac	vermelho	curto	Thgl (f), Leal, Pher
ONAGRACEAE <i>Fuchsia regia</i> - Fure	arbusto/1	baixa	chuvosa	média	tub./eac	rosa/roxo	médio	Phsq, Pher, Thgl (f)
OROBANCHACEAE <i>Velloziella dracocephaloides</i> - Vedr	liana/1	baixa	seca/chuvosa	média	goe./lac	laranja	longo	Pher
RUBIACEAE <i>Manettia mitis</i> - Mami	liana/1	media	seca	média	tub./eac	vermelho	médio	Phsq, Pher, Thgl (m)
<i>Palicourea rudgeoides</i> - Paru	arvoreta/1	baixa	chuvosa	curta	tub./eac	amarelo	médio	Pher, Thgl (m)

^a Espécies de plantas e suas abreviações. Materiais-testemunho estão depositados no herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB);

^b Estratos: (1) 0-10m, (2) 10-20m e (3) >20m;

^c Frequência de ocorrência das espécies na área de estudo de acordo com o número de indivíduos (≥ 10), número de trilhas em que ocorrem (≥ 3) e duração do pico de floração (≥ 3 meses) na área de estudo: *alta* se preencheram pelo menos dois destes aspectos, *média* se apresentaram apenas um aspecto, ou *baixa* se não mostraram nenhum aspecto;

^d De acordo com a extensão do pico de floração: *curta* (até 1 mês), *média* (2-4 meses) ou *longa* (≥ 5 meses);

^e Abreviações: **tub.** = tubular, **estan.** = estandarte, **cam.** = campânula ou **goe.** = goela; **eac** = estreita abertura de corola (<20mm) ou **lac** = larga abertura de corola (>20mm);

^f Da base até a abertura da corola: *curto* (<20mm), *médio* (20-40mm) ou *longo* (>40mm);

^g Abreviações das espécies de beija-flores de bico longo: **Pher** = *Phaethornis eurynome*, **Phsq** = *Phaethornis squalidus*; e de bico curto: **Thgl** = *Thalurania glaucopis*, **Clru** = *Clytolaema rubricauda*; **Leal** = *Leucochloris albicollis*; **f** = fêmea, **m** = macho;

^h As espécies de beija-flores estão citadas em ordem decrescente de frequência de visitação.

* Espécies com características florais intermediárias entre síndromes sendo, além de ornitofilia, melitofilia em *Aechmea vanhoutteana* (presente estudo) e quiropterofilia em *Abutilon bedfordianum* (L. Freitas, result. não publ.) e *Vriesea longicaulis* (Sazima et al. 1999).

Tabela 2. Comparação de características físicas, composição da flora ornitófila e espécies de beija-flores entre quatro localidades de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil.

Localidade	CAG^a	CUN^a	PNI^b	CAJ^a
Formação geográfica	Serra do Mar	Serra do Mar	Serra da Mantiqueira	Serra da Mantiqueira
Altitude (m)	50-100	1000-1100	1100-1150	1400-1600
N famílias de plantas total	12	16	15	16
N gêneros de plantas total	22	27	25	27
Riqueza de plantas	40	37	32	31
N famílias de plantas exclusivas (%)	3 (25%)	1 (6%)	1 (7%)	3 (19%)
	Costaceae, Heliconiaceae e Marcgraviaceae	Bombacaceae	Marantaceae	Cactaceae, Orchidaceae e Solanaceae
N gêneros de plantas exclusivos (%)	9 (41%)	4 (15%)	6 (24%)	5 (18.5%)
N espécies de plantas exclusivas (%)	31 (77.5 %)	14 (38%)	24 (75%)	14 (45%)
1^a família (% de espécies)	Bromeliaceae (55%)	Bromeliaceae (32%)	Bromeliaceae (34%)	Bromeliaceae (23%)
2^a família (% de espécies)	Gesneriaceae, Rubiaceae e Heliconiaceae (7.5 % cada)	Gesneriaceae (11%)	Gesneriaceae (16%)	Gesneriaceae (10%)
3^a família (% de espécies)	Fabaceae (5%)	Fabaceae e Campanulaceae (8% cada)	Acanthaceae (9%)	Fabaceae, Alstromeriaceae, Campanulaceae, Asteraceae, Orchidaceae e Scrophulariaceae (6% cada)
Riqueza de beija-flores	11	8	5	6
N sp de beija-flores exclusivas (%)	5 (45%)	2 (25%)	1 (20%)	0

