

Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre: composição de espécies, sazonalidade e rede de interações



Licléia da Cruz Rodrigues
Belo Horizonte, 2011

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e
Manejo de Vida Silvestre

**BEIJA-FLORES E SEUS RECURSOS FLORAIS EM UMA ÁREA DE CAMPO
RUPESTRE: COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES, SAZONALIDADE E REDE DE
INTERAÇÕES**

Licléia da Cruz Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do título em Doutor em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre.

**Belo Horizonte
2011**

Belo Horizonte, 25 de fevereiro de 2011

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Rodrigues (orientador)

Assinatura

Profª. Dra. Andréa Cardoso Araujo

Assinatura

Profª. Dra. Claudia Maria Jacobi

Assinatura

Prof. Dr. Márcio Araujo

Assinatura

Prof. Dr. Marcelo Ferreira de Vasconcelos

Assinatura

Prof. Dr. Eduardo Leite Borba

Assinatura

Prof. Dr. Adriano Paglia

Assinatura

**São frases que a ciência lança ao vento,
feito semente alada, sem morada
ou polpa que lhe dê longo sustento.**

**São cenas represadas no papel
vidas próprias, quem sabe libertadas
por objeto curvo, alçado ao céu.**

**Cortando o azul profundo, o recurvado
invento que se crê conhecimento
prosegue, esperançoso de dourados.**

**Maior que a mira certa, definida,
é a certeza de voltar mudado,
curvo dourado, ao ponto de partida.**

**Do mesmo modo, numa via invertida
viajantes retornam às suas moradas,
refeitos pela coisa conhecida.**

Paulo Robson de Souza

Agradecimentos

À minha família que mesmo muito distante sempre me incentivou e apoiou.

Ao Marcos Rodrigues, pela oportunidade, confiança e por ter me orientado no decorrer do presente estudo.

À Mariane Lobato (Maris) que teve importância fundamental nesta tese, além de ter se tornado uma grande amiga logo que cheguei a Belo Horizonte e estar sempre presente nos bons e maus momentos, auxiliou na maior parte das coletas, confeccionou o mapa da área de estudo e foi uma grande companheira quando juntas tentávamos entender como o Pajek e todas as métricas das *networks* funcionavam.

Agradeço aos amigos Daniel Dias, Mariane Lobato, Renata Rocha, Francisco Diniz (Chico), Fernanda Weysfield e Artur que ao longo dos dois anos de coleta de dados toparam acordar muito antes do sol nascer e enfrentar o vento gélido da madrugada do Alto do Palácio, a neblina constante ao longo da manhã, o sol escaldante do meio dia e as chuvas torrenciais dos meses chuvosos. Ao Rodrigo, Mariane Lobato, Renata Rocha e Daniel Dias pelas caronas que viabilizaram as coletas.

Ao IBAMA/ICMBIO pela autorização de pesquisa e à equipe do PARNA Serra do Cipó pelo apoio logístico. Ao Lecínio, Cíntia e Nicole pelo apoio, cuidado e agradável companhia durante as estadias no alojamento do Alto do Palácio e pelo fornecimento de suculentas hortaliças orgânicas.

Ao CNPq pela concessão de minha bolsa de Doutorado e taxa de bancada que viabilizaram esta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre da UFMG pela oportunidade oferecida para a realização desta tese.

Diversos botânicos auxiliaram na identificação das plantas, meus sinceros agradecimentos ao Pedro Viana, Aristônio Teles, Alexandre Salino, Leonardo Versieux, Erike Hatorri, Rubens, Gustavo Shimizu, Fernando Marino e ao amigo Vina (Vinícius Dittrich) que gastou parte do seu tempo enviando fotos de algumas plantas e pedindo auxílio a diversos botânicos na identificação das plantas.

Ao amigo Josué Raízer pelo auxílio nas análises estatísticas do Capítulo II. Ao amigo Fernando Ibanez Martins pelo auxílio nas análises com o Programa Mark no Capítulo V e pelas discussões.

Ao Igor Kolling pela arte da capa. Ao Guilherme Freitas pelas fotos de *Augastes scutatus*.

Aos professores Flávio Santos, Paulo Garcia e Cláudia Jacobi pelas correções e sugestões no Capítulo II.

Aos (às) professores (as) Andréa Cardoso Araujo, Claudia Maria Jacobi, Marcelo Ferreira Vasconcelos e Márcio Araujo pelas críticas e sugestões feitas neste manuscrito.

Aos amigos Igor, Nanda, Maris e Carol pela acolhida que tornou minha adaptação em Belo Horizonte muito mais agradável.

Às amigas de BH Rê Mineira e Diana por ajudarem a manter a minha sanidade mental neste último ano.

À Rê Mineira por todo apoio, carinho e amizade nos momentos difíceis e sempre.

Ao Fred pela ajuda (ou, ao menos pela boa vontade) na formatação das referências bibliográficas, pela atenção constante e por tornar a minha vida muito mais tranquila e extremamente agradável durante a confecção deste manuscrito.

SUMÁRIO

Resumo	1
Abstract	2
Introdução Geral	3
Área de estudo	5
Capítulo I: Flores visitadas por beija-flores em área de campo rupestre: composição de espécies e sazonalidade	11
Capítulo II: Influência dos recursos florais e da fitofisionomia sobre a composição de espécies de beija-flores em área de campo rupestre, sudeste do Brasil	37
Capítulo III: Rede de interações entre beija-flores e flores em área de campo rupestre: estrutura da rede, assimetria e centralidade das espécies	57
Capítulo IV: Plumagem de juvenis, morfometria e período reprodutivo do beija-flor-de-gravata-verde, <i>Augastes scutatus</i> (Temminck, 1824)	81
Capítulo V: Dinâmica populacional de <i>Augastes scutatus</i> (Temminck, 1824), uma espécie endêmica e quase-ameaçada dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço, sudeste do Brasil	93
Considerações finais	106
Referências bibliográficas	108

Resumo: Beija-flores são aves generalistas quanto ao uso de recursos florais, utilizando porcentagens variáveis de flores adaptadas à polinização por outros grupos de polinizadores em sua dieta. Como os beija-flores são altamente dependentes do néctar e possuem altos requerimentos energéticos, a disponibilidade de flores pode fazer com que estas aves se movimentem dentro e entre habitats em busca destes recursos. Apesar de recentemente vários estudos de mutualismo entre plantas e animais darem ênfase a análises de rede de interações, poucos estudos com comunidades de plantas e beija-flores focaram este aspecto. Ao longo de dois anos foi conduzido um estudo no Alto do Palácio (AP), Parque Nacional da Serra do Cipó, sobre a comunidade de beija-flores e seus recursos florais. Foram analisados aspectos como a composição de espécies, sazonalidade, rede de interação e parâmetros populacionais de *Augastes scutatus*, a espécie de beija-flor mais abundante na área de estudo. O registro das plantas e dos beija-flores visitantes foi realizado mensalmente através de caminhadas em trilhas e observações focais, bem como, no caso dos beija-flores, por capturas em redes-de-neblina. A densidade mensal de flores foi registrada mensalmente em três fitofisionomias do AP. A comunidade de beija-flores do AP foi composta por 13 espécies, entretanto foram registradas apenas seis espécies de beija-flores visitando flores de 51 espécies vegetais, das quais 56,9% foram espécies não-ornitófilas. Somente uma espécie vegetal foi visitada sempre de forma ilegítima pelos beija-flores. Durante o período de estudo houve sucessão e sobreposição de floradas entre as espécies vegetais, o que possibilita a manutenção das espécies de beija-flores residentes no AP. A composição de espécies de beija-flores variou com a fitofisionomia amostrada, devido à preferência de habitat das espécies que compõem esta comunidade, e com a disponibilidade energética de recursos florais, o que demonstra a capacidade dos beija-flores em localizarem diferentes recursos florais. A rede de interações plantas e beija-flores do AP mostrou-se assimétrica na distribuição do grau e na dependência entre as espécies de plantas e beija-flores. Entretanto, esta rede apresentou baixo grau de aninhamento devido à especialização de algumas espécies de beija-flores quanto ao tipo floral visitado e ao curto período de ocorrência de algumas destas aves. A centralidade e a força das espécies que compõem a rede de interações plantas-beija-flores do AP estiveram relacionadas à abundância e ao período de ocorrência das espécies de beija-flores, mas não das espécies de plantas. *Augastes scutatus* apresentou alta importância nesta rede de interações, sendo considerado como espécie chave por ser o principal visitante das plantas do AP, o que está relacionado a sua alta abundância e residência na área de estudo.

Abstract: Hummingbirds are generalist birds that use of the nectar. They exploit a variety of flowers adapted to pollination by other groups of pollinators in their diet. Because hummingbirds are highly dependent on nectar and have high energy requirements, the availability of flowers may cause these birds to move within and between habitats in search of these resources. Although a number of recent studies of mutualism between plants and animals give emphasis on network interactions, few studies on plant-hummingbird communities have focused this aspect. Over two years a study on the community of hummingbirds and their flowers was conducted at Alto do Palácio region (AP) in the Parque Nacional da Serra do Cipó. I analyzed species composition, seasonality, the interaction network and population parameters of *Augastes scutatus*, the most abundant species of hummingbird in the study area. Monthly visits to the area were conducted to record plants and their hummingbirds by focal observations, and mist netting. The monthly density of flowers was recorded in three vegetation types of the AP. The community of hummingbirds was composed of 13 species but only six species visited flowers of 51 plant species, of which 56.9% were non-ornitophilous species. Only one plant species was always visited illegitimately by hummingbirds. During the studied period there was a succession of flowering, occurring overlap between plant species, enabling the maintenance of resident hummingbird species in AP. The composition of hummingbird species varied with vegetation type, due to habitat preference of the species that make up this community, and the energy availability of floral resources, which demonstrates the ability of hummingbirds to locate different floral resources. The network of interactions between plants and hummingbirds proved to be asymmetrical in distribution and degree of dependency among both hummingbirds and plants species. However, this network showed a low degree of nestedness due to specialization of some hummingbird species on the type of flowers visited and the short period of occurrence of some of these birds. The centrality and strength of the species that comprise the network of interactions were related to the abundance and time of occurrence of hummingbird species, but not of plant species. *Augastes scutatus* exhibited high importance in this network of interactions, being considered as key species since it was the main visitor of the plants, which is related to its high abundance and residence in the study area.

Introdução Geral

A relação básica entre beija-flores e flores é mutualística. As flores fornecem néctar aos beija-flores que durante o forrageamento as polinizam, sendo o comportamento de visitas destas aves influenciado pela oferta do néctar (Freitas & Sazima 2001). Outra interação envolvida neste sistema é a competição que pode ocorrer entre as plantas, pelos polinizadores, ou entre os beija-flores pelo recurso (Kodric-Brown *et al.* 1984). Estes processos refletem não somente uma dependência ecológica entre beija-flores e plantas, mas também uma adaptação coevolutiva de interação entre estes grupos (Kodric-Brown *et al.* 1984). Estudos da interação planta-beija-flor do ponto de vista da comunidade propiciam oportunidade de melhor descrever e entender diversos mecanismos, processos ecológicos e relações co-evolutivas entre um dado conjunto de flores e os beija-flores (Lasprilla & Sazima 2004).

A maioria das espécies vegetais polinizadas por beija-flores é classificada como ornitófila quanto à síndrome de polinização (Faegri & van der Pijl 1980). Espécies ornitófilas possuem diversos atributos florais em comum, como: antese diurna, ausência de odor, flores normalmente tubulares, vermelhas ou com cores vivas, que atraem a atenção dos beija-flores, ovário protegido e reserva de néctar separada de anteras e estigma (Faegri & van der Pijl 1980). Contudo, os beija-flores podem ser generalistas quanto às espécies vegetais que visitam, incluindo em sua dieta, além de espécies ornitófilas, espécies não-ornitófilas (Snow & Snow 1986, Arizmendi & Ornelas 1990, Araujo 1996, Cotton 1998a, Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011), podendo agir desde meros pilhadores a polinizadores de espécies não-ornitófilas que oferecem flores com néctar com características semelhantes às espécies ornitófilas (Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011).

Localmente, a comunidade de beija-flores tende a responder à variação na disponibilidade de recursos, sendo a densidade de beija-flores e/ou diversidade de beija-flores numa dada área positivamente relacionada à disponibilidade de flores tanto ornitófilas quanto não-ornitófilas (Feinsinger 1976, Des Granges 1979, Montgomerie & Gass 1981, Stiles 1985, Araujo 1996, Malizilia 2001, Cotton 2007).

A Cadeia do Espinhaço é considerada como um importante centro de diversidade de plantas (Giulietti *et al.* 1987), possuindo muitas espécies endêmicas (Harley 1988, Barros 1990, Giulietti & Hensold 1990, Eiten 1992, Costa *et al.* 2008, Versieux *et al.* 2008, Zappi & Taylor 2008). Além disso, esta cadeia de montanhas é também considerada como área de endemismo de aves (Stattersfield *et al.* 1998), dentre as quais, destacam-se duas espécies de beija-flores (Vasconcelos 2008). Entretanto, os estudos sobre os beija-flores e seus recursos

florais nesta região restringem-se, sobretudo, a listagens de espécies de beija-flores (Melo-Júnior *et al.* 2001, Rodrigues *et al.* 2005), notas sobre registros de ninhos (Vasconcelos *et al.* 2001, Costa & Rodrigues 2007), história natural (Vasconcelos 1999) e estudos de caso sobre plantas polinizadas por beija-flores (Sazima 1977, Sazima 1981, Jacobi & Antonini 2008). Somente um estudo, que apresenta uma listagem das espécies de plantas visitadas por beija-flores em campos rupestres na porção sul da Cadeia do Espinhaço (Vasconcelos & Lombardi 2001), um estudo sobre o padrão sazonal de ocorrência de beija-flores em uma área da porção sul da Cadeia do Espinhaço (Vasconcelos & Lombardi 1999) e um estudo das características morfológicas e fenológicas das plantas visitadas pelos beija-flores ao longo de um ano na porção norte da Cadeia do Espinhaço (Machado *et al.* 2007), focaram a comunidade de plantas e beija-flores visitantes.

Para a Serra do Cipó são registradas 17 espécies de beija-flores (Melo-Júnior *et al.* 2001, Rodrigues *et al.* 2005, Rodrigues *et al.* 2011), sendo 13 delas registradas no Alto do Palácio, porção leste da Serra do Cipó (Rodrigues *et al.* 2011, obs. pess.). Dentre estas espécies, está o beija-flor-de-gravata-verde, *Augastes scutatus* (Temminck, 1824), uma espécie endêmica da Cadeia do Espinhaço com distribuição restrita à porção centro-sul deste sistema orográfico (Vasconcelos 2008). Por possuir distribuição geográfica restrita e ocorrer em um hábitat sujeito a pressões antrópicas, *A. scutatus* é classificada como espécie “quase-ameaçada” globalmente (BirdLife International 2010).

O objetivo geral deste estudo foi conhecer a composição da comunidade de beija-flores e de plantas visitadas por estas aves em área de campo rupestre do Alto do Palácio (AP), no Parque Nacional da Serra do Cipó, bem como conhecer alguns processos ecológicos que estruturam estas comunidades, partindo-se do pressuposto que a comunidade de beija-flores do AP é influenciada pela disponibilidade de recursos florais. Para tanto, no Capítulo I deste estudo é descrita a comunidade de plantas (ornitófilas e não-ornitófilas) visitadas pelos beija-flores, as características morfológicas de suas flores e seu padrão sazonal de ocorrência. No Capítulo II é descrita a comunidade de beija-flores do AP e os fatores que influenciam a sua composição. O Capítulo III traz a descrição qualitativa e quantitativa da rede de interações entre os beija-flores e as flores que visitam nos campos rupestres do AP, além da identificação das espécies chave nesta rede. Devido aos resultados encontrados nestes capítulos, onde ficou evidente a importância do beija-flor *A. scutatus* nesta comunidade, são apresentados mais dois capítulos nos quais foram estudados parâmetros morfométricos e populacionais desta espécie.

Área de estudo

O estudo foi realizado na região conhecida como Alto do Palácio (AP; 19°15'S e 43°31'W), localizada na parte norte do Parque Nacional da Serra do Cipó (PNSC), no município de Morro do Pilar, Minas Gerais, sudeste do Brasil (Figura 1).

O Parque Nacional da Serra do Cipó, localizado a leste da Serra do Cipó, compreende a porção sul da Cadeia do Espinhaço (Rodrigues *et al.* 2005). Esta cadeia de montanhas, constituída por grupos de serras (Figura 2A), estende-se por cerca de 1000 km no sentido norte-sul, no leste do Brasil (Derby 1906) e atua como uma barreira geográfica entre a Floresta Atlântica e as formações abertas do Brasil central (Cerrado e Caatinga) (Leite *et al.* 2008). O termo “campos rupestres” tem sido utilizado para designar a vegetação herbáceo-arbustiva que cresce sobre solo rochoso, predominantemente quartizítico (Figura 2A e 2B), acima de 900 m, ao longo da Cadeia do Espinhaço (Rapini *et al.* 2008). Os campos rupestres típicos são frequentemente entremeados por manchas de mata e campos abertos (Figura 2A). Na Serra do Cipó existe uma notável diferença na fitofisionomia e na umidade entre as faces das encostas leste e oeste, devido à influência dos diferentes biomas (Ribeiro *et al.* 2009). Na face leste, os campos rupestres são entremeados por fitofisionomias da Floresta Atlântica, normalmente, formações arbóreas e mais fechadas com presença de grande quantidade de epífitas, enquanto na face oeste, sob influência do Cerrado, os campos rupestres são entremeados por formações arbóreas mais abertas e secas (matas secas e cerrados).

A região do AP representa uma área de campo rupestre úmido, localizada na porção leste da Serra do Cipó sob influência da vegetação de Floresta Atlântica. Nesta região a paisagem é formada por um mosaico (Figura 1) composto por ambientes de: (1) campos rupestres típicos (CRT), áreas de afloramento rochoso com presença de vegetação herbácea-arbustiva com presença de espécies de Bromeliaceae, Cactaceae, Velloziaceae, Orchidaceae e Asteraceae e algumas árvores com até 3 m de altura, principalmente *Eremanthus erythropappus* (Asteraceae) (Figura 2B); (2) campos abertos (CAA), formados predominantemente por espécies herbáceas das famílias Cyperaceae, Poaceae e Eriocaulaceae e pequenos arbustos com altura média de 1 m (Figura 3A) e (3) capões de mata (CAM), pequenas áreas de vegetação florestal densa, associadas a áreas mais úmidas como nascentes e pequenos cursos d'água, onde é possível encontrar árvores de até 8 m de altura e diversas espécies epífitas em seu interior (Figura 3B). Normalmente, a borda destes CAM é composta por grande quantidade de representantes das famílias Melastomataceae (principalmente *Miconia chartacea*) e Asteraceae (principalmente *Eremanthus crotonoides*).

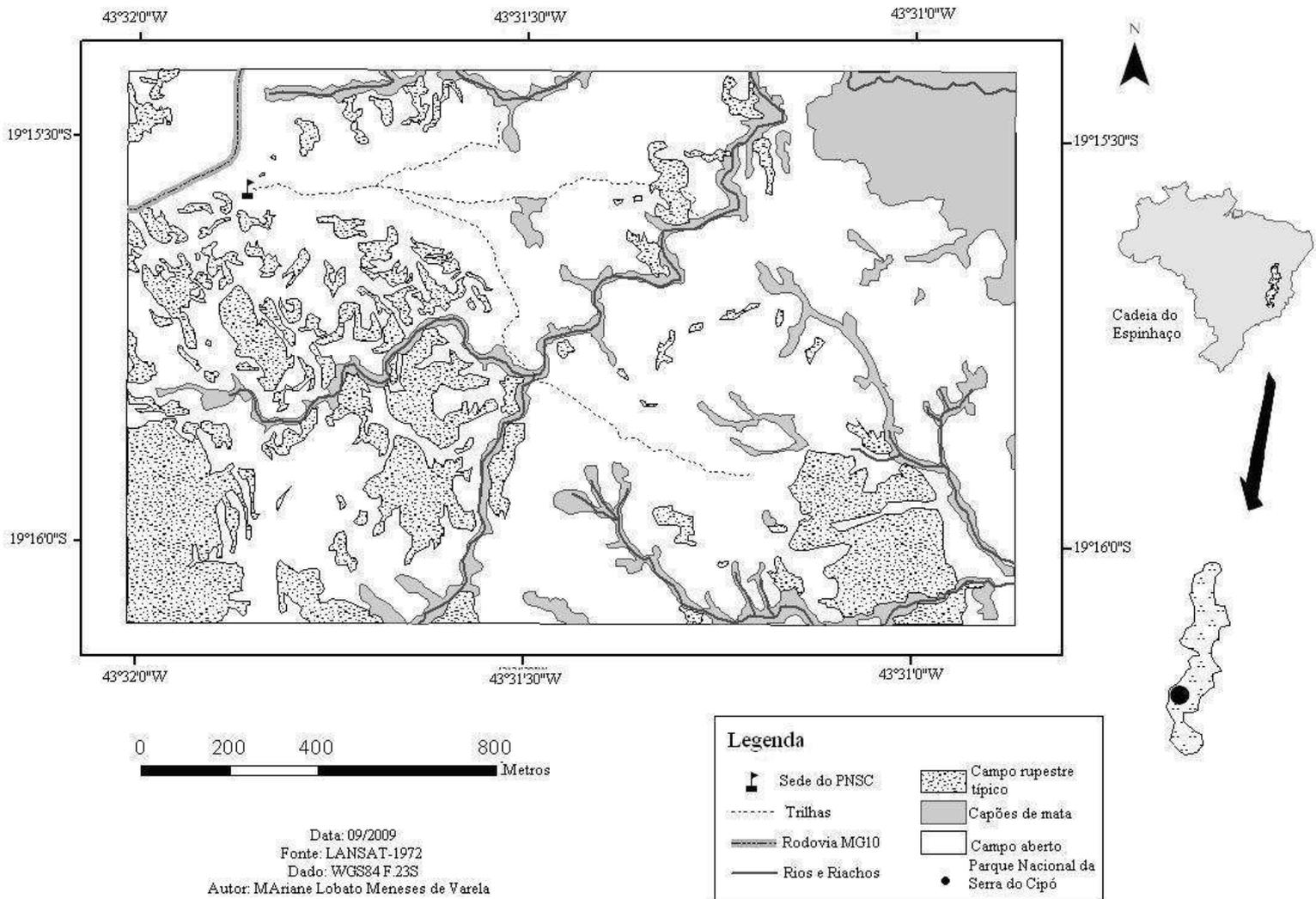


Figura 1. Imagem de satélite do Alto do Palácio. Onde podemos observar as nascentes que formam o Rio Preto em meio aos campos rupestres típicos (pontilhado preto), capões de mata (em cinza) e campos abertos (em branco).



Figura 2. Vista geral da Serra do Cipó (A), onde é possível observar o mosaico vegetacional formado por campos rupestres típicos (seta preta) e capões de mata (seta branca) cercados por campos abertos. Em B, campo rupestre típico amostrado neste estudo, onde é possível observar representantes de Bromeliaceae, Cactaceae e Velloziaceae (seta).



Figura 3. Vista geral das áreas de campo aberto (A) e de capão de mata (B) amostradas neste estudo no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

A região do AP apresenta grande variação na pluviosidade, sendo altamente sazonal com verões muito chuvosos (principalmente de novembro a janeiro) e invernos (principalmente de junho a agosto) secos (Madeira & Fernandes 1999) (Figura 4A). Normalmente, de maio a agosto, o solo apresenta déficit hídrico, enquanto de novembro a março há excesso de água no solo. Entretanto, a umidade relativa do ar varia pouco ao longo do ano (Rodrigues *et al.* 2011) (Figura 4B).

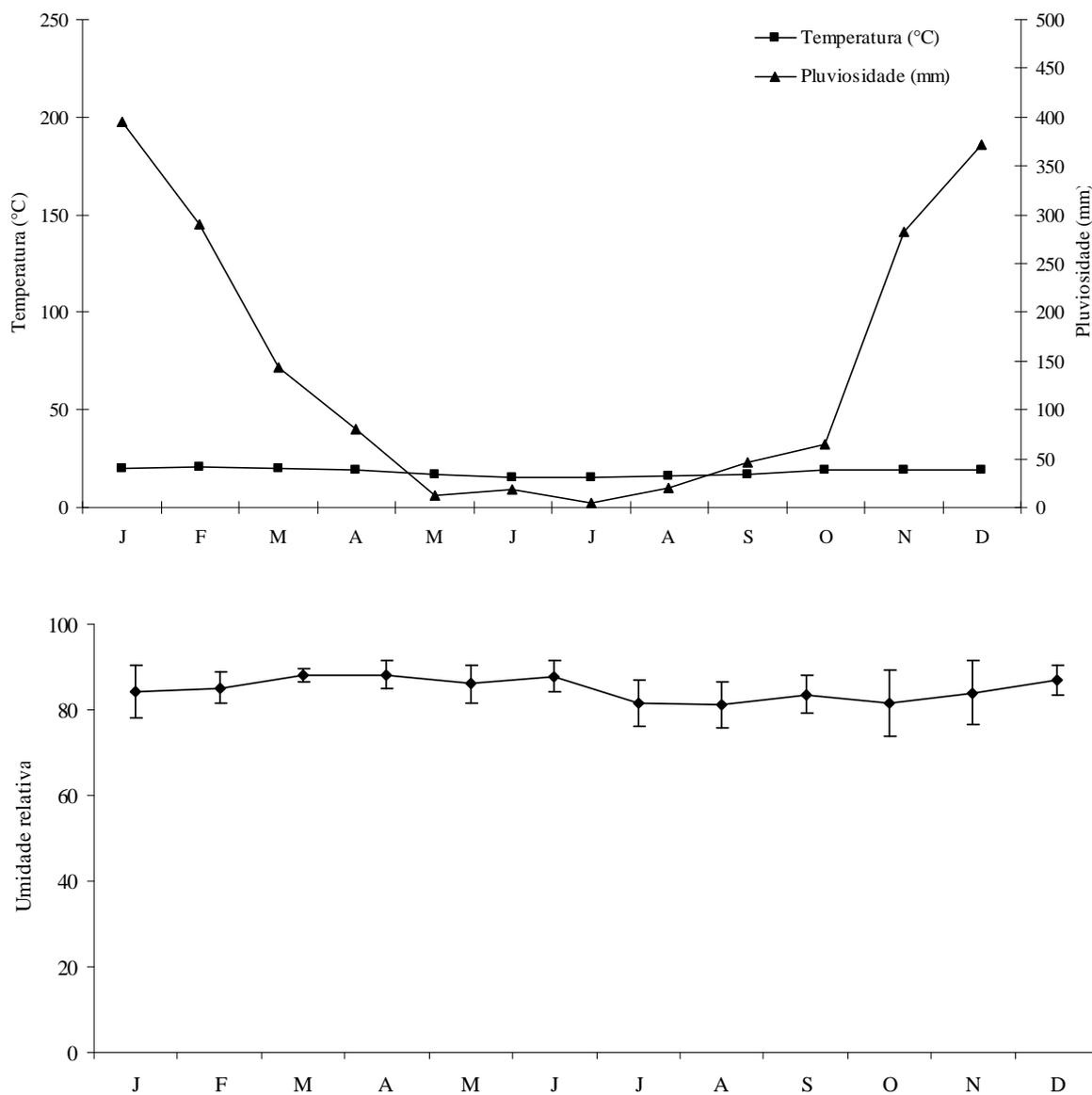


Figura 4. Em A temperatura (°C) e pluviosidade (mm) mensal média e, em B, umidade relativa do ar mensal média ao longo do ano no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. Gráficos construídos a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados de fevereiro de 2005 a dezembro de 2008 e de pluviosidade coletados de fevereiro de 2006 a dezembro de 2008 no Alto do Palácio.

CAPÍTULO I

FLORES VISITADAS POR BEIJA-FLORES EM UMA ÁREA DE CAMPO RUPESTRE: COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES E SAZONALIDADE

Introdução

As comunidades de plantas utilizadas como recurso alimentar por beija-flores, principalmente as espécies ornitófilas (*sensu* Faegri and Pijl 1980), tem sido relativamente bem estudadas na América central e nos Andes (Stiles 1975, Wolf *et al.* 1976, Snow & Snow 1980, Feinsinger *et al.* 1982, Arizmendi & Ornelas 1990) e em ambientes de Floresta Atlântica no Brasil (Araujo 1996, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Rocca-de-Andrade 2006). Mais recentemente estudos foram desenvolvidos também na Amazônia (Cotton 1998a, Rosero-Lasprilla 2003), no Pantanal sul (Araujo & Sazima 2003), no Cerrado (Rodrigues & Araujo 2011), na Caatinga (Machado 2009) e nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (Vasconcelos & Lombardi 2001, Machado *et al.* 2007). Muitos destes estudos têm demonstrado que os beija-flores são generalistas quanto ao uso de recursos florais, utilizando porcentagens variáveis de flores adaptadas à polinização por outros grupos de animais em sua dieta (veja Rodrigues & Araujo 2011). Além disso, a composição das espécies visitadas pelos beija-flores em relação ao número de espécies visitadas por família vegetal e ao hábito das espécies, varia entre os ambientes estudados (veja Rodrigues & Araujo 2011), o que parece refletir diferenças na composição florística de cada local (Araujo & Sazima 2003) relacionadas à fatores históricos, geológicos e climáticos (Rodrigues & Araujo 2011).

A Cadeia do Espinhaço é considerada como um importante centro de diversidade e endemismo de plantas (Harley 1988, Barros 1990, Giulietti & Hensold 1990, Eiten 1992, Giulietti *et al.* 1987, Costa *et al.* 2008, Versieux *et al.* 2008, Zappi & Taylor 2008). Entretanto, nenhum estudo até o presente momento analisou esta comunidade de plantas no contexto das síndromes de polinização. Um estudo realizado por Freitas & Sazima (2006) em campos de altitude na Serra da Bocaina, sudeste do Brasil, demonstrou que a polinização por beija-flores é pouco frequente neste ambiente. Contudo, estudos em outras áreas montanas do sudeste do Brasil têm registrado um alto número de espécies polinizadas por beija-flores (Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Vasconcelos & Lombardi 2001). Em ambientes quentes e úmidos da América do Sul e Central, muitas espécies de plantas são especializadas na polinização por beija-flores, principalmente em ambientes com alta elevação (Cruden 1972, Stiles 1978, Dalsgaard *et al.* 2009), fato que se deve à fisiologia endotérmica dos beija-flores, que ao contrário dos insetos, possibilita a permanência desses polinizadores em períodos de frio em altas altitudes (Cruden 1972).

Apesar da Cadeia do Espinhaço representar uma unidade biogeográfica de alta a extrema importância biológica (Drummond *et al.* 2005), esta cadeia de montanhas vem

sofrendo forte pressão antrópica. A porção sul, em particular, é mais seriamente ameaçada pela extração de minério de ferro e diversos outros minerais com importância econômica mundial (Chaves *et al.* 2001, Jacobi & Carmo 2008). Além disso, a crescente conversão das terras para a pecuária associada à prática do fogo (França & Ribeiro 2008), o turismo descontrolado e o desenvolvimento urbano também são ameaças correntes (Vasconcelos & Rodrigues 2010). Apesar de todas estas ameaças, pouco se conhece sobre as plantas visitadas pelos beija-flores na Cadeia do Espinhaço (veja abaixo). Na porção norte desta Cadeia, área sob influência da caatinga, Machado *et al.* (2007) estudaram as características morfológicas e fenológicas das plantas visitadas pelos beija-flores ao longo de um ano. Nos campos rupestres da porção sul da Cadeia do Espinhaço os estudos se restringem a uma listagem das plantas visitadas pelos beija-flores em seis localidades de campos rupestres (Vasconcelos & Lombardi 2001), a um estudo sobre o padrão sazonal de ocorrência de seis espécies de beija-flores na Serra do Curral (Vasconcelos & Lombardi 1999) e estudos de caso (Sazima 1977, Sazima 1981, Jacobi & Antonini 2008).

O presente capítulo tem como objetivos conhecer a riqueza e composição de espécies de plantas visitadas por beija-flores em três fitofisionomias de campo rupestre, caracterizar a morfologia floral destas espécies, quantificar o recurso floral oferecido, conhecer o padrão sazonal de ocorrência destas plantas na área estudada e, dentre as plantas polinizadas por beija-flores, conhecer as espécies polinizadoras, bem como o comportamento de visitas destas aves.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na localidade conhecida como Alto do Palácio, no Parque Nacional da Serra do Cipó, município de Morro do Pilar, Minas Gerais (para descrição da área veja item Área de Estudo na página 5). Os dados foram coletados mensalmente, de agosto de 2007 a julho de 2009, em campanhas de quatro a seis dias de duração.

Para registrar o período de floração das plantas visitadas pelos beija-flores, mensalmente, foram percorridos 1800 m de trilhas com 10 m de largura, sendo 1200 m na fitofisionomia de campos abertos (CAA) e 600 m em campo rupestre típico (CRT) (totalizando 12000 m² de área amostral no CAA e 6000 m² no CRT). Na fitofisionomia capões de mata (CAM) a amostragem foi feita através de caminhadas sistemáticas na borda e no interior de duas áreas de CAM de modo a amostrá-los na sua totalidade (400 m²). O tamanho da área amostrada em cada fitofisionomia reflete a sua representatividade no AP.