^aCAG=Caraguatatuba, CUN=Cunha e CAJ=Campos do Jordão (Buzato *et al.* 2000);

^bPNI= Parque Nacional do Itatiaia (presente estudo).

Tabela 3. Aspectos de morfologia e oferta de néctar em espécies ornitófilas no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil.

Família/espécie	N flores/planta a	CE b	Volume de néctar acumulado (µl) ^c		Concentração de açúcares (%) no néctar acumulado ^c		Standing crop ^d		Categ. de recurso e
			primeiras horas	24 horas	primeiras horas	24 horas	volume (µl) (1/2/3)	conc. açúcares. (%) (1/2/3)	
ACANTHACEAE									
<i>Justicia sebastianopolitanae</i>	1-8	md	8.0 (n=10)	11.5 (n=10)	21.9±1.8 (n=10)	22.0±1.0 (n=10)	0.1/1.3/0 (n=20)	17±2.7/22±2.8/20 (n=13-17)	R
<i>Odontonema barlerioides</i>	1-13	lg	10.0 (n=10)	15.0 (n=10)	14.7±1.6 (n=9)	17.4±2.5 (n=10)	0/0/0.1 (n=20)	15.6±3.9/16.5±4.6/18.4±1.1 (n=14-18)	R
<i>Staurogyne itatiaiae</i>	1-5	ct	6.5 (n=7)	2.0 (n=8)	14.9±1.4 (n=7)	15.0±2.3 (n=8)	0/0/0 (n=20)	14.8±2.0/15.0/13.1±3.2 (n=18-19)	M
ALSTROEMERACEAE									
<i>Bomarea edulis</i>	2-17	md	-	-	-	-	-	-	M
AMARYLLIDACEAE									
<i>Hippeastrum aulicum</i>	2	lg	56.0 (n=1)	-	11.5 (n=1)	-	10/6/0.5 (n=4-6)	8.5±0.7/11.1±3.4/10.0 (n=4-6)	M
BIGNONIACEAE									
<i>Pyrostegia venusta</i>	10-90	lg	-	-	-	-	-	-	M
BROMELIACEAE									
<i>Aechmea nudicaulis</i>	1-6	ct	-	-	-	-	-/0/- (n=1)	-	R
<i>A. vanhoutteana</i>	17-34	ct	0.2 (n=20)	21.5 (n=12)	18.3±5.1 (n=15)	26.8±4.0 (n=12)	0/0/0 (n=20)	-	R
<i>Billbergia distachya</i>	1-6	lg	0 (n=3)	0 (n=2)	23.5 (n=1)	-	0.1/0.1/0.1 (n=20)	24.3±3.1/25.0±4.8/28.9±2.2 (n=10-16)	R
<i>B. vitata</i>	1-3	md	-	-	-	-	1.8/5/- (n=3)	24.0/20.7±4.0/- (n=3)	R
<i>Nidularium itatiaiae</i>	2-4	md	-	-	-	-	0/0/0.1 (n=6-8)	6.5±3.5/-/10.0±5.6 (n=6-7)	P
<i>Pitcairnia flammea</i>	3-9	md	8.5 (n=10)	34.0 (n=10)	16.5±0.9 (n=10)	13.8±2.5 (n=10)	6/4/1.2 (n=20)	15.5±4.2/14.5±4.5/13.3±3.2 (n=18-20)	R
<i>Quesnelia augustocoburgii</i>	1-10	md	18.5 (n=10)	35.0 (n=10)	25.1±2.4 (n=10)	24.0±1.8 (n=10)	1.5/1.5/0 (n=20)	21.3±4.5/22.0±3.2/26.4±1.2 (n=16-18)	R
<i>Tillandsia gardneri</i>	1-2	ct	-	-	-	-	0/0.1/- (n=3)	-/11.5±2.1/- (n=3)	P
<i>Vriesea carinata</i>	1-2	md	-	-	-	-	3/0.1/- (n=5)	11.5±6.6/-/- (n=4)	M
<i>V. longicaulis</i>	1-2	lg	-	-	-	-	-	-	P
<i>Vriesea sp.</i>	1-5	md	-	-	-	-	-/4/- (n=1)	-/17.0/- (n=1)	P
CAMPANULACEAE									
<i>Siphocampylus longepedunculatus</i>	1-9	md	-	-	-	-	1.5/0/1.7 (n=10)	15.2±3.6/18.2/19.2±1.6 (n=5-9)	M
GESNERIACEAE									
<i>Nematanthus crassifolius</i>	1-6	lg	1.0 (n=10)	12.5 (n=4)	26.8±5.8 (n=9)	26.5±2.1 (n=4)	0.7/0/0.8 (n=20)	21.0±7.7/24.0±9.2/27.9±2.1 (n=18-19)	M
<i>N. fornix</i>	1-9	md	-	-	-	-	0/0.1/0 (n=13-16)	-/20.6±6.1/24.2±4.5 (n=12-14)	R
<i>N. lanceolatus</i>	1-2	md	-	-	-	-	-	-	P