Todas as espécies cujas flores produzissem néctar e cuja morfologia permitisse a visita por beija-flores foram registradas. O padrão fenológico das espécies estudadas foi categorizado de acordo com Newstrom *et al.* (1994). Para verificar se o número de espécies floridas por mês diferiu entre as fitofisionomias, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e teste Tukey *a posteriori*.

A densidade de flores foi calculada mensalmente para cada fitofisionomia amostrada usando-se o número total de flores abertas/área amostral (flores/m²) (Araujo 1996). Os dados de densidade de flores (flores/m²) foram transformados para log(n+1) e uma ANOVA, com teste Tukey *a posteriori*, foi realizada para verificar se a densidade de flores diferiu entre as fitofisionomias amostradas. Para verificar se a densidade total mensal de flores diferiu entre as flores ornitófilas e não-ornitófilas foi realizado um teste de Mann-Whitney (teste U).

Dados sobre o hábito da planta, o número de flores abertas por indivíduo por dia, bem como características florais (formato, tamanho, cor, concentração e volume acumulado de néctar) foram registradas. O comprimento efetivo da corola (*sensu* Wolf *et al.* 1976) e o diâmetro da flor foram medidos com auxílio de paquímetro em flores frescas ou em material coletado e fixado em álcool 70%. Exemplares testemunhos das espécies de plantas foram herborizados para identificação e depositados no Herbário do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (BHCB).

As síndromes de polinização das plantas visitadas pelos beija-flores foram determinadas usando os atributos da morfologia e cores predominantes da corola e brácteas, presença de odor e período de antese (veja Rodrigues & Araujo 2011). Espécies ornitófilas possuem flores sem odor, corola em geral tubular, antese diurna e corola e/ou brácteas com cores vistosas como vermelho, rosa, amarelo, laranja e azul (*cf.* Faegri & Pijl 1980). As demais espécies visitadas pelos beija-flores foram classificadas como não-ornitófilas, sendo divididas em melitófilas (flores adaptadas à polinização por abelhas), esfingófilas (flores adaptadas à polinização por esfingídeos) e quiropterófilas (flores adaptadas à polinização por morcegos) de acordo com as características descritas por Faegri & Pijl (1980), além de entomófilas (espécies que podem ser polinizadas por espécies de dois ou mais grupos de invertebrados). Adicionalmente quatro espécies foram classificadas como quiropterófilas-ornitófilas (flores com características transicionais entre a síndrome de quiropterofilia e ornitofilia) de acordo com Sazima *et al.* (1994) e Sanmartin-Gajardo & Sazima (2005).

O volume acumulado e a concentração do néctar foram quantificados em flores, e no caso de *Paliavana sericiflora* (Gesneriaceae), também em botões, ensacados no dia anterior e medidos entre 10:00 e 13:00 h do dia seguinte. O volume do néctar foi medido com o auxílio

de microseringa e a concentração de solutos com o auxílio de refratômetro manual Atago 0-32% (cf. Galetto & Bernardello 2005). O número amostral idealizado foi de 20 flores de ao menos três indivíduos diferentes, porém, limitações intrínsecas de cada espécie (como densidade de indivíduos na área de estudo e/ou plantas que produzem apenas uma flor a cada dois ou três dias), além de limitações de campo tornaram os tamanhos amostrais variados. As medidas de volume e concentração do néctar foram transformadas em mg de açúcar no néctar, de acordo com Galetto & Bernardello (2005).

As observações dos visitantes florais foram feitas mensalmente, com duração mínima de 40 min e máxima de 180 min por período de observação focal. Sempre que possível, mais de um indivíduo focal foi observado (modificado de Rocca-de-Andrade 2006). Observações ocasionais de visitas também foram registradas, sendo anotado a espécie visitada, os visitantes e a efetividade da visita: 1) polinização (quando os beija-flores contataram anteras e estigma durante as visitas) ou 2) pilhagem (quando não contataram anteras e estigma durante as visitas). Os beija-flores foram identificados através de observações visuais diretas, fotografias tomadas durante as visitas e com auxílio de guia ilustrado (Grantsau 1988). Foram registrados o horário e a frequência das visitas, além do comportamento dos beija-flores durante as visitas.

Os dados de frequência de visitas (número de flores visitadas.min⁻¹.flores observadas⁻¹) foram transformados para log(n+1) e, em seguida, realizado um teste de Mann-Whitney (teste U) para verificar se a frequência de visitas diferiu entre as flores ornitófilas e não-ornitófilas visitadas.

O número de turnos de visita (número de vezes que os beija-flores visitam um indivíduo de planta focal), bem como o número de flores abertas por indivíduo focal foram transformados para log(n+1). Uma análise de covariância (ANCOVA) foi realizada para verificar se o número de turnos de visitas foi afetado pelo número de flores abertas por indivíduo, bem como pela categoria das plantas observadas (ornitófilas e não-ornitófilas).

Resultados

Composição da comunidade de plantas visitadas pelos beija-flores

Foram registradas visitas dos beija-flores a 51 espécies vegetais, considerando-se subespécies e variedades separadamente (Tabela 1.1), das quais 43,1% (N = 22) possuem características relacionadas à síndrome de ornitofilia, 29% (N = 15) são melitófilas, 14% (N = 7) entomófilas, quatro espécies (8%) possuem atributos intermediários entre a síndrome de

Tabela 1.1. Espécies de plantas visitadas pelos beija-flores no Alto do Palácio, suas fitofisionomia de ocorrência (CRT = campo rupestre típico, CAM = capões de mata e CAA = campo aberto), status de endemismo (MG = endêmica da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais e Brasil = endêmica de uma ou mais fitofisionomias de dois ou mais estados brasileiros) e de ameaça em Minas Gerais (MG) e no Brasil (AM = ameaçada, NA = não-ameaçada, CP = criticamente em perigo, EP = em perigo, VU = vulnerável).

Espécie	Ocorrência	Endemismo	Status de ameaça	
			MG	Brasil
Amarylidaceae				
<i>Rhodophiala cipoana</i> Ravenna	CRT	MG	NA	NA
Asteraceae				
<i>Acritopappus longifolius</i> (Gardner) R.M. King & H. Rob.	CRT	MG	NA	NA
<i>Chronopappus bifrons</i> (DC. ex Pers.) DC.	CRT	MG	CP	NA
<i>Eremanthus crotonoides</i> (DC.) Sch. Bip.	CAM	Brasil	NA	NA
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	CRT, CAM, CAA	Brasil	NA	NA
<i>Hololepis pedunculata</i> (DC. ex Pers.) DC.	CRT, CAM	MG	EP	
<i>Lepidaploa</i> sp.1	CRT, CAM, CAA	-	-	-
<i>Lessingianthus roseus</i> (Mart. ex DC.) H. Rob.	CAM, CAA	Brasil*	NA	NA
<i>Piptolepis leptospermoides</i> (Mart. ex DC.) Sch. Bip.	CRT, CAA	MG	CP	
<i>Trixis vauthieri</i> DC.	CRT	Brasil	NA	NA
<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H. Rob.	CAM	Brasil	NA	NA
Bromeliaceae				
<i>Aechmea lamarchei</i> Mez	CRT, CAM, CAA	Brasil*	NA	NA
<i>Billbergia amoena</i> (Lodd.) Lindl.	CAM	Brasil	NA	NA
<i>Billbergia vittata</i> Brongn. ex Morel	CRT, CAM	Brasil	NA	NA
<i>Dyckia</i> sp.1	CRT, CAM	-	-	-
<i>Encholirium subsecundum</i> (Baker) Mez	CRT	MG	NA	NA
<i>Neoregelia bahiana</i> (Ule) L.B. Sm.	CRT	Brasil*	NA	NA
<i>Tillandsia gardneri</i> Lindl.	CAM	Brasil	NA	NA
<i>Vriesea medusa</i> Versieux	CRT	MG	NA	NA
<i>Vriesea procera</i> (Mart. ex Schult. & Schult.f.) Wittm. var. <i>procera</i>	CRT	Brasil	NA	NA
<i>Vriesea procera</i> var. <i>tenuis</i> L.B. Sm.	CRT, CAM	Brasil	NA	NA
Burseraceae				
<i>Protium</i> sp.1	CRT	-	-	-
Cactaceae				
<i>Cipocereus minensis</i> subsp. <i>minensis</i> F. Ritter	CRT	MG	EP	AM
<i>Pilosocereus aurisetus</i> subsp. <i>aurisetus</i> (Werderm.) Byles & G.D. Rowley	CRT	MG	CP	
Campanulaceae				
<i>Lobelia fistulosa</i> Vell.	CRT, CAM	Brasil	NA	NA
<i>Siphocampylus</i> cf. <i>fimbriatus</i> Regel	CAA			
Ericaceae				
<i>Agarista cariifolia</i> (Thunb.) Hook. f. ex Nied.	CRT	Brasil	NA	NA
<i>Gaylussacia brasiliensis</i> (Spreng.) Meisn.	CAM	Brasil	NA	NA
<i>Gaylussacia hispida</i> DC.	CAA	Brasil	NA	NA
<i>Gaylussacia oleifolia</i> Dunal	CRT, CAA	MG	NA	AM
Erythroxylaceae				
<i>Erythroxylum vacciniifolium</i> Mart.	CAM	Brasil	NA	NA
Gentianaceae				
<i>Calolisianthus pendulus</i> (Mart.) Gilg	CRT, CAA	Brasil	NA	NA

Tabela 1.1. Continuação.

Gesneriaceae				
<i>Nematanthus strigillosus</i> (Mart.) H.E. Moore	CRT	Brasil*	VU	NA
<i>Paliavana sericiflora</i> Benth.	CRT	MG	NA	NA
Lamiaceae				
<i>Hyptis</i> sp.1	CRT	-	-	-
Lythraceae				
<i>Cuphea ericoides</i> Cham. & Schltld.	CRT, CAA	Brasil	NA	NA
Malvaceae				
Malvaceae sp.1	CRT	-	-	-
Myrtaceae				
<i>Myrcia lasiantha</i> DC.	CRT	Brasil*	NA	NA
Orobanchaceae				
<i>Agalinis angustifolia</i> (Mart.) D'Arcy	CRT	MG	VU	AM
<i>Esterhazyia splendida</i> J.C. Mikan	CAA	Brasil	NA	NA
Rubiaceae				
<i>Hillia parasitica</i> Jacq.	CRT, CAM	Brasil	NA	NA
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	CRT, CAM, CAA	Brasil	NA	NA
Theaceae				
<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	CRT, CAA	Brasil	NA	NA
Velloziaceae				
<i>Barbacenia flava</i> Mart. ex Schult. f.	CAA	MG	NA	NA
<i>Barbacenia gentianoides</i> Goethart & Henrard	CRT	MG	NA	NA
<i>Barbacenia luzulifolia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	RIO	MG	NA	NA
<i>Vellozia</i> cf. <i>epidendroides</i> Mart. ex Schult. f.	CRT	MG	NA	NA
Verbenaceae				
<i>Stachytarpheta mexiae</i> Moldenke	CAA	MG	-	-
<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	CRT	MG	-	-
Vochysiaceae				
<i>Vochysia</i> sp. 1	CAA	MG	-	-
<i>Vochysia emarginata</i> (Vahl) Poir.	CRT, CAA	-	-	-

* Espécies endêmicas da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais e Bahia.

Tabela 1.2. Características das espécies de plantas visitadas pelos beija-flores nos campos rupestres do Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. Beija-flores visitantes: *Augastes scutatus* ♀ (As♀), *A. scutatus* ♂ (As♂), *Campylopterus largipennis* (Cl), *Chlorostilbon lucidus* ♀ (Clu♀), *C. lucidus* ♂, (Clu♂), *Colibri serrirostris* (Cs), *Eupetomena macroura* (Em) e *Phaethornis pretrei* (Pp). X = média e DP = desvio padrão.

Espécie	Hábito	Cor da corola ou brácteas	Formato da flor	Síndrome de polinização	Número de flores ¹	Comprimento da corola (mm) ²	Largura da corola (mm)	Frequência de visitas ³	Beija-flores visitantes
					X ± DP (N)	X ± DP (N)	X ± DP (N)	X ± DP (N)	
<i>Acritopappus longifolius</i>	arbustivo	rosa	tubular	melitofilia	-	5,6 ± 0,5 (6)	-	0 (1)	As♀
<i>Aechmea lamarchei</i>	epifítico e rupícola	amarela/rosa	tubular	ornitofilia	2,5 ± 1,4 (23)	14,4 ± 1,2 (14)	3,4 ± 0,9 (14)	0,012 ± 0,011 (6)	As♂
<i>Agalinis angustifolia</i>	herbáceo	rosa	tubular	ornitofilia	8,2 ± 8,8 (11)	33,8 ± 3 (13)	7,8 ± 0,9 (8)	0,005 ± 0,005 (4)	As♀, As♂, Cl, Cs
<i>Agarista cariifolia</i>	arbustivo	vermelha	tubular	ornitofilia	12,2 ± 15,3 (22)	8,9 ± 0,8 (22)	2,1 ± 0,5 (22)	< 0,001 ± 0,001 (3)	As♀, As♂
<i>Barbacenia flava</i>	herbáceo	amarela	tubular	ornitofilia	1,4 ± 0,8 (26)	37,2 ± 3,5 (4)	1,2 ± 0,4 (4)	0 (1)	Cs
<i>Barbacenia gentianoides</i>	herbáceo	amarela/laranja	tubular	ornitofilia	3,3 ± 1,4 (40)	-	-	0,003 ± 0,005 (3)	Pp
<i>Barbacenia luzulifolia</i>	herbáceo	vermelha	tubular	ornitofilia	1 (1)	-	-	0,018 (1)	Cl, Pp
<i>Billbergia amoena</i>	epifítico	verde/azul/rosa	tubular	ornitofilia	3 ± 2,7 (4)	44,9 ± 1,4 (9)	-	0,011 ± 0,01 (3)	Pp
<i>Billbergia vittata</i>	epifítico	lilás/rosa	tubular	ornitofilia	2 ± 1 (13)	43,7 ± 1,6 (5)	6,3 ± 0,6 (4)	0,01 ± 0,022 (5)	Pp
<i>Calolisianthus pendulus</i>	herbáceo	vermelha	tubular	ornitofilia	1,5 ± 1,8 (182)	28,5 ± 6 (17)	6,2 ± 2,1 (15)	0,001 ± 0,003 (5)	Cs
<i>Chronopappus bifrons</i>	arbustivo	lilás	tubular	melitofilia	14,6 ± 5,7 (3)	7,6 ± 0,5 (6)	1 ± 0 (2)	0,01 ± 0,011 (3)	As♂
<i>Cipocereus minensis minensis</i>	rupícola	branca/amarela/roxa	tubular	qui-orn*	1 ± 0 (3)	-	-	0,028 (1)	Cl
<i>Cuphea ericoides</i>	arbustivo	lilás	tubular	melitofilia	1,2 ± 0,4 (15)	8 ± 0 (2)	-	0 ± 0 (3)	As♂
<i>Dyckia</i> sp.1	herbáceo rupícola	laranja	tubular	ornitofilia	3,4 ± 2,1 (5)	17 ± 2,3 (20)	7,5 ± 1,4 (20)	0,011 ± 0 (2)	Cl