Tabela 3. (Continuação)

Família/espécie	N flores/planta a	CE ^b	Volume de néctar acumulado (µl) ^c		Concentração de açúcares no néctar acumulado (%) ^c		Standing crop ^d		Categ. de recurso e
			primeiras horas	24 horas	primeiras horas	24 horas	volume (µl) (1/2/3)	conc. açúcares (%) (1/2/3)	
GESNERIACEAE (cont.)									
<i>Sinningia cooperi</i>	2-10	md	-	-	-	-	0.1/0.5/0.7 (n=20)	21.7±0.8/27.3±2.4/23.0±2.2 (n=16-19)	R
<i>S. gigantifolia</i>	1-9	md	-	-	-	-	4/0/0 (n=15)	26.1±3.2/21.3±4.0/- (n=13-15)	R
LAMIACEAE									
<i>Salvia sellowiana</i>	1-10	lg	9.5 (n=10)	20.5 (n=10)	26.8±3.8 (n=10)	27.5±2.5 (n=10)	0/0.6/0.1 (n=20)	26.8±4.4/25.3±4.2/22.0±3.9 (n=16-18)	R
LORANTHACEAE									
<i>Psittacanthus flavo viridis</i>	1-7	md	-	-	-	-	-	-	M
MALVACEAE									
<i>Abutilon bedfordianum</i>	2-15	md	25 (n=10)	-	12.5±2.5 (n=10)	-	-/-/1.8 (n=2)	-/-/16.0±2.8 (n=2)	M
MARANTACEAE									
<i>Stromanthe thalia</i>	2-3	ct	-	-	-	-	-	-	M
MENDONCIACEAE									
<i>Mendoncia sp.</i>	4-20	ct	-	-	-	-	3.5/-/- (n=14)	28.4±2.5/-/- (n=14)	R
ONAGRACEAE									
<i>Fuchsia regia</i>	1-5	md	11.0 (n=4)	28.5 (n=2)	14.2±5.6 (n=4)	16.5±0.7 (n=2)	1/5/1.5 (n=12)	11.9±3.0/15.2±2.7/14.0±3.0 (n=9-10)	P
OROBANCHACEAE									
<i>Velloziella dracocephaloides</i>	1-7	lg	2.0 (n=8)	10.0 (n=2)	8.7±1.1 (n=7)	12.5 (n=1)	3.6/3.2/2.5 (n=20)	15.6±3.5/16.4±3.8/17.7±2.5 (n=16-18)	M
RUBIACEAE									
<i>Manettia mirtis</i>	1-16	md	3.0 (n=10)	25.5 (n=10)	16.0±2.8 (n=10)	17.2±2.7 (n=10)	0/0/0 (n=20)	15.0±3.2/-/16.0±2.0 (n=16)	R
<i>Palicourea rudgeoides</i>	4-5	md	-	-	-	-	-/1.5/- (n=5)	-/23.1±2.2/- (n=5)	M

^a Flores abertas num dado momento num indivíduo;

^b CE= comprimento efetivo da corola, da base do néctar até a abertura da flor (Wolf *et al.*, 1976): **ct**=curto (<20mm), **md**=médio (20-40mm) e **lg**=longo (>40mm);

^c Em flores ensacadas em botão, medições feitas nas primeiras horas de antese da flor e 24 horas após; mediana para volume e média±desvio padrão para concentração de açúcares;

^d Em flores não ensacadas, medições feitas em três horários do dia: **1**=início da manhã (07-08:30h), **2**=meio do dia (12:00-13:30h) e **3**=fim da tarde (16:30-18:00h); mediana para volume e média ± desvio padrão para concentração de açúcares;

^e Categorias de recurso de acordo com a oferta de néctar: **P**=pobre, **M**=moderada, **R**=rica (vide metodologia).

(-) indicam casos em que a amostragem não foi possível.

Tabela 5. Atributos florais e de visitação por beija-flores em plantas ornitófilas numa área de floresta montana no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil.

Família/espécie	Flores por planta ^a	Compr. efetivo da corola (X mm ± sd) ^b	Frequencia relativa de visita (%)							Taxa de visitação total ^c	Locais de deposição de pólen no beija-flor	Tempo de obs (min)
			Pher	Phsq	Thgl (f)	Thgl (m)	Clru (f)	Clru (m)	Leal			
ACANTHACEAE												
<i>Justicia sebastianopolitanae</i>	1-8	28.8± 3.0 (n=21)	100.0	...	...	...	...	...	...	1.06	fronte	900
<i>Odontonema barlerioides</i>	1-13	40.5± 3.6 (n=33)	30.0	70.0	...	...	...	...	...	0.71	fronte	930
<i>Staurogyne itatiaiae</i>	1-5	17.3 ± 0.3 (n=19)	28.6	71.4	...	...	...	...	...	0.4	bico	990
ALSTROEMERACEAE												
<i>Bomarea edulis</i>	2-17	24.0 ± 2.6 (n=12)	36.0	52.0	12.0	...	...	...	...	1.66	bico, mento	900
AMARYLLIDACEAE												
<i>Hippeastrum aulicum</i>	2	54.4 ± 3.1 (n=3)	50.0	21.0	13.2	15.8	...	...	...	1.7	asas, abdôme	1380
BIGNONIACEAE												
<i>Pyrostegia venusta</i>	10-90	47.4 ± 2.3 (n=8)	61.5	23.1	7.7	...	...	...	7.7	2.80	vértice, fronte	360
BROMELIACEAE												
<i>Aechmea nudicaulis</i>	1-6	12.9 ± 1.5 (n=3)	18.4	5.3	26.3	36.8	...	13.2	...	2.23	bico	1020
<i>A. vanhoutteana</i>	17-34	9.1 ± 1.5 (n=18)	22.6	6.7	57.3	11.6	...	1.8	...	6.5	bico	1500
<i>Billbergia distachya</i>	1-6	58.3± 11.8 (n=26)	61.1	27.8	...	11.1	...	...	...	1.26	vértice	910
<i>B. vitata - Bivi</i>	1-3	37.0± 3.7 (n=8)	65.4	3.8	...	...	...	30.8	...	2.45	vértice	660
<i>Nidularium itatiaiae</i>	2-4	41.0± 2.4 (n=4)	100.0	...	...	...	...	...	...	0.31	bico	570
<i>Pitcairnia flammea</i>	3-9	37.1± 4.8 (n=20)	65.0	5.0	25.0	5.0	...	...	...	0.83	vértice	1440
<i>Quesnelia augusto-coburgii</i>	1-10	34.9± 9.3 (n=25)	100.0	...	...	...	...	...	...	2.10	fronte, mento	990
<i>Tillandsia gardneri</i>	1-2	17.2± 1.7 (n=7)	...	50.0	50.0	...	...	...	...	0.14	bico	810
<i>Vriesea carinata</i>	1-2	39.2± 4.1 (n=5)	90.0	...	...	10.0	...	...	...	1.20	vértice	480
<i>V. longicaulis</i>	1-2	51.9 (n=1)	50.0	...	...	50.0	...	...	...	2.17	mento	690
<i>Vriesea sp.</i>	1-5	35.8 (n=1)	...	...	...	...	...	100.0	...	0.37	fronte, mento	480
CAMPANULACEAE												
<i>Siphocampylus longepedunculatus</i>	1-9	33.9± 1.8 (n=21)	100.0	...	...	...	...	...	...	0.04	fronte	1230
GESNERIACEAE												
<i>Nematanthus crassifolius</i>	1-6	48.7± 3.4 (n=35)	100.0	...	...	...	...	...	...	0.19	garganta	1230
<i>N. fornix</i>	1-9	26.5± 1.8 (n=35)	25.0	6.3	68.7	...	...	...	...	1.03	bico	930
<i>N. lanceolatus</i>	1-2	28.7± 0.2 (n=3)	31.6	68.4	...	...	...	...	...	2.0	bico	570