Tabela 1.2. Continuação

<i>Encholirium subsecundum</i>	rupícola	verde/amarela	campânula	quiropterofilia	9,8 ± 5,4 (8)	9,1 ± 0,8 (4)	-	0,016 ± 0,011 (4)	As♀, Cl
<i>Eremanthus crotonoides</i>	arbustivo	rosa	tubular	entomofilia	264,5 ± 306,5 (15)	-	-	0,004 ± 0,001 (2)	As♀, As♂, Cs
<i>Eremanthus erythropappus</i>	arbóreo	rosa	tubular	entomofilia	1006 ± 2018 (93)	-	-	0,011 ± 0,015 (2)	As♀, As♂
<i>Erythroxylum vacciniifolium</i>	arbustivo	branca	aberta	melitofilia	165,8 ± 238,2 (17)	-	-	< 0,001 ± 0,0 (3)	As♀, As♂
<i>Esterhazyia splendida</i>	herbáceo	rosa	tubular	ornitofilia	4,8 ± 4,4 (8)	22,6 ± 3,6 (6)	10,6 ± 0,3 (6)	0,003 ± 0,007 (5)	Cs
<i>Gaylussacia brasiliensis</i>	arbustivo	rosa	tubular	melitofilia	44,3 ± 58,3 (13)	7,3 ± 0,5 (5)	2,5 ± 0,3 (5)	0,002 ± 0,002 (4)	As♀, As♂
<i>Gaylussacia hispida</i>	arbustivo	branca	tubular	melitofilia	53,2 ± 131,8 (11)	6,4 ± 0,8 (9)	3,3 ± 0,3 (7)	0,001 ± 0,002 (3)	As♂
<i>Gaylussacia oleifolia</i>	arbustivo	branca	tubular	melitofilia	94,7 ± 153,1 (12)	8,2 ± 0,7 (9)	3,9 ± 0,2 (4)	0,003 ± 0,002 (3)	As♀, As♂
<i>Hillia parasitica</i>	arbusto pendente	branca	tubular	esfingofilia	7,5 ± 5 (16)	82,8 ± 8,8 (6)	4,3 ± 1,1 (6)	< 0,001 ± 0,001 (5)	As♂
<i>Hololepis pedunculata</i>	arbustivo	lilás	tubular	ornitofilia	7,6 ± 4,2 (23)	19,1 ± 0,9 (7)	1,6 (1)	0,01 ± 0,007 (13)	As♀, As♂, Cl, Pp, Cs, Em
<i>Hyptis</i> sp.1	arbustivo	branca	tubular	melitofilia	22,8 ± 31 (315)	6,3 ± 0,4 (14)	1,6 ± 0,3 (9)	0,01 ± 0,004 (4)	As♀, As♂
<i>Laplacea fruticosa</i>	arbustivo	branca	aberta	melitofilia	22,2 ± 32,4 (5)	-	-	0,01 ± 0,011 (3)	As♂
<i>Lepidaploa</i> sp.1	arbustivo	rosa	tubular	melitofilia	25,3 ± 31,5 (41)	4,6 ± 0,2 (5)	1,2 ± 1,4 (3)	0,005 ± 0,004 (4)	As♀, As♂
<i>Lessingianthus roseus</i>	arbustivo	rosa	tubular	entomofilia	8,6 ± 5,5 (356)	4,4 ± 1,1 (10)	1,2 ± 1,1 (8)	0,004 ± 0,002 (5)	As♀, As♂
<i>Lobelia fistulosa</i>	arbustivo	lilás	tubular	ornitofilia	22,3 ± 16,5 (3)	27,2 ± 4,6 (7)	3,3 ± 0,5 (3)	0,02 ± 0,016 (8)	Cl, Pp, Em, Cs
Malvaceae sp.1	arbustivo	amarela	campânula	melitofilia	8 ± 9 (93)	4,9 ± 1,1 (15)	2 ± 0,4 (13)	0,007 ± 0,015 (7)	As♀, As♂
<i>Myrcia lasiantha</i>	arbustivo	branca	aberta	melitofilia	43,6 ± 33,5 (3)	-	-	< 0,001 (1)	As♀
<i>Nematanthus strigillosus</i>	herbáceo	vermelha	tubular	ornitofilia	4,8 ± 5,4 (80)	17,6 ± 3,4 (13)	2,6 ± 0,6 (13)	0,005 ± 0,004 (10)	As♀, As♂

Tabela 1.2. Continuação

<i>Neoregelia bahiana</i>	rupícola	lilás	tubular	ornitofilia	1,2 ± 0,4 (15)	36 ± 0 (2)	-	0,011 ± 0,01 (3)	Cl, Pp
<i>Paliavana sericiflora</i>	arbustivo	verde/roxa	tubular	qui-orn*	2,3 ± 2,7 (17)	45,9 ± 6,7 (10)	25,1 ± 2,5 (10)	0,007 ± 0,008 (6)	As♂, Cl, Pp
<i>Pilosocereus aurisetus aurisetus</i>	rupícola	branca/vermelha	tubular	qui-orn*	1,5 ± 1,1 (15)	34 ± 0,1 (2)	8 (1)	0,035 ± 0,022 (6)	As♀, As♂, Cl, Pp
<i>Piptolepis leptospermoides</i>	arbustivo	rosa	tubular	entomofilia	28,6 ± 53,2 (542)	-	-	0,002 ± 0,003 (4)	As♀, As♂
<i>Protium</i> sp.1	arbustivo	verde	aberta	entomofilia	250 (1)	-	-	< 0,001 ± 0,0 (3)	As♀, As♂
<i>Psychotria vellosiana</i>	arbustivo	branca	tubular	entomofilia	81,2 ± 132,8 (16)	6,7 ± 1 (15)	2,7 ± 0,3 (11)	0,003 ± 0,002 (5)	As♀, As, Em
<i>Rhodophiala cipoana</i>	herbáceo	vermelha	tubular	ornitofilia	1 ± 0 (3)	49 ± 5,6 (2)	-	0 (1)	Pp
<i>Siphocampylus fimbriatus</i>	arbustivo	vermelha	tubular	ornitofilia	2,5 ± 1,4 (17)	46,6 ± 1,3 (6)	3,4 ± 0,5 (4)	0,007 ± 0,006 (7)	Pp
<i>Stachytarpheta glabra</i>	arbustivo	azul	tubular	ornitofilia	18 ± 16 (19)	18,7 ± 2,5 (10)	2,6 ± 0,5 (10)	0,015 ± 0,02 (6)	As♀, As♂, Clu♀
<i>Stachytarpheta mexiae</i>	arbustivo	azul	tubular	ornitofilia	8,1 ± 7,3 (76)	15 ± 2,4 (19)	1,9 ± 0,4 (11)	0,01 ± 0,01 (12)	As♀, As♂,
<i>Tillandsia gardneri</i>	epífítico	rosa	tubular	ornitofilia	25,3 ± 31,5 (41)	16 ± 0,6 (6)	2,2 ± 0,3 (5)	0,001 ± 0,003 (4)	Clu♂
<i>Trixis vauthieri</i>	arbustivo	amarela	tubular	entomofilia	59,5 ± 88,7 (18)	6,1 ± 0,9 (3)	0,7 ± 0,3 (2)	0 ± 0 (2)	As♀
<i>Vellozia</i> cf. <i>epidendroides</i>	herbáceo	lilás	campânula	melitofilia	5,1 ± 3,9 (18)	33 (1)	12 (1)	0,004 ± 0,003 (2)	As♀, As♂,
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	arbustivo	branca	tubular	entomofilia	38 (1)	-	-	0,002 (1)	As♀, As♂
<i>Vochysia emarginata</i>	arbustivo	amarela	tubular	melitofilia	22 ± 48 (31)	11,2 (1)	-	0,007 ± 0,006 (12)	As♀, As♂, Clu♀, Clu♂,
<i>Vochysia</i> sp. 1	arbustivo	amarela	tubular	melitofilia	24,6 ± 26,4 (17)	-	-	< 0,001 ± 0 (4)	As♂
<i>Vriesea medusa</i>	rupícola	amarela/verde	campânula	qui-orn*	2 (1)	45 (1)	9,5 (1)	0,011 (1)	Cl
<i>Vriesea procera</i> var. <i>procera</i>	epífítico	amarela	tubular	ornitofilia	2 (1)	40 ± 0,8 (2)	4,3 ± 0,3 (2)	0,004 ± 0,005 (2)	Cl, Pp
<i>Vriesea procera</i> var. <i>tenuis</i>	epífítico	amarela	tubular	ornitofilia	2,2 ± 1,6 (9)	38,5 ± 4,2 (2)	4 ± 0 (2)	0,008 ± 0,012 (4)	Cl, Pp

¹Número de flores abertas por indivíduo por dia; ²Comprimento efetivo da corola (sensu Wolf *et al* 1976); ³Número de flores visitadas/min/número de flores observadas.

* Síndrome de polinização intermediária entre quiropterofilia e ornitofilia.

quiropterofilia e ornitofilia, uma espécie é quiropterófila (2%) e uma (2%) é esfingófila (Tabela 1.2).

A área de CRT apresentou o maior número de espécies visitadas (N = 38; 42% de espécies ornitófilas e 58% de não-ornitófilas), seguida pelos CAA (N = 18; 39% de ornitófilas e 61% de não-ornitófilas) e CAM (N = 17; 47% de ornitófilas e 53% de não-ornitófilas). Vinte espécies foram exclusivas à área de CRT, seis exclusivas aos CAM e seis aos CAA. Somente quatro espécies foram comuns às três fitofisionomias (*Aechmea lamarchei*, *Eremanthus erytropappus*, *Lepidaploa* sp. 1 e *Psychotria vellosiana*) (Tabela 1.1).

As espécies visitadas pelos beija-flores estão distribuídas em 20 famílias e 41 gêneros, sendo Asteraceae (10 espécies, 19,6%) e Bromeliaceae (10 espécies, 19,6%) as famílias com maior número de espécies visitadas. As demais famílias foram representadas por quatro, duas ou uma espécie (Tabela 1.1).

Mais de um terço das espécies (37,2%) visitadas pelos beija-flores são endêmicas da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais e mais três (5,8%) endêmicas da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais e Bahia. Oito espécies estão classificadas em alguma categoria de ameaça na lista de espécies ameaçadas de Minas Gerais (Lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do estado de Minas Gerais 2007) e/ou do Brasil (Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção 2008), sendo três delas (*Chronopappus bifrons*, *Piptolepis leptospermoides* e *Pilosocereus aurisetus* - Figura 1.1H) consideradas como criticamente ameaçadas (Tabela 1.1).

Características das plantas visitadas pelos beija-flores

A maioria das espécies visitadas pelos beija-flores (55%) possui hábito arbustivo. Somente uma espécie possui hábito arbóreo e uma hábito arbustivo pendente, enquanto 41% das espécies (N = 21) são ervas. Destas ervas, quatro são epífitas exclusivas e quatro rupícolas exclusivas (Tabela 1.2). Muitas espécies visitadas apresentaram brácteas ou pétalas de cores vistosas como rosa (21,5%), amarelo (19,6%), vermelho (13,7%) e lilás (13,7%), porém flores de cores pálidas como o branco (17, 6%) e o verde (5,8%) também foram visitadas (Tabela 1.2). A maioria das espécies (84,3%) apresentou flores com formato tubular, sendo o comprimento médio da corola bastante variável entre estas espécies. O menor comprimento médio foi registrado na Asteraceae entomófila *Lessingianthus roseus* ($4,4 \pm 1,1$ mm; Figura 1.1A) e o maior na Amarylidaceae ornitófila *Rhodophiala cipoana* ($49 \pm 5,65$ mm; Figura 1.1B). A abertura média da corola também variou muito entre as espécies, sendo de $0,75 \pm$



Figura 1.1. Espécies de plantas visitadas pelos beija-flores no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. A, *Lessingianthus roseus*; B, *Rhodophiala cipoana*; C, *Nematanthus strigillosus*; D, *Neoregelia bahiana*; E, *Stachytarpheta mexiae*; F, *Paliavana sericiflora*; G, *Trixis vauthieri* e H, *Pilosocereus aurisetus*.

Tabela 1.3. Características do volume e concentração do néctar acumulado e da quantidade de açúcar no néctar das espécies ornitófilas (em negrito) e não-ornitófilas, visitadas pelos beija-flores no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. X = média, DP = desvio padrão e N = número de flores amostradas.

Espécie	Volume (µL)	Concentração (%)	Açúcar (mg)
	X ± DP (N)	X ± DP (N)	X ± DP (N)
<i>Aechmea lamarchei</i>	13,1 ± 5 (13)	25,8 ± 4,1 (13)	3,8 ± 1,8 (13)
<i>Agalinis angustifolia</i>	18,75±9,95 (8)	18,52±1,65 (8)	3,73 ± 2,29 (8)
<i>Agarista cariifolia</i>	1,6 ± 1,8 (18)	17,1 ± 3,1 (18)	0,2 ± 0,3 (18)
<i>Barbacenia flava</i>	45,2 ± 36,37 (5)	18,36 ± 1,32 (5)	9,1 ± 7,59 (5)
<i>Billbergia vittata</i>	21 ± 5,83 (5)	22,08 ± 0,85 (5)	5,03 ± 1,57 (5)
<i>Calolisianthus pendulus</i>	4,8 ± 10,73 (5)	26 (1)	6,85 (1)
<i>Dyckia sp.1</i>	11,5 ± 5,3 (13)	22,7 ± 10,4 (13)	3,3 ± 3,7 (13)
<i>Esterhazyia splendida</i>	29 ± 1,73 (3)	17,06 ± 1 (3)	5,2 ± 0,61 (3)
<i>Hololepis pedunculata</i>	7,5 ± 1,91 (4)	23,5 ± 1,91 (4)	1,94 ± 0,64 (4)
<i>Lobelia fistulosa</i>	60,33 ± 10,1 (3)	16,6 ± 0,52 (3)	10,51 ± 1,76 (3)
<i>Nematanthus strigillosus</i>	8,7 ± 5,3 (14)	22,4 ± 4,4 (14)	1,9 ± 1,1 (13)
<i>Neoregelia bahiana</i>	24,75 ± 3,77 (4)	44,6 ± 4,6 (3)	12,7 ± 3,1 (3)
<i>Siphocampylus fimbriatus</i>	22,2 ± 15,73 (5)	19,92 ± 1,26 (5)	4,85 ± 3,52 (5)
<i>Stachytarpheta glabra</i>	7,6 ± 1,6 (12)	23,2 ± 0,8 (12)	1,9 ± 0,4 (12)
<i>Stachytarpheta mexiae</i>	4,33 ± 2,38 (15)	23,25 ± 3,1 (14)	1,1 ± 0,5 (14)
<i>Vriesea procera var. procera</i>	36 ± 16,97 (2)	23,1 ± 1,27 (2)	8,88 ± 3,69 (2)
<i>Vriesea procera var. tenuis</i>	61,5 ± 10,6 (2)	22,3 ± 0,99 (2)	14,86 ± 3,28 (2)
<i>Encholirium subsecundum</i>	8,52 ± 0,26 (4)	13,7 ± 0,38 (4)	1,21 ± 0,05 (4)
<i>Eremanthus crotonoides</i>	-	-	-
<i>Eremanthus erythropappus</i>	-	-	-
<i>Gaylussacia brasiliensis</i>	-	-	-
<i>Gaylussacia hispida</i>	-	-	-
<i>Gaylussacia oleifolia</i>	1,1 ± 0,2 (3)	27,8 ± 0,2 (2)	0,38 ± 0,7 (2)
<i>Hillia parasitica</i>	13,8 ± 13,4 (6)	17,1 ± 0,8 (6)	2,5 ± 2,5 (6)
<i>Hyptis sp.1</i>	3 ± 1 (11)	23,83 ± 2,46 (13)	0,75 ± 0,25 (11)
<i>Lepidaploa sp.1</i>	0,83±0,24 (10)	20,8 ± 4,8 (10)	0,27 ± 0,06 (10)
<i>Lessingianthus roseus</i>	0,18 ± 0,4 (6)	28 ± 0 (3)	0,17 ± 0,2 (6)
Malvaceae sp.1	1,8 ± 1,4 (11)	25,3 ± 2,6 (9)	0,63 ± 0,2 (9)
<i>Paliavana sericiflora</i>	24,1 ± 18,9 (8)	15,2 ± 2,8 (8)	3,6 ± 3,9 (8)
<i>Pilosocereus aurisetus aurisetus</i>	260 (1)	16	43,54 (1)
<i>Piptolepis cf. leptospermoides</i>	-	-	-
<i>Psychotria vellosiana</i>	4,81 ± 0,6 (11)	34,34 ± 5,99 (10)	1,93 ± 0,46 (10)
<i>Trixis vauthieri</i>	0,5 ± 0 (2)	20 ± 0(2)	0,11 ± 0 (2)
<i>Vochysia emarginata</i>	1,08 ± 0,97 (6)	-	-
<i>Vochysia sp. 1</i>	-	-	-
<i>Vriesea medusa</i>	140 (1)	17 (1)	25,03 (1)

0,35 mm na Asteraceae entomófila *Trixis vauthieri* (Figura 1.1G) e de $25,1 \pm 2,5$ mm na Gesneriaceae *Paliavana sericiflora* (Figura 1.1F; Tabela 1.2).

O número médio de flores abertas por indivíduo por dia variou de 1 ± 0 em *R. cipoana* a 1006 ± 2018 em *Eremanthus erythropappus* e foi significativamente maior nas espécies não-ornitófilas ($p = 0,046$; $N = 50$) (Tabela 1.2).

As características do néctar foram bastante variáveis entre as espécies visitadas (Tabela 1.3). Algumas espécies, como por exemplo, *Gaylussacia brasiliensis* e *Piptolepis leptospermoides* produziram quantidades tão pequenas de néctar que não foi possível medir o volume e a concentração do néctar produzido com o método de coleta utilizado. Dentre as espécies em que foi possível realizar estas medidas, o volume médio do néctar acumulado variou de $0,5 \pm 0$ μ l na entomófila *T. vauthieri* a 260 μ l em *P. aurisetus*, espécie com atributos intermediários entre a síndrome de quiropterofilia e ornitofilia. A concentração média de solutos do néctar variou de $13,7 \pm 0,38\%$ na espécie quiropterófila *Encholirium subsecundum* a $44,6 \pm 4,6\%$ na ornitófila *Neoregelia bahiana* (Figura 1.1D), enquanto a quantidade média de açúcar no néctar variou de $0,11 \pm 0$ mg em *T. vauthieri* a 43,54 mg em *P. aurisetus* (Tabela 1.3). O volume médio do néctar ($p = 0,71$), a concentração média de solutos ($p = 0,67$) e a quantidade total média de açúcar no néctar ($p = 0,48$) foram similares entre as espécies ornitófilas e não-ornitófilas (Tabela 1.3).

Sazonalidade

A maioria das espécies de plantas visitadas pelos beija-flores (69%) apresentou fenologia de floração anual ou supra-anual com duração intermediária de um a cinco meses (*sensu* Newstrom *et al.* 1994), sendo que sete destas espécies que floresceram em apenas um mês, possivelmente apresentaram o padrão de floração anual ou supra-anual com duração breve (*sensu* Newstrom *et al.* 1994). As demais espécies apresentaram fenologia de floração anual contínua com períodos de floração superiores a cinco meses (Figura 1.2). Dentre as espécies com maiores períodos de floração destacam-se as ornitófilas *Hololepis pedunculata*, *Nematanthus strigillosus* (Figura 1.1C) e *Stachytarpheta mexiae* (Figura 1.1E) e as não-ornitófilas *L. roseus* e *P. leptospermoides* com flores disponíveis ao longo de praticamente o ano todo (Figura 1.2).

Durante todos os meses houve recurso ornitófilo e não-ornitófilo disponível aos beija-flores. No primeiro ano de estudo, maior número de espécies floridas foi registrado entre março e julho de 2008 e no segundo ano, entre março e maio de 2009 (Figura 1.2). O número de espécies floridas por mês diferiu entre as fitofisionomias amostradas (ANOVA: $F_{2,69} =$

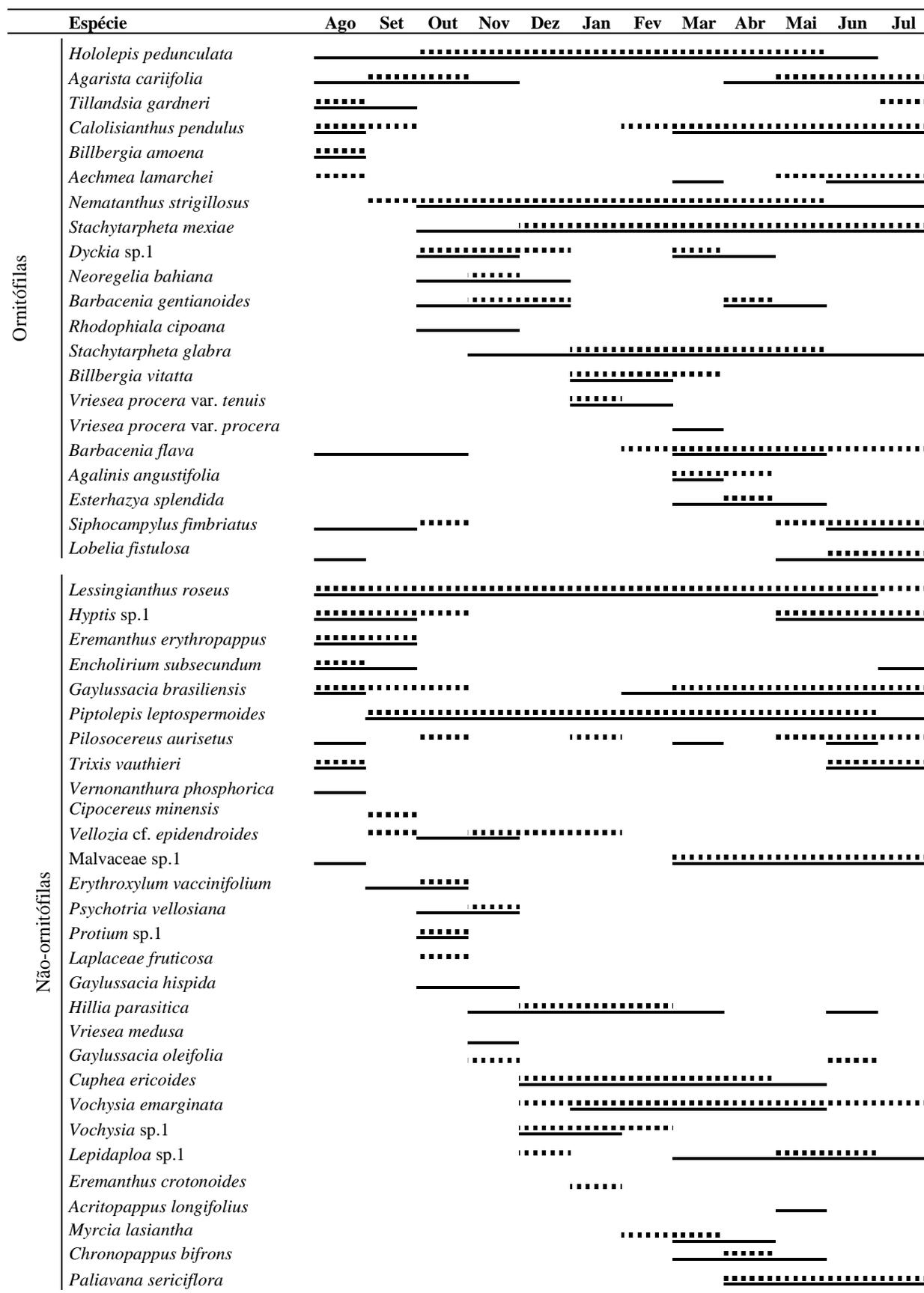


Figura 1.2. Fenologia de floração das espécies de plantas visitadas pelos beija-flores ao longo do primeiro (agosto de 2007 a julho de 2008, linhas pontilhadas) e do segundo ano (agosto de 2008 a julho de 2009, linhas contínuas) de estudo no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

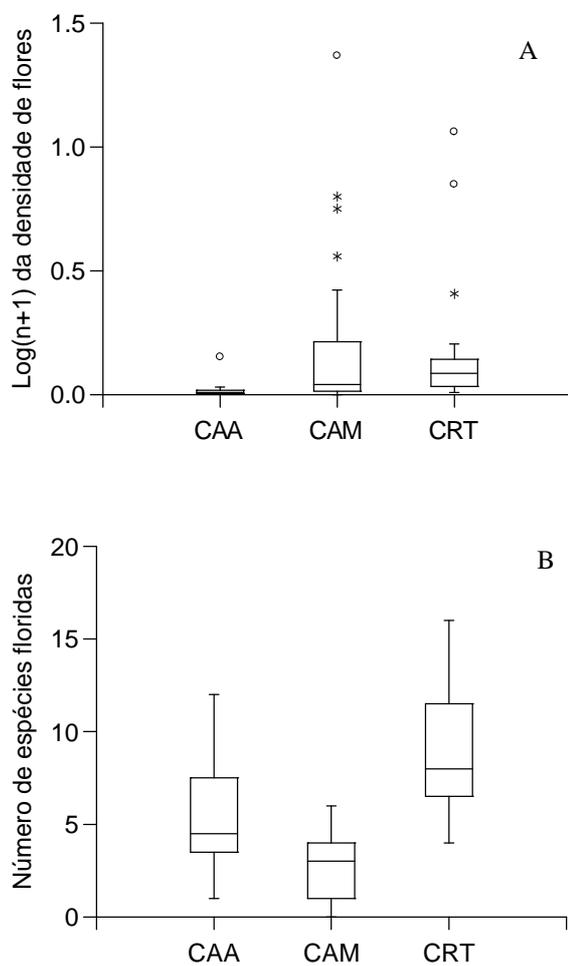


Figura 1.3. Box plot do número total de espécies floridas por mês (A) e $\log(n+1)$ da densidade total de flores por mês ao longo do período de estudo nos campos abertos (CAA), nos capões de mata (CAM) e nos campos rupestres típicos (CRT) amostrados no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

30,492; $p < 0,001$), sendo maior nos CRT ($9 \pm 3,3$; $N = 24$) que nos CAM ($2,7 \pm 1,6$; $N = 24$; $p = 0,000$) e CAA ($5,6 \pm 3$; N ; $p = 0,000$) e maior nos CAA que nos CAM ($p = 0,02$) (Figura 1.3A).

A densidade de flores ornitófilas e não-ornitófilas foi similar ($U = 220$; $p = 0,161$), sendo as maiores densidades de flores ornitófilas registradas de janeiro a abril e agosto de 2008 e de fevereiro a março de 2009, enquanto as maiores densidades de flores não-ornitófilas foram registradas em agosto de 2007 e agosto e outubro de 2008 (Figura 1.4). A densidade total de flores diferiu entre as fitofisionomias amostradas (ANOVA: $F_{2,69} = 3,921$; $p = 0,024$), sendo maior nos CAM ($0,28 \pm 3,41$; $N = 24$) que nos CAA ($0,017 \pm 0,03$; $N = 24$; $p = 0,025$) e similar entre CRT ($0,165 \pm 0,259$; $N = 24$) e CAM ($p = 0,815$), bem como entre CRT e CAA ($p = 0,105$) (Figura 1.3B).

Visitas dos beija-flores

Apesar de 13 espécies de beija-flores terem sido registradas no AP durante o período de estudo (veja Capítulo II), apenas seis espécies foram registradas visitando flores nesta localidade. Destas, cinco espécies pertencem à subfamília Trochilinae: *Augastes scutatus* (Temminck, 1824), *Campylopterus largipennis* (Boddaert, 1783), *Colibri serrirostris* (Vieillot, 1816), *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1812) e *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788) e uma espécie pertence à subfamília Phaethornithinae: *Phaethornis pretrei* (Lesson & Delattre, 1839).

Apenas a espécie esfingófila *Hillia parasitica* foi visitada sempre de forma ilegítima e somente por machos de *A. scutatus*. Este beija-flor visitou, também, de forma ilegítima, as flores de *Paliavana sericiflora*. Visitas ilegítimas foram registradas também nas espécies ornitófilas *Agalinis angustifolia* ($N = 13$, 50% das visitas) e *N. strigillosus* ($N = 13$, 12% das visitas) visitadas por machos e fêmeas de *A. scutatus*. Todas as visitas ilegítimas foram realizadas através de orifícios feitos na base da corola das flores e de botões, no caso de *P. sericiflora*.

A maioria das espécies de plantas (78%) foi visitada por apenas uma ou duas espécies de beija-flores. A espécie de planta visitada pelo maior número de espécies de beija-flores foi a ornitófila *H. pedunculata* (Tabela 1.2). A frequência de visitas dos beija-flores às flores foi similar entre as espécies ornitófilas e não-ornitófilas ($U = 4851$, $p = 0,191$; $N = 208$). *Lobelia fistulosa* foi a espécie ornitófila com maior frequência média de visitas ($0,02 \pm 0,016$ fl flores visitadas.min⁻¹.flores observadas⁻¹, $N = 8$), enquanto *P. aurisetus* foi a espécie não-ornitófila

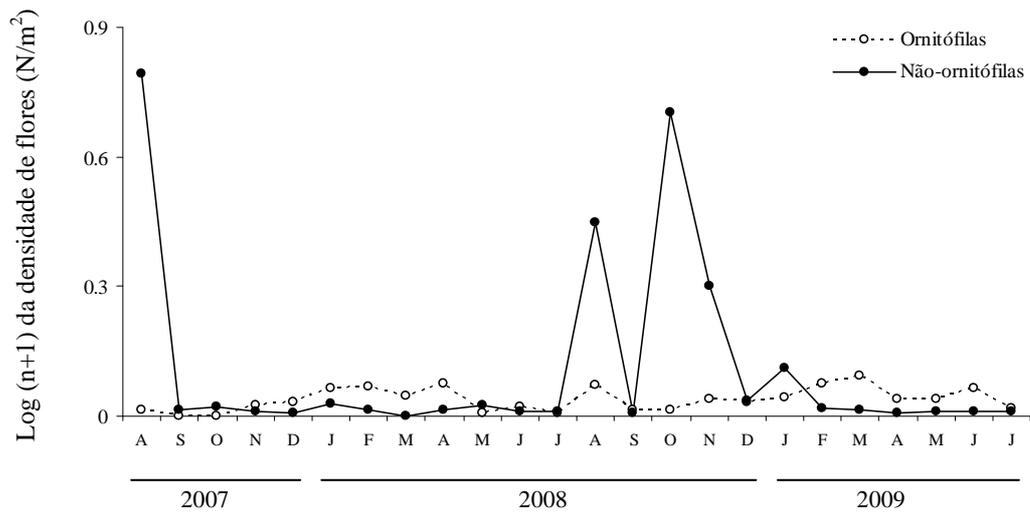


Figura 1.4. Log (n+1) da densidade de flores ornitófilas e não-ornitófilas (N/m²) ao longo do período de estudo no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

com maior frequência média de visitas ($0,035 \pm 0,022$ flores visitadas.min⁻¹.flores observadas⁻¹, N = 6) (veja Tabela 1.2).

Os beija-flores normalmente visitaram as flores em linhas-de-captura (*sensu* Feinsinger & Colwell 1978), ou seja, deslocaram-se pela área em busca de recursos, realizando visitas em intervalos que variaram de 10 a 30 min e não apresentaram comportamento de defesa de territórios nas manchas de recursos visitadas. Somente machos de *A. scutatus* foram observados defendendo territórios nos CRT. Normalmente, os machos desta espécie foram registrados sempre nas mesmas áreas e quando outro beija-flor (geralmente outro macho de *A. scutatus*) se aproximava era expulso pelo beija-flor residente. A área defendida possuía sempre três ou mais espécies de plantas floridas ao mesmo tempo.

O número de turnos de visitas dos beija-flores aumentou com o número de flores abertas por indivíduo observado (ANCOVA: $F_{1,213} = 47,520$; $p = 0.00$). Entretanto, o número de turnos de visitas não variou entre as espécies ornitófilas e não-ornitófilas (ANCOVA: $F_{1,213} = 1,938$; $p = 0.165$) (Figura 1.5).

Das interações agonísticas registradas entre os beija-flores do AP (N = 49), a maioria (75,5%) foi observada entre machos de *A. scutatus*. Este beija-flor deslocou, também, fêmeas de *A. scutatus* (N = 4) e foi deslocado, uma vez por *C. largipennis* e uma vez por *C. serrirostris*. Além disso, uma interação agonística foi observada entre fêmeas de *A. scutatus*, uma entre fêmeas de *C. lucidus* e três entre indivíduos de *C. serrirostris*. *Phaethornis pretrei* foi deslocado uma vez por fêmeas de *C. lucidus*.