Tabela 5. Continuação

Família/espécie	Flores por planta ^a	Compr. efetivo da corola (X mm ± sd) ^b	Frequencia relativa de visita (%)							Taxa de visitação total ^c	Locais de deposição de pólen no beija-flor	Tempo de obs (min)
			Pher	Phsq	Thgl (f)	Thgl (m)	Clru (f)	Clru (m)	Leal			
GESNERIACEAE (cont.)												
<i>Sinningia cooperi</i>	2-10	24.8± 2.6 (n=20)	63.6	13.7	18.2	4.5	...	...	...	0.02	vértice	1140
<i>S. gigantifolia</i>	1-9	39.0± 2.3 (n=31)	71.4	28.6	...	...	...	...	...	0.36	fronte	1170
LAMIACEAE												
<i>Salvia sellowiana</i>	1-10	43.1± 3.6 (n=20)	88.2	11.8	...	...	...	...	...	0.97	vértice	1050
LORANTHACEAE												
<i>Psittacanthus flavo viridis</i>	1-7	29.4± 0.9 (n=14)	...	...	66.7	...	33.3	...	...	1.5	bico	240
MALVACEAE												
<i>Abutilon bedfordianum</i>	2-15	31.7± 3.0 (n=17)	8.3	...	75.0	4.2	12.5	...	...	2.08	fronte, mento, bico	690
MARANTACEAE												
<i>Stromanthe thalia</i>	2-3	9.7± 1.2 (n=2)	33.4	33.3	...	...	...	33.3	...	0.58	bico	720
MENDONCIACEAE												
<i>Mendoncia</i> sp.	4-20	32.4± 0.8 (n=13)	9.7	...	48.8	...	...	...	41.5	2.80	bico	910
ONAGRACEAE												
<i>Fuchsia regia</i>	1-5	27.3± 2.2 (n=16)	20.0	60.0	20.0	...	...	...	...	0.33	fronte, mento, bico	900
OROBANCHACEAE												
<i>Velloziella dracocephaloides</i>	1-7	53.2 ± 2.5 (n=25)	100.0	...	...	...	...	...	...	0.64	fronte, vértice	1020
RUBIACEAE												
<i>Manettia mirtis</i>	1-16	30.5± 3.6 (n=20)	14.8	70.4	...	14.8	...	...	...	1.66	fronte, mento	1340
<i>Palicourea rudgeoides</i>	4-5	20.7± 0.9 (n=5)	90.0	...	...	10.0	...	...	...	1.2	bico, mento	360
Total de espécies	32	-	29	19	13	11	2	5	2	-	-	28.510

^a Flores abertas num dado momento num indivíduo;

^b Comprimento efetivo da corola, da base do néctar até a abertura da flor (Wolf *et al.*, 1976);

^c Número de visitas/planta focal/hora; o tempo de observação e o número de plantas e flores observadas foram variáveis entre as espécies.