Discussão

Riqueza e composição das espécies de plantas visitadas pelos beija-flores

A riqueza de espécies vegetais visitadas pelos beija-flores no Alto do Palácio é similar a registrada em estudos realizados ao longo de pelo menos um ano em área de Floresta Atlântica (50 espécies - Araujo 1996) e em seis localidades de campos rupestres na porção sul da Cadeia do Espinhaço (53 espécies - Vasconcelos & Lombardi 2001). Entretanto, é superior a registrada em área de campo rupestre na porção norte da Cadeia do Espinhaço (36 espécies - Machado *et al.* 2007), o que pode está relacionado ao maior número de fitofisionomias amostradas no AP, bem como às diferenças florísticas entre o AP (área sobre influência da Floresta Atlântica) e a área estudada por Machado *et al.* (2007) (área sobre influência da Caatinga), e é superior também ao registrado em área de cerrado (14 espécies - Rodrigues & Araujo 2011), em capões do Pantanal sul (21 espécies - Araujo & Sazima 2003) e em área de

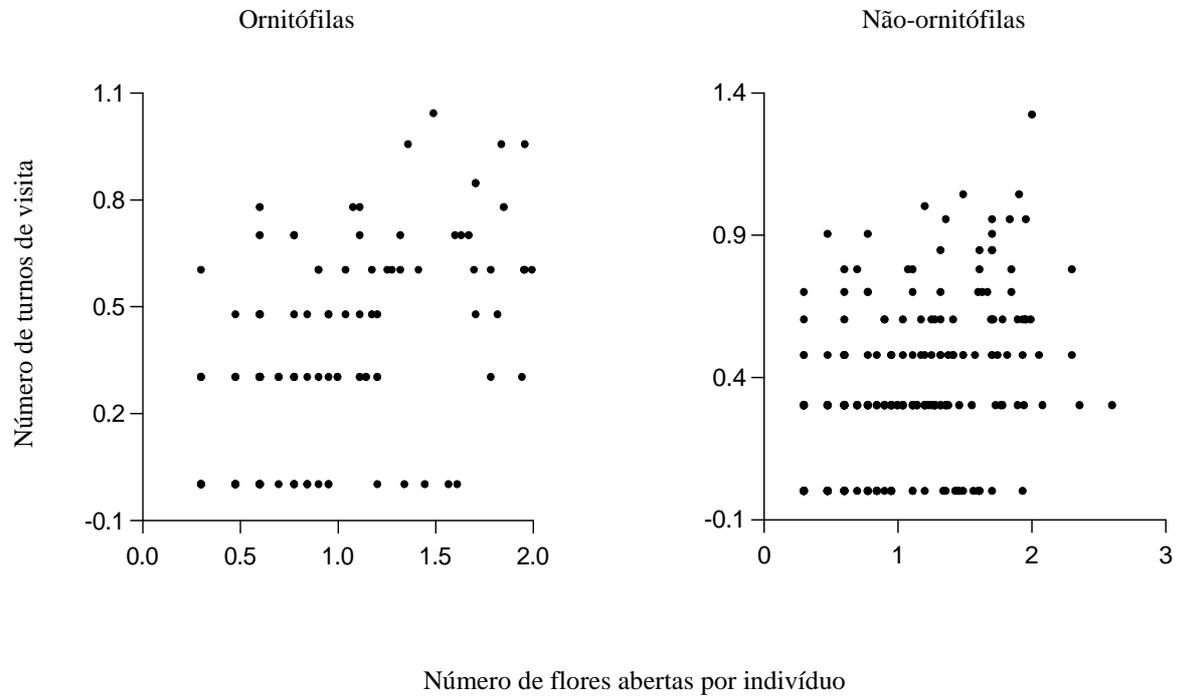


Figura 1.5. Log(n+1) do número de turnos de visita em relação ao log(n+1) do número de flores abertas por indivíduo observado das espécies ornitófilas e não-ornitófilas visitadas pelos beija-flores no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

caatinga (29 espécies - Machado 2009), ambientes com clima mais sazonais que o AP. Além disso, a riqueza de espécies vegetais visitadas pelos beija-flores no AP é superior, também, ao registrado em área de campo rupestre degradado no sul da Cadeia do Espinhaço (10 espécies - Vasconcelos & Lombardi 1999), o que deve estar relacionado ao fato dos campos rupestres do AP estarem em uma área protegida e, em excelente estado de conservação, abrigo inúmeras espécies vegetais muitas das quais endêmicas e/ou ameaçadas, enquanto na área de campo rupestre estudada por Vasconcelos & Lombardi (1999), muitas espécies de plantas podem ter sido extintas devido à degradação da área, causada pela mineração.

Além disso, o número de espécies ornitófilas registrado no AP também foi maior que o registrado em áreas de Cerrado (seis espécies - Rodrigues & Araujo 2011 e cinco espécies - Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988), no Pantanal sul (seis espécies - Araujo & Sazima 2003), na Caatinga (12 espécies - Machado 2009) e em campo rupestre da porção norte da Cadeia do Espinhaço (14 espécies - Machado *et al.* 2007). O maior número de espécies ornitófilas registrado no AP, quando comparado a estes ambientes, provavelmente se deve ao fato desta região estar sob a influência da vegetação de Floresta Atlântica e, por isso, representar uma área de campo rupestre úmido. Além disso, a polinização por beija-flores frequentemente prevalece em ambientes com alta elevação (Cruden 1972, Stiles 1978, Dalsgaard *et al.* 2009), devido, sobretudo, à fisiologia endotérmica dos beija-flores, o que possibilita a permanência desses polinizadores em períodos de frio em altas altitudes (Cruden 1972).

A proporção de espécies não-ornitófilas (63,9%) visitadas pelos beija-flores no AP é similar à registrada em estudos realizados ao longo de pelo menos um ano, com amostragens mensais, em Floresta Atlântica (50% - Araujo 1996), capões do Pantanal (71% - Araujo & Sazima 2003), Cerrado (60,7% - Rodrigues & Araujo 2011) e em campos rupestres da porção norte da Cadeia do Espinhaço (62,2% - Machado *et al.* 2007). A alta proporção de espécies não-ornitófilas visitadas pelos beija-flores demonstra o alto grau de generalismo destas aves quanto aos recursos utilizados (Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011) e sua alta capacidade exploratória e de memorização (Pike 1978). Tais características permitem a este grupo de aves localizar e utilizar recursos com características muitas vezes inconspícuas e não adaptados a polinização por beija-flores.

A maior riqueza de espécies vegetais visitadas pelos beija-flores registrada no CRT parece estar relacionada à complexidade vegetacional desta fitofisionomia. O CRT possui complexidade vegetacional intermediária entre CAM e CAA (veja Área de estudo, página 5), além de apresentar afloramentos rochosos, o que possibilita a ocorrência de plantas de

diversas famílias, como Velloziaceae, Amarylidaceae, Cactaceae, Bromeliaceae, Asteraceae, Ericaceae, Orchidaceae, dentre outras (Rapiini *et al.* 2008), muitas das quais (como, por exemplo, Amarylidaceae, Cactaceae, Bromeliaceae, Ericaceae e Orchidaceae) tipicamente ornitófilas, que são exclusivas a esta fitofisionomia, além de plantas que ocorrem também nos CAM ou nos CAA. Entretanto, apesar do número total de espécies vegetais visitadas pelos beija-flores e do número de espécies floridas mensalmente ter sido maior no CRT, a densidade de flores foi maior nos CAM. A fitofisionomia florestal densa dos CAM (veja Área de estudo, página 5) possibilita uma maior estratificação vertical com a presença, sobretudo, de espécies ornitófilas epifíticas. Esse fato, juntamente à menor extensão de área de CAM amostrada, foram os fatores responsáveis pela maior densidade de flores registrada nesta fitofisionomia.

O CAM é a mais fechada e úmida das fitofisionomias amostradas e abriga a maior proporção de espécies ornitófilas, sobretudo bromélias epifíticas, enquanto os CAA constituem a fitofisionomia mais aberta e seca (veja Área de estudo, página 5), abrigando a menor proporção de espécies ornitófilas. Portanto, as diferenças encontradas na proporção de espécies ornitófilas e não-ornitófilas entre as fitofisionomias refletem diferenças na sua composição florística (Rapini *et al.* 2008) relacionadas à fatores biogeográficos, edáficos, bem como a umidade em cada um destes locais.

As famílias com maior número de espécies visitadas pelos beija-flores no AP foram Bromeliaceae e Asteraceae. Normalmente em locais com clima menos sazonal, como a Floresta Atlântica (Snow & Snow 1986, Araujo 1996, Rocca-de-Andrade 2006) e floresta úmida do Caribe (Stiles 1978), Bromeliaceae é a família com maior número de espécies visitadas pelos beija-flores (veja mais em Rodrigues & Araujo 2011). A região do AP está sob influência da Floresta Atlântica e, apesar de possuir um clima bastante sazonal, a umidade relativa do ar varia pouco ao longo do ano (Madeira & Fernandes 1999, veja Área de estudo), o que provavelmente favorece a presença de representantes da família Bromeliaceae.

Apesar da família Asteraceae normalmente ser pouco ou não utilizada como recurso alimentar pelos beija-flores em outros locais como Floresta Atlântica (Snow & Teixeira 1982, Snow & Snow 1986, Araujo 1996, Rocca-de-Andrade 2006), Pantanal (Araujo & Sazima 2003) e Cerrado (Rodrigues & Araujo 2011), nos campos rupestres da porção sul da Cadeia do Espinhaço esta família é bastante utilizada, principalmente pelo beija-flor endêmico da região *A. scutatus* (Vasconcelos & Lombardi 2001 e este estudo). Asteraceae é uma das famílias mais representativas em muitas localidades de campos rupestres na Cadeia do Espinhaço, sendo a mais rica em número de espécies na Serra do Cipó (Giulietti *et al.* 1987).

Além disso, no AP as espécies de Asteraceae visitadas pelos beija-flores normalmente disponibilizam grande quantidade de flores abertas por indivíduo por dia e muitas delas produzem flores ao longo de praticamente o ano todo. Tais características favorecem o uso de recursos florais desta família pelos beija-flores, principalmente por *A. scutatus*, no AP.

Características das plantas visitadas pelos beija-flores

Em ambientes florestais o hábito das espécies visitadas com maior frequência pelos beija-flores parece estar relacionado à sazonalidade de cada local (Rodrigues & Araujo 2011). Em locais com clima menos sazonal as espécies visitadas com maior frequência pelos beija-flores são epífitas (Snow & Snow 1986, Araujo 1996, Rocca-de-Andrade 2006), enquanto em locais com clima mais sazonais, lianas e árvores são as espécies visitadas com maior frequência pelos beija-flores (Arizmendi & Ornelas 1990, Araujo & Sazima 2003, Machado 1999, Rodrigues & Araujo 2011). Entretanto, nos campos rupestres do AP, a alta porcentagem de espécies arbustivas e herbáceas visitadas pelos beija-flores está associada muito mais aos tipos de fitofisionomias encontradas neste local, principalmente CAA e CRT, o que reduz o número de substratos e/ou condições de umidade e luminosidade para o estabelecimento de espécies arbóreas, lianas e epífitas.

Os beija-flores do AP visitaram flores normalmente com corolas tubulares, porém com grandes amplitudes de comprimento e abertura de corola, assim como o registrado em outros estudos (Vasconcelos & Lombardi 2001, Rocca-de-Andrade 2006, Rodrigues & Araujo 2011). Tal característica parece estar relacionada à alta porcentagem de flores não-ornitófilas visitadas, bem como aos diferentes comprimentos de bicos dos beija-flores registrados no AP (veja Capítulo II).

A utilização de flores de cores pálidas pelos beija-flores no AP mais uma vez corrobora a idéia de que estas aves possuem alta capacidade de memorização (Pike 1978), sendo capazes de associar outras cores além de cores vivas, tais como o vermelho, o amarelo e o lilás como fontes de néctar. Além disso, assim como registrado em outros estudos (Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011), as características de volume total, concentração de solutos e a quantidade de mg de açúcar no néctar foram similares entre as espécies ornitófilas e não-ornitófilas visitadas. Portanto, os beija-flores do AP também visitam espécies não-ornitófilas de coloração pálida ou não, com valores energéticos similares aos das espécies ornitófilas.

Sazonalidade

Assim como registrado em outras áreas (*e.g.* Vasconcelos & Lombardi 1999, Araujo & Sazima 2003, Rocca-de-Andrade 2006, Machado *et al.* 2007), no AP houve sucessão e sobreposição de floradas entre as espécies de plantas visitadas pelos beija-flores. Desta forma, existe recurso floral disponível para estas aves ao longo do ano, o que possibilita a manutenção de espécies de beija-flores residentes no AP (veja Capítulo II). A residência dos beija-flores, por sua vez, garante vantagem reprodutiva às plantas, que contam com a presença contínua dos beija-flores polinizadores na área.

Apesar da densidade de flores ter sido similar entre as plantas ornitófilas e não-ornitófilas, as maiores densidades de flores ornitófilas normalmente foram registradas entre janeiro e abril, o que provavelmente está relacionado com a estação chuvosa, característica comum a espécies ornitófilas em outras áreas (Sazima *et al.* 1996, Araujo 1996, Buzato *et al.* 2000, Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011). Entretanto, as maiores densidades de flores não-ornitófilas foram registradas em agosto e outubro e, maior número de espécies de plantas floridas visitadas pelos beija-flores foi registrado no fim da estação chuvosa e início da estação seca.

Visitas dos beija-flores

Com exceção de *H. parasítica*, que foi visitada sempre de forma ilegítima por *A. scutatus*, durante as visitas às demais espécies tanto ornitófilas, quanto não-ornitófilas, os beija-flores contataram as estruturas reprodutivas das flores, podendo, desta forma, atuar como polinizadores. Além disso, durante as observações focais, a maioria das espécies não-ornitófilas foi pouco ou até mesmo não visitada por outros grupos de polinizadores. Portanto, os beija-flores do AP, principalmente *A. scutatus*, responsável pelo maior número de espécies não-ornitófilas visitadas (veja Capítulo II), provavelmente estão atuando como polinizadores efetivos de muitas espécies não-ornitófilas, assim como sugerido em outros estudos (Arizmendi & Ornelas 1990, Araujo 1996, Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011). Entretanto, estudos mais detalhados sobre a eficiência dos beija-flores na transferência do pólen nestas espécies não-ornitófilas são necessários e podem ajudar a atestar que a polinização por beija-flores nas comunidades neotropicais ainda é subestimada e restrita às comunidades de plantas ornitófilas (Machado *et al.* 2007).

A similaridade na frequência de visitas dos beija-flores a flores ornitófilas e não-ornitófilas no AP pode ser explicada pelo alto número de flores abertas por indivíduo por dia nas espécies melitófilas e entomófilas (Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011) e,

no caso das espécies de síndrome intermediária entre quiropterofilia e ornitofilia, aos altos valores energéticos do néctar oferecido no fim e início do dia por estas flores. Além disso, espécies com síndrome intermediária entre quiropterofilia e ornitofilia parecem ser comuns nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (8% do total de plantas visitadas neste estudo, 12% nos campos rupestres da porção norte da Cadeia do Espinhaço - Machado *et al.* 2007) quando comparados a outras áreas como Floresta Atlântica (nenhuma espécie - Rocca-de-Andrade 2006), capões do Pantanal sul (nenhuma espécie - Araujo & Sazima 2003) e Cerrado (nenhuma espécie - Rodrigues & Araujo 2011).

Apesar de, em outras áreas de campos rupestres, várias espécies de beija-flores serem comumente observadas defendendo territórios alimentares (Vasconcelos & Lombardi 2001, Jacobi & Antonini 2008), no AP machos de *Augastes scutatus* foram os únicos beija-flores observados defendendo territórios, sendo os que apresentaram maior número de interações agonísticas. Contudo, os territórios de *A. scutatus* observados podem ser decorrentes não da quantidade de recursos florais disponíveis na área, mas da defesa de território por beija-flores residentes durante o período reprodutivo de *A. scutatus* (veja Capítulo V). Os beija-flores da subfamília Trochilinae muitas vezes adotam a estratégia de forrageamento territorialista (*sensu* Feinsinger & Cowell 1978) e podem modificar sua estratégia de forrageamento de acordo com a quantidade de flores disponível (Feinsinger 1976, Feinsinger & Colwell 1978, Stiles 1981, Rodrigues & Araujo 2011). Entretanto, no AP os recursos florais geralmente, encontram-se dispersos na área e, quando concentrados, normalmente pertencem a plantas que possuem grande número de flores, porém, produzem baixas quantidades de volume, concentração e mg de açúcar no néctar, como, por exemplo, representantes da família Asteraceae. Desta forma, é pouco vantajoso aos beija-flores adotarem a estratégia de forrageamento territorialista. Contudo, o aumento do número de flores abertas por indivíduo focal por dia torna o recurso floral mais atrativo levando ao aumento do número de turnos de visita dos beija-flores às plantas observadas, independentemente de sua categoria (ornitófila ou não-ornitófila), padrão semelhante ao registrado por Rodrigues & Araujo (2011) em área de Cerrado.

Conclusão

Apesar de inicialmente alguns autores considerarem os campos rupestres como uma porção do Cerrado (Eiten 1992, Silva 1995, 1998), este estudo demonstra que a comunidade de plantas visitadas pelos beija-flores nos campos rupestres do AP, com relação à riqueza de espécies e ao número de espécies ornitófilas visitadas, se assemelha mais às comunidades da

Floresta Atlântica (Araujo 1996, Buzato *et al.* 2000, Rocca-de-Andrade 2006) do que as comunidades do Cerrado (Rodrigues & Araujo 2011, Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988) e mesmo a comunidade da porção norte da Cadeia do Espinhaço (Machado *et al.* 2007). Suportando, assim, a idéia de Vasconcelos & Lombardi (2001), de que os campos rupestres são um tipo de vegetação à parte do Cerrado, ocorrendo em uma zona de contato entre o Cerrado, a Floresta Atlântica e a Caatinga. Portanto, as semelhanças da comunidade de plantas visitadas pelos beija-flores nos campos rupestres do AP com as comunidades da Floresta Atlântica, se devem ao fato da região do AP estar sob influência da vegetação da Floresta Atlântica. Entretanto, estudos como este em outras áreas de campos rupestres, tanto sob a influência da vegetação da Floresta Atlântica quanto do Cerrado e de Caatinga são necessários para confirmar esta hipótese.

Além disso, a comunidade de plantas visitadas pelos beija-flores no AP é composta por diversas espécies endêmicas dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço, algumas das quais (oito espécies) classificadas em categorias de ameaça (Ministério do Meio Ambiente 2008, Lista das espécies ameaçadas de extinção de Minas Gerais 2007), constituindo, assim, uma comunidade única e ameaçada. O beija-flor responsável pelo maior número de espécies de plantas visitadas nesta comunidade também é restrito a Cadeia do Espinhaço (porção centro-sul) (Vasconcelos 2008) e classificado como espécie quase-ameaçada (BirdLife International 2010). Portanto, é de fundamental importância a conservação dos campos rupestres para a manutenção das espécies que compõem esta comunidade.

CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DOS RECURSOS FLORAIS E DA FITOFISIONOMIA SOBRE A COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE BEIJA-FLORES EM UMA ÁREA DE CAMPO RUPESTRE, SUDESTE DO BRASIL

Introdução

A riqueza em espécies e a abundância de indivíduos em comunidades de aves podem variar espacial e temporalmente (Malizilia 2001), devido a processos populacionais (nascimentos e mortes) e a movimentos individuais dentro e entre habitats (Loiselle & Blake 1991, Poulin *et al.* 1993). Os movimentos individuais podem ocorrer de acordo com a variação na abundância de recursos, estrutura do habitat, condições climáticas e competição (Montgomerie & Gass 1981, Wiens 1989, Malizilia 2001). Os recursos alimentares afetam o padrão de distribuição de muitas aves (Levey 1988, Loiselle & Blake 1991, Malizilia 2001). Por exemplo, as taxas de captura de aves frugívoras têm sido positivamente correlacionadas com a disponibilidade de frutos, sugerindo que a distribuição e a abundância de recursos alimentares influenciam a movimentação das aves (Loiselle & Blake 1991).

Os beija-flores são aves altamente dependentes do néctar e possuem altos requerimentos energéticos (Diamond *et al.* 1986). Desta forma, a disponibilidade de flores pode fazer com que os beija-flores se movimentem dentro e entre habitats em busca destes recursos (Montgomerie & Gass 1981).

A diversidade e a composição de espécies de beija-flores podem variar entre biomas devido a mudanças nas condições climáticas, como precipitação e temperatura (Abrahamczyk & Kessler 2010). Localmente, a comunidade de beija-flores tende a responder à variação na disponibilidade de recursos, havendo uma relação positiva entre a abundância e/ou diversidade de recursos alimentares e a abundância e/ou diversidade de beija-flores (Feinsinger 1976, Des Granges 1979, Montgomerie & Gass 1981, Stiles 1985, Malizilia 2001, Cotton 2007). Entretanto, com exceção do estudo de Montgomerie & Gass (1981), que verificaram que o número de beija-flores é positivamente correlacionado com a energia diária disponível, nenhum estudo realizado, até o momento, verificou a influência da disponibilidade energética de recursos florais, bem como da pluviosidade e do tipo de ambiente sob a composição de espécies de beija-flores.

O presente estudo tem como objetivos: (1) conhecer a riqueza e a composição de espécies de beija-flores em duas fitofisionomias de campo rupestre (campo rupestre típico e capão de mata) no Parque Nacional da Serra do Cipó; (2) verificar se existe algum padrão sazonal para a ocorrência destas espécies e (3) testar a hipótese de que a composição de espécies de beija-flores responde à variação na disponibilidade de recursos florais, ao tipo de ambiente e à sazonalidade (definida aqui pela pluviosidade e pelo período de amostragem).

Material e Métodos

Este estudo foi desenvolvido no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó, no município de Morro do Pilar, Minas Gerais (para descrição da área de estudo veja item Área de Estudo na página 5). Os dados foram coletados mensalmente, de agosto de 2007 a julho de 2009 (exceto dezembro de 2008 que, devido às constantes chuvas, não foi possível realizar coletas), em campanhas de quatro a seis dias de duração.

Para verificar a riqueza e a composição de espécies de beija-flores mensalmente em uma área de CRT e em dois CAM, foram montadas 10 redes de neblina (12 x 2,6 m, malha 25 mm) durante duas manhãs de coleta (uma manhã para cada fitofisionomia). Como os CAA são áreas muito abertas, o que facilita a percepção das redes de captura pelos beija-flores, e como os beija-flores parecem utilizar este ambiente somente como área de passagem entre os CRT e CAM, eventualmente visitando espécies floridas neste ambiente (L.C. Rodrigues, pers. obs.), optou-se por não realizar a amostragem com redes de neblina nos CAA.

As redes de neblina foram levantadas ao amanhecer (por volta das 0600 h EST) permanecendo abertas por seis horas consecutivas, sendo checadas a cada 30 min. Os beija-flores capturados foram identificados, quando necessário, com o auxílio de guias ilustrados (Grantsau 1988, Sigrist 2007) e anilhados. Em seguida, foram tomadas medidas morfológicas (massa corporal, comprimento total, comprimento da asa, comprimento da cauda e comprimento do bico). Adicionalmente, como forma de registrar espécies que porventura não fossem capturadas nas redes de neblina e para registrar as visitas dos beija-flores às flores, foram feitas caminhadas (avistamentos) no início do período da manhã em 1800 m de trilhas, sendo 1200 m nos CAA e 600 m nos CRT. A cada 100 m, durante 5 min foi realizado um ponto de observação (modificado de Feinsinger 1976). Nos CAM, mensalmente, foram feitas caminhadas no entorno de duas áreas de CAM (com área total de 230 m² e 170 m²), e em cada CAM foi realizado um ponto de observação com duração de 5 min. Todos os beija-flores avistados durante o percurso e nos pontos de observação foram registrados (Araujo 1996).

Os beija-flores foram categorizados como residentes, se registrados ao longo do ano todo no AP (mesmo que não registrados em até dois meses consecutivos), ou como não-residentes se não registrados em três ou mais meses consecutivos (modificado de Machado 2009).

O registro das espécies vegetais visitadas pelos beija-flores foi realizado através de observação direta ou com auxílio de binóculos ao percorrer as trilhas onde foi feito o avistamento dos beija-flores. Além disso, foram conduzidas observações focais mensais (com

duração mínima de 40 min e máxima de 180 min) para cada espécie em flor utilizada pelos beija-flores ou que produzisse néctar e cuja morfologia possibilitasse a visitação por estas aves. Indivíduos floridos de mais fácil acesso, maior abundância de flores e próximos a outras plantas em flor que também pudessem ser visitadas foram priorizados (Rocca-de-Andrade 2006). As observações foram realizadas em diferentes horários da antese, principalmente entre 06:00 h e 11:00 h e entre 15:00 h e 18:00 h.

A quantidade de recurso floral disponível aos beija-flores foi registrada mensalmente nas mesmas trilhas onde foram realizados os avistamentos. O número de flores de todos os indivíduos floridos ao longo das trilhas e em uma faixa de 10 m de largura no CRT (totalizando 6000 m²) foi registrado. Nas duas CAM a amostragem foi feita através de caminhadas sistemáticas na borda e no interior de modo a amostrar toda a área deste ambiente (400 m²).

Para quantificar o volume e a concentração do néctar, botões e flores (no caso de flores que duram mais que um dia) foram ensacados no dia anterior e medidos entre 10:00 e 13:00 h do dia seguinte. O volume do néctar foi medido com o auxílio de microseringa e a concentração de solutos, com o auxílio de refratômetro manual Atago 0-32% (Galetto & Bernardello 2005). O número amostral idealizado foi de 20 flores de ao menos três indivíduos diferentes, porém, limitações intrínsecas de cada espécie (como densidade de indivíduos na área de estudo e/ou plantas que produzem apenas uma flor a cada dois ou três dias), além de limitações de campo, tornaram os tamanhos amostrais variados. Para estimar o valor energético do néctar, as medidas de volume e concentração do néctar foram transformadas em mg total de açúcar no néctar de acordo com Galetto & Bernardello (2005).

A densidade de recurso (DR) ornitófilo e não-ornitófilo disponível por mês para os beija-flores em cada uma das áreas amostradas foi calculada conforme a equação:

$$DR = \frac{\sum (F_x \cdot N_x)}{A}$$

Onde: F = número total de flores abertas por dia; N = quantidade total média de mg de açúcar no néctar; x = planta visitada e A = tamanho da área amostrada (m²) em cada um dos ambientes.

A pluviosidade total foi medida mensalmente *in situ* a partir de um pluviômetro localizado na sede do PNSC do AP.

Análises dos dados

Beija-flores com dimorfismo sexual evidente foram tratados separadamente nas análises. Meses em que em um ambiente foram registrados menos de três indivíduos de beija-flores foram excluídos da análise, bem como espécies de beija-flores que ocorreram em menos de três meses nos dois ambientes.

A quantidade de recurso floral disponível aos beija-flores foi representada pela proporção de recursos ornitófilos (que é inversamente proporcional à de recursos não-ornitófilos), calculada mensalmente para cada um dos ambientes utilizando-se a densidade de recursos. Análises de correlação de Pearson foram realizadas para verificar se existiu relação entre a densidade de recursos (ornitófilos e não-ornitófilos) e a pluviosidade.

Um gradiente representativo da estrutura da comunidade de beija-flores, baseada na composição de espécies (espécies que compõem as amostras e abundância relativa das espécies), foi obtido pela ordenação das amostras. Estas ordenações foram feitas a partir de matrizes de abundâncias relativas das espécies (Ferreira 1997). O índice de dissimilaridade de Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957) foi usado para obter as matrizes de associação para posterior aplicação do método de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). Para decidir quantas dimensões as ordenações teriam, usou-se a proporção de variância explicada (“ r^2 ”) nos valores das distâncias originais na matriz de associação por aqueles derivados da ordenação para uma, duas ou três dimensões (e.g. Azevedo-Ramos *et al.* 1999). A partir da comparação dos valores r^2 optou-se pelas ordenações em três dimensões.

O efeito das variáveis fitofisionomia, quantidade de recurso disponível, pluviosidade e período da amostragem (mês) foi testado sobre a composição das espécies de beija-flores nos ambientes amostrados por análise de covariância multivariada (estatística Traço de Pillai - *Pillai Trace*). As análises foram feitas com o software “R” 2.9.1 (R Development Core Team 2009).

Resultados

Durante o período de estudo foram registradas 12 espécies de beija-flores no AP (Figura 2.1 e 2.2). Além desses beija-flores, machos de *Thalurania furcata* (Gmelin, 1788) foram registrados em CAM (Daniel Dias com. pessoal) e o Phaethornithinae *Phaethornis eurynome* (Lesson, 1832) em uma grande área de CAM não amostrada neste estudo. Com exceção de *Heliomaster squamosus* (Temminck, 1823), machos de *T. glaucopis* (Gmelin, 1788) e fêmeas de *Thalurania* sp., que ocorreram somente nos CAM, as demais espécies

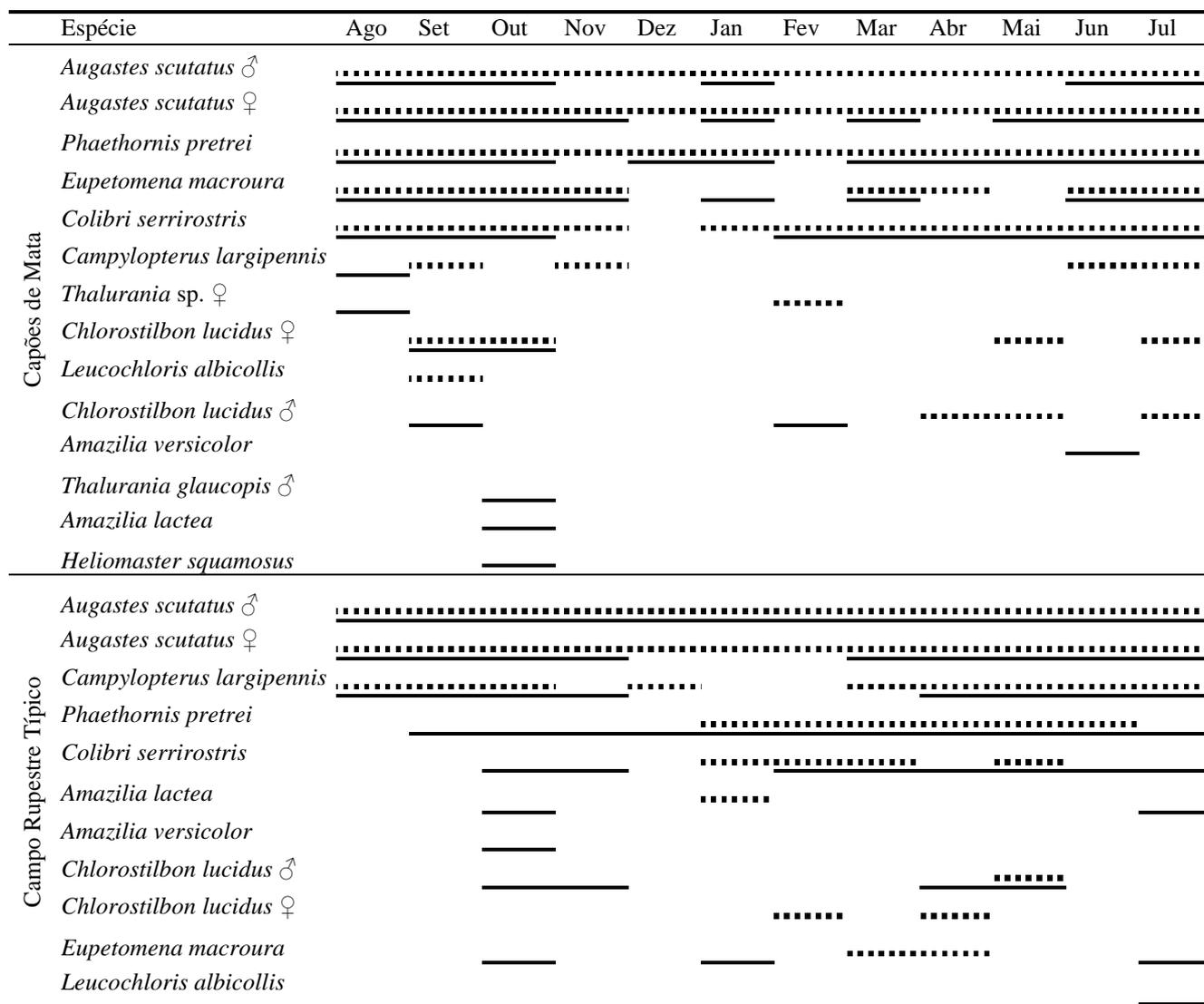


Figura 2.1. Espécies de beija-flores registradas ao longo do primeiro ano de estudo (agosto de 2007 a julho de 2008, linhas pontilhadas) e do segundo ano (agosto de 2008 a julho de 2009, linhas contínuas) nos capões de mata e campo rupestre típico no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.



Figura 2.2. Espécies de beija-flores registradas no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. A, macho de *Augastes scutatus* (foto: Guilherme Freitas); B, fêmea de *Augastes scutatus*; C, *Campylopterus largipennis*; D, *Colibri serrirostris*; E, macho de *Chlorostilbon lucidus*; F, *Phaethornis pretrei* visitando a ornitófila de corola longa *Lobelia fistulosa*; G, *Leucochloris albicollis* e H, *Amazilia versicolor*.

registradas neste estudo foram comuns aos dois ambientes estudados (Figura 2.1).

Foram capturados e anilhados 195 indivíduos de beija-flores pertencentes a 11 espécies (Figura 2.3) nas duas fitofisionomias amostradas, sendo 114 indivíduos capturados no CRT e 81 indivíduos nos CAM. *Augastes scutatus* (Temminck, 1824) foi a espécie com maior número de indivíduos capturados (N = 107; machos = 66, fêmeas = 38 e 3 indivíduos de sexo indeterminado), sendo 76 indivíduos capturados na fitofisionomia de CRT (machos = 46 e fêmeas = 27) e 31 nos CAM (machos = 20 e fêmeas = 11), enquanto *Amazilia versicolor* (Vieillot, 1818) (Figura 2.2H) e *Leucochloris albicollis* (Vieillot, 1818) (Figura 2.2 G) foram as espécies com menor número (N = 2 para cada espécie) de indivíduos capturados (Figura 2.3). Com exceção de machos e fêmeas de *A. scutatus* (Figura 2.2A e B) e *Campylopterus largipennis* (Boddaert, 1783) (Figura 2.2C) que foram mais frequentes no CRT, os demais beija-flores foram mais frequentes nos CAM ou tiveram frequências similares entre as fitofisionomias amostradas (Figura 2.3). Três espécies de beija-flores foram registradas ao longo de praticamente todo o período de estudo e consideradas como residentes no AP, sendo elas: *A. scutatus*, *Colibri serrirostris* (Vieillot, 1816) (Figura 2.2D) e *Phaethornis pretrei* (Lesson & Delattre, 1839) (Figura 2.1 e 2.2F).