Tabela 6. Porcentagem das visitas feitas pelas três principais espécies de beija-flores polinizadores, entre os períodos da manhã e da tarde, em dez espécies de plantas no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil.

Espécie de beija-flor Espécie de planta	<i>Phaethornis eurynome</i>	<i>Phaethornis squalidus</i>	<i>Thalurania glaucopis</i>	
			fêmea	macho
<i>Odontonema barlerioides</i>	67% tarde	57% manhã		
<i>Hippeastrum aulicum</i>	63% manhã	75% tarde		
<i>Billbergia distachya</i>	91% tarde	80% manhã		
<i>Tillandsia gardneri</i>		100% manhã	100% tarde	
<i>Nematanthus fornix</i>	50% manhã		73% tarde	
<i>Sinningia cooperi</i>	64% manhã		75% tarde	
<i>S. gigantifolia</i>	60% tarde	100% manhã		
<i>Salvia sellowiana</i>	60% manhã	100% tarde		
<i>Manettia mitis</i>	50% manhã	58% tarde		
<i>Palicourea rudgeoides</i>	67% manhã			100% tarde

Apêndice 1. Espécies ornitófilas registradas em quatro localidades de Mata Atlântica no sudeste do Brasil.

Família/espécie	Local	CAG^a	CUN^a	PNT^b	CAJ^a
ACANTHACEAE					
<i>Justicia carnea</i>		X			
<i>J. rizzini</i>			X		
<i>J. sebastianopolitanae</i>				X	
<i>Odontonema barlerioides</i>				X	
<i>Staurogyne itatiaiae</i>				X	
ALSTROEMERIACEAE					
<i>Alstroemeria inodora</i>					X
<i>Bomarea edulis</i>				X	
<i>B. salsilloides</i>			X		X
AMARYLLIDACEAE					
<i>Hippeastrum aulicum</i>				X	
<i>H. aviflorum</i>					X
ASTERACEAE					
<i>Mutisia capanulata</i>			X		
<i>M. coccinea</i>					X
<i>M. speciosa</i>			X		X
BIGNONIACEAE					
<i>Fridericia speciosa</i>			X		
<i>Pyrostegia venusta</i>			X	X	
BOMBACACEAE					
<i>Spirotheca passifloroides</i>			X		
BROMELIACEAE					
<i>Aechmea disticantha</i>		X	X		X
<i>A. nudicaulis</i>		X		X	X
<i>A. pectinata</i>		X			
<i>A. vanhoutteana</i>				X	
<i>Billbergia distachya</i>			X	X	X
<i>B. pyramidalis</i>		X			
<i>B. vitata</i>				X	
<i>Canistropsis seidelii</i>		X			
<i>Canistrum terminalis</i>		X			
<i>Edmundoa ambigua</i>			X		
<i>Neoregelia johannis</i>		X			
<i>Nidularium angustibracteatum</i>			X		
<i>N. innocentii</i>		X			
<i>N. marigoii</i>			X		X
<i>N. procerum</i>		X			
<i>N. itatiaiae</i>				X	
<i>Pitcairnia flammea</i>				X	
<i>Quesnelia arvensis</i>		X			
<i>Q. augusto-coburgii</i>				X	
<i>Q. humilis</i>		X			

Apêndice 1. Continuação

Família/espécie	Local	CAG^a	CUN^a	PNT^b	CAJ^a
BROMELIACEAE (cont)					
<i>Q. marmorata</i>		X			
<i>Tillandsia gardneri</i>		X		X	
<i>T. geminiflora</i>		X	X		
<i>T. stricta</i>		X	X		X
<i>T. tenuifolia</i>			X		
<i>Vriesea altodasserrae</i>			X		
<i>V. carinata</i>				X	
<i>V. ensiformis</i>		X	X		
<i>V. flammea</i>		X			
<i>V. incurvata</i>		X			
<i>V. longicaulis</i>				X	
<i>V. morreniana</i>			X		
<i>V. philippocoburgii</i>		X			
<i>V. procera</i>		X			
<i>V. rodigasiana</i>		X			
<i>V. scalaris</i>		X			
<i>V. sceptrum</i>					X
<i>Vriesea sp.</i>				X	
<i>Wittrockia cyathiformis</i>			X		X
BUDDLEJACEAE					
<i>Buddleja brasiliensis</i>		X	X		X
CACTACEAE					
<i>Schlumbergera opuntioides</i>					X
CAMPANULACEAE					
<i>Centropogon cornutus</i>		X			
<i>Lobelia fistulosa</i>			X		
<i>Siphocampylus betulaefolius</i>			X		
<i>S. sulfureus</i>			X		X
<i>S. westinianus</i>					X
<i>S. longepedunculatus</i>				X	
COSTACEAE					
<i>Costus spiralis</i>		X			
ERICACEAE					
<i>Agarista oleifolia</i>			X		X
FABACEAE					
<i>Camptosema scarlatinum</i>			X		X
<i>Collaea speciosa</i>			X		X
<i>Dahlstedtia pinnata</i>		X			
<i>Erythrina speciosa</i>		X	X		

Família/espécie	Local	CAG^a	CUN^a	PNT^b	CAJ^a
GESNERIACEAE					
<i>Nematanthus crassifolius</i>				X	
<i>N. fissus</i>		X			
<i>N. fluminensis</i>		X			
<i>N. fornix</i>				X	X
<i>N. fritschii</i>		X			
<i>N. gregarius</i>			X		
<i>N. lanceolatus</i>				X	
<i>N. sericeus</i>			X		
<i>Sinningia allagophyla</i>					X
<i>S. cooperi</i>			X	X	
<i>S. douglasii</i>			X		X
<i>S. gigantifolia</i>				X	
HELICONIACEAE					
<i>Heliconia angusta</i>		X			
<i>H. spathocircinata</i>		X			
<i>H. velloziana</i>		X			
LAMIACEAE					
<i>Salvia arenaria</i>					X
<i>S. balaustina</i>			X		
<i>S. sellowiana</i>				X	
LORANTHACEAE					
<i>Psittacanthus dichrous</i>		X	X		
<i>P. flavo viridis</i>				X	
MALVACEAE					
<i>Abutilon bedfordianum</i>				X	
<i>A. regnelii</i>			X		
<i>A. aff. regnelii</i>					X
<i>A. rufinerve</i>			X		
MARCGRAVIACEAE					
<i>Norantea brasiliensis</i>		X			
MARANTACEAE					
<i>Stromanthe thalia</i>				X	
MENDONCIACEAE					
<i>Mendoncia velloziana</i>		X			
<i>Mendoncia sp.</i>				X	
ONAGRACEAE					
<i>Fuchsia regia</i>			X	X	X
ORCHIDACEAE					
<i>Sophranitis mantiqueirae</i>					X
<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>					X

Apêndice 1. Continuação

Família/espécie	Local	CAG^a	CUN^a	PNI^b	CAJ^a
OROBANCHACEAE					
<i>Esterhazyia campestris</i>					X
<i>Velloziella dracocephaloides</i>				X	X
RUBIACEAE					
<i>Manettia cordifolia</i>			X		
<i>M. gracilis</i>		X			
<i>M. mirtis</i>				X	
<i>M. pubescens</i>					X
<i>Psychotria nuda</i>		X			
<i>P. pubigera</i>		X			
<i>Palicourea rudgeoides</i>				X	
SOLANACEAE					
<i>Cestrum corymbosum</i>					X

Apêndice 2. Gêneros ornitófilos registrados em quatro localidades de Mata Atlântica no sudeste do Brasil.

Família/espécie	Local	CAG^a	CUN^a	PNI^b	CAJ^a
ACANTHACEAE					
<i>Justicia</i>		X	X	X	
<i>Odontonema</i>				X	
<i>Staurogyne</i>				X	
ALSTROEMERIACEAE					
<i>Alstroemeria</i>					X
<i>Bomarea</i>			X	X	X
AMARYLLIDACEAE					
<i>Hippeastrum</i>				X	X
ASTERACEAE					
<i>Mutisia</i>			X		X
BIGNONIACEAE					
<i>Fridericia</i>			X		
<i>Pyrostegia</i>			X	X	
BOMBACACEAE					
<i>Spirotheca</i>			X		
BROMELIACEAE					
<i>Aechmea</i>		X	X	X	X
<i>Billbergia</i>		X	X	X	X
<i>Canistropsis</i>		X			
<i>Canistrum</i>		X			
<i>Edmundoa</i>			X		
<i>Neoregelia</i>		X			
<i>Nidularium</i>		X	X	X	X
<i>Pitcairnia</i>				X	
<i>Quesnelia</i>		X		X	
<i>Tillandsia</i>		X	X	X	X
<i>Vriesea</i>		X	X	X	X
<i>Wittrockia</i>			X		X
BUDDLEJACEAE					
<i>Buddleja</i>		X	X		X
CACTACEAE					
<i>Schlumbergera</i>					X
CAMPANULACEAE					
<i>Centropogon</i>		X			
<i>Lobelia</i>			X		
<i>Siphocampylus</i>			X	X	X
COSTACEAE					
<i>Costus</i>		X			
ERICACEAE					
<i>Agarista</i>			X		X

Apêndice 2. Continuação

Local	CAG ^a	CUN ^a	PNI ^b	CAJ ^a
Família/espécie				
FABACEAE				
<i>Camptosema</i>		X		X
<i>Collaea</i>		X		X
<i>Dahlstedtia</i>	X			
<i>Erythrina</i>	X	X		
GESNERIACEAE				
<i>Nematanthus</i>	X	X	X	X
<i>Sinningia</i>		X	X	X
HELICONIACEAE				
<i>Heliconia</i>	X			
LAMIACEAE				
<i>Salvia</i>		X	X	X
LORANTHACEAE				
<i>Psittacanthus</i>	X	X	X	
MALVACEAE				
<i>Abutilon</i>		X	X	X
MARCGRAVIACEAE				
<i>Norantea</i>	X			
MARANTACEAE				
<i>Stromanthe</i>			X	
MENDONCIACEAE				
<i>Mendoncia</i>	X		X	
ONAGRACEAE				
<i>Fuchsia</i>		X	X	X
ORCHIDACEAE				
<i>Sophronitis</i>				X
<i>Stenorhynchus</i>				X
OROBANCHACEAE				
<i>Esterhazyia</i>				X
<i>Velloziella</i>			X	X
RUBIACEAE				
<i>Manettia</i>	X	X	X	X
<i>Psychotria</i>	X			
<i>Palicourea</i>			X	
SOLANACEAE				
<i>Cestrum</i>				X

Apêndice 3. Espécies de beija-flores registradas polinizando flores de quatro localidades de Mata Atlântica no sudeste do Brasil.

Sub-família/espécie	Local	CAG^a	CUN^a	PNI^b	CAJ^a
TROCHILINAE					
<i>Aphantochroa cirrhochloris</i>		X			
<i>Calliphlox amethystina</i>			X		
<i>Chlorostilbon aureoventris</i>		X			X
<i>Clytolaema rubricauda</i>		X	X	X	X
<i>Hylocharis cyanus</i>		X			
<i>Leucochloris albicollis</i>			X	X	X
<i>Lophornis chalybea</i>		X	X		
<i>Melanotrochilus fuscus</i>		X	X		X
<i>Stephanoxis lalandi</i>			X		X
<i>Thalurania furcata</i>			X		
<i>T. glaucopis</i>		X		X	
PHAETHORNITHINAE					
<i>Glaucis hirsuta</i>		X			
<i>Phaethornis eurynome</i>		X	X	X	X
<i>P. ruber</i>		X			
<i>P. squalidus</i>				X	
<i>Ramphodon naevius</i>		X			