A variação em composição de espécies de beija-flores no CRT e nos CAM foi representada pela ordenação por NMDS em três dimensões ($r^2 = 0,89$). A comunidade de beija-flores diferiu entre os ambientes amostrados ($p < 0,01$, Tabela 2.1), principalmente devido às abundâncias relativas de machos de *A. scutatus* que estiveram negativamente relacionadas com a dimensão 1 da ordenação por NMDS ($r = -0,96$, Tabela 2.2). Machos de *A. scutatus* foram mais abundantes no CRT do que nos CAM, ao longo do período de estudo (Figura 2.4). *Phaethornis pretrei* também foi importante para a separação das amostras do CRT e CAM (Tabela 2.2), de modo que onde machos de *A. scutatus* foram abundantes, *P. pretrei* não foi. Padrão semelhante foi encontrado entre fêmeas de *A. scutatus* e *C. serrirostris* (Figura 2.4), porém, com relação à dimensão 2 que não separa bem os ambientes (Tabela 2.2). Os demais beija-flores tiveram contribuição pequena ($r < 0,5$, Tabela 2.2) para a separação das amostras de CRT e CAM.

Considerando-se as duas fitofisionomias estudadas, o maior número de espécies de beija-flores (N = 10) foi registrado em outubro de 2008 (Figura 2.1) e o maior número de capturas foi registrado em agosto (N = 22) e setembro (N = 19) de 2007 e outubro de 2008 (N = 20), períodos de baixa pluviosidade (Figura 2.5). Entretanto, a composição de espécies de beija-flores não variou com o período amostral e nem com a pluviosidade (Tabela 2.1).

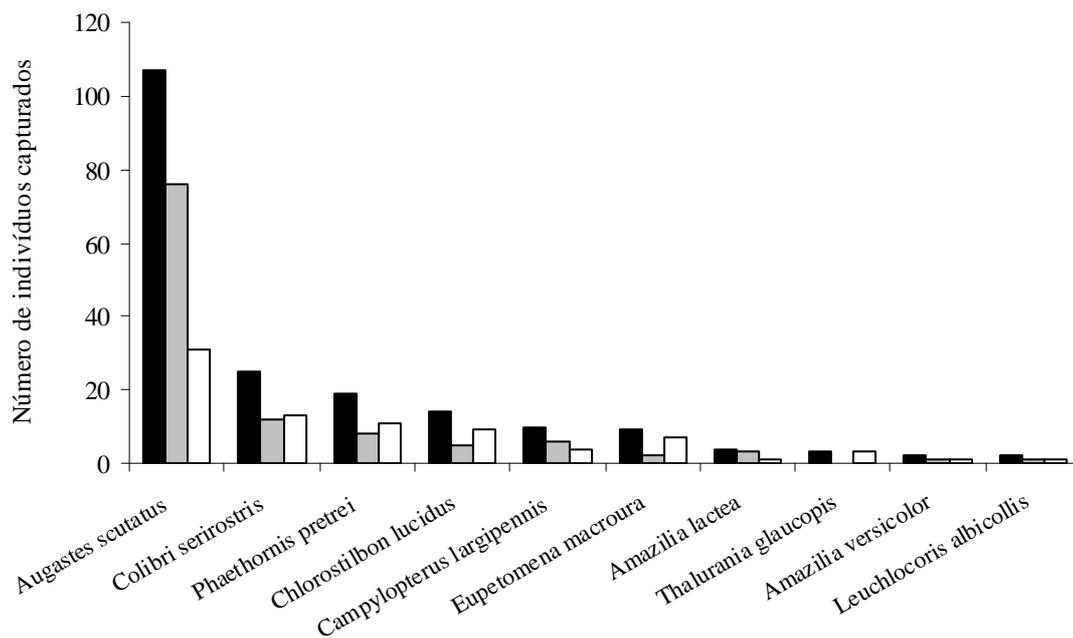


Figura 2.3. Número total (barras pretas) de beija-flores capturados por espécie e número de beija-flores capturados no campo rupestre típico (barras cinzas) e capões de mata (barras vazias) no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Tabela 2.1. Resultados da análise de covariância multivariada ($gl = 3$ e 31) para explicar a variação em composição de espécies de beija-flores em 22 meses de coletas em campo rupestre típico e capões de mata, no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. A composição de espécies foi representada pela ordenação das amostras em três dimensões por escalonamento multidimensional não métrico.

Fonte de variação	Traço de Pillai	<i>F</i>	<i>P</i>
Período de estudo (mês)	0,21	2,82	0,06
Fitofisionomia	0,34	5,21	<0,01
Pluviosidade	0,08	0,94	0,43
Recurso ornitófilo	0,23	3,15	0,04

Tabela 2.2. Correlações entre as abundâncias relativas das espécies de beija-flores (separadas por sexo para espécies com dimorfismo sexual evidente) com as três dimensões da ordenação das amostras por escalonamento multidimensional não métrico. Em negrito, valores absolutos maiores que 0,5.

Beija-flor	Dimensões NMDS		
	1	2	3
<i>Augastes scutatus</i> ♂	-0,96	-0,05	-0,15
<i>Phaethornis pretrei</i>	0,58	-0,09	-0,74
<i>Augastes scutatus</i> ♀	0,27	0,85	0,16
<i>Colibri serrirostris</i>	0,32	-0,75	0,40
<i>Eupetomena macroura</i>	0,49	-0,28	0,16
<i>Chlorostilbon lucidus</i> ♂	0,21	0,36	0,10
<i>Campylopterus largipennis</i>	-0,19	0,01	0,09
<i>Chlorostilbon lucidus</i> ♀	0,10	0,29	0,23
<i>Amazilia lactea</i>	0,02	-0,10	0,35

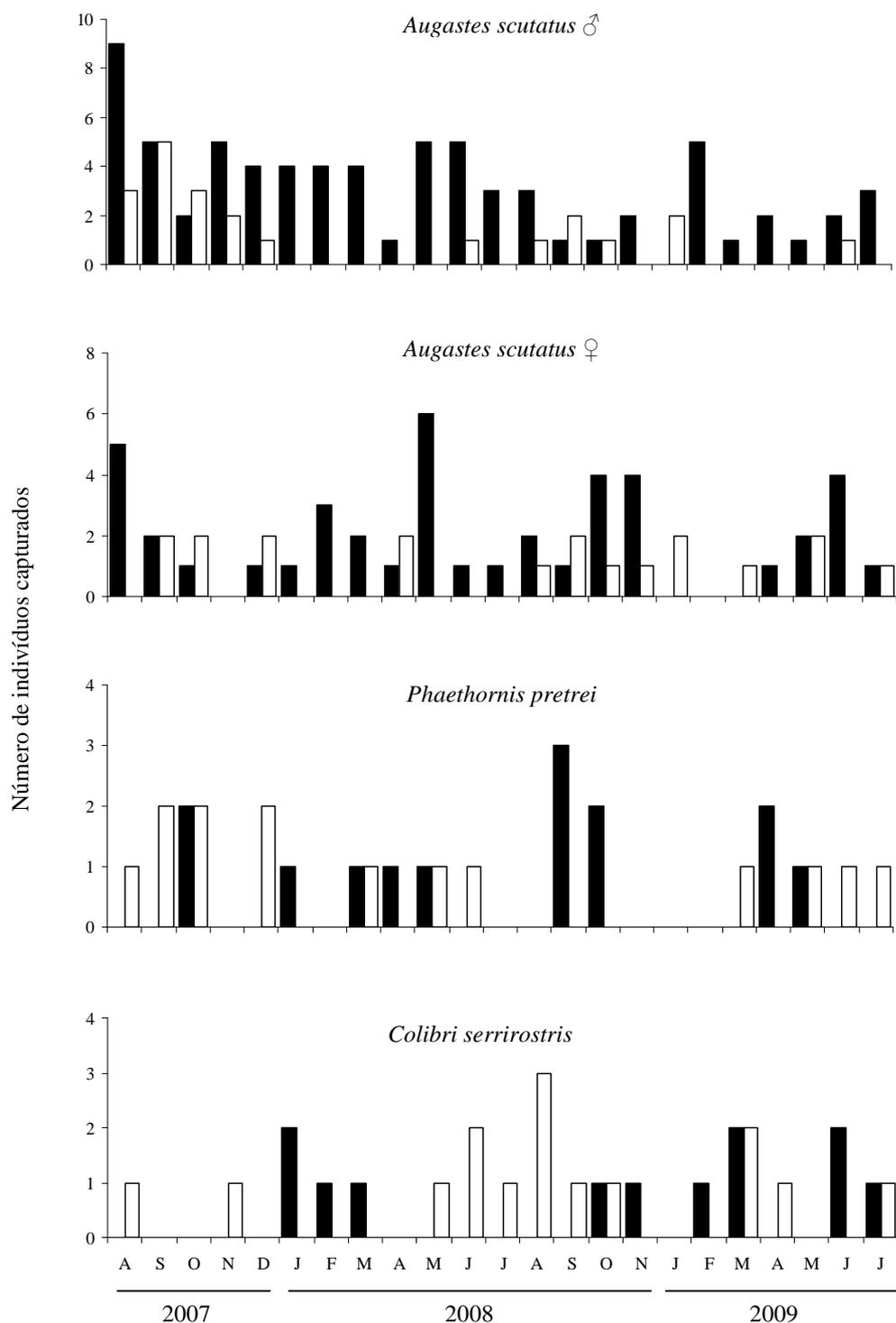


Figura 2.4. Número de indivíduos capturados por mês no campo rupestre típico (barras cheias) e nos capões de mata (barras vazias) das espécies mais abundantes e que influenciaram a separação das amostras entre as fitofisionomias no NMDS.

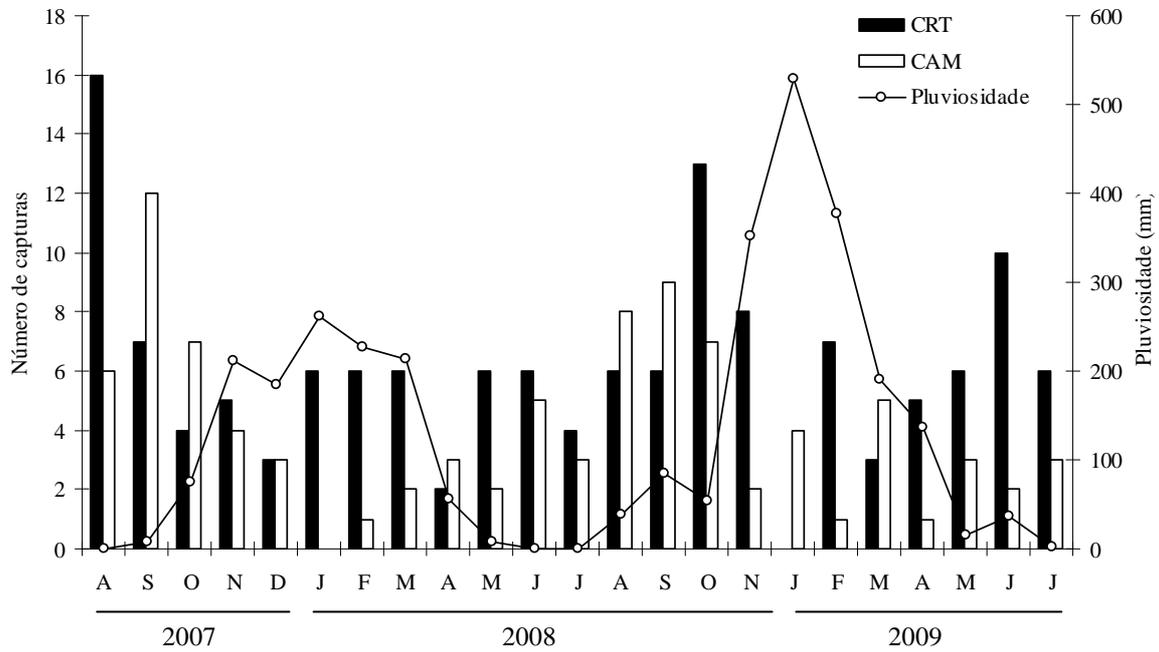


Figura 2.5. Pluviosidade e número de indivíduos de beija-flores capturados ao longo do período de estudo no campo rupestre típico (CRT) e nos capões de mata (CAM) do Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Foram registradas visitas dos beija-flores a 51 espécies vegetais, considerando-se subespécies e variedades separadamente, sendo 43% destas espécies (N = 22) ornitófilas e 57% (N = 29) não-ornitófilas (veja Capítulo I). A área de CRT apresentou maior número de espécies visitadas (N = 38, sendo 42% de espécies ornitófilas e 58% de não-ornitófilas), seguida pelos CAA (N = 18, sendo 39% de espécies ornitófilas e 61% de não-ornitófilas) e CAM (N = 17, sendo 47% de espécies ornitófilas e 53% de não-ornitófilas).

Machos e fêmeas de *A. scutatus* visitaram o maior número de espécies vegetais (N = 29 e N = 20, respectivamente) e a maior proporção de espécies não-ornitófilas (machos = 76% e fêmeas = 60%), enquanto *P. pretrei* visitou a maior proporção de espécies ornitófilas (82%, Tabela 2.3, Figura 2.2F). Beija-flores com comprimentos de bico maiores visitaram maior proporção de espécies ornitófilas (Tabela 2.3), sendo encontrada uma correlação positiva entre o comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento da corola das flores visitadas legitimamente por eles ($r = 0,7$; $p < 0,0001$) (Figura 2.6).

A densidade de recursos ornitófilos não esteve correlacionada à pluviosidade ($p = 0,1$ no CRT e $p = 0,09$ nos CAM), bem como a densidade de recursos não-ornitófilos ($p = 0,78$ no CRT e $p = 0,21$ nos CAM) (Tabela 2.4). Entretanto, a proporção de recursos ornitófilos explicou a variação na composição de espécies de beija-flores (Tabela 2.1), ou seja, com a variação na proporção de recursos ornitófilos, variam as espécies de beija-flores que ocorrem em cada amostra.

Discussão

A riqueza de espécies de beija-flores registradas no AP, bem como o número de espécies de beija-flores residentes foi superior ao registrado em estudos realizados ao longo de pelo menos um ano com amostragens mensais em capões do Pantanal (Araujo & Sazima 2003), em área de cerrado (Rodrigues & Araujo 2011), em área de campo rupestre na vertente oeste da porção sul da Cadeia do Espinhaço (Vasconcelos & Lombardi 1999) e nos campos rupestres da porção norte da Cadeia do Espinhaço (Machado *et al.* 2007). Entretanto, foi similar ao registrado em algumas áreas de Floresta Atlântica (Araujo 1996, Rocca-de-Andrade 2006) e na Amazônia Colombiana (Rosero-Lasprilla 2003).

Tabela 2.3. Medidas de massa corporal, comprimento total, comprimento da asa, comprimento da cauda e comprimento do bico de beija-flores capturados em campo rupestre típico e capões de mata e número e porcentagem de plantas ornitófilas e não-ornitófilas visitadas pelos beija-flores no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Espécie	Massa (g)	Comprimento total (mm)	Asa (mm)	Cauda (mm)	Bico (mm)	Número (porcentagem) de plantas visitadas	
						Ornitófilas	Não-ornitófilas
<i>Amazilia lactea</i>	3,9 ± 0,3 (4)	88,0 ± 2,9 (4)	50,5 ± 2,1 (4)	32,2 ± 0,5 (4)	18,9 ± 1,0 (4)	-	-
<i>Amazilia versicolor</i>	3,9 ± 0,7 (2)	79,5 ± 9,1 (2)	45,0 ± 4,2 (2)	30,5 ± 0,7 (2)	18,6 ± 1,3 (2)	-	-
<i>Augastes scutatus</i> ♂	3,5 ± 0,2 (41)	89,4 ± 4,0 (43)	52,8 ± 2,6 (44)	34,0 ± 2,1 (43)	18,5 ± 1,6 (44)	7 (24,2)	22 (75,8)
<i>Augastes scutatus</i> ♀	3,2 ± 0,2 (28)	87,3 ± 3,2 (27)	51,1 ± 2,4 (27)	32,2 ± 2,4 (27)	17,2 ± 0,7 (27)	8 (40)	12 (60)
<i>Campylopterus largipennis</i>	8,5 ± 0,9 (9)	131,6 ± 4,5 (9)	77,6 ± 3,6 (9)	55,0 ± 2,1 (8)	30,6 ± 3,5 (9)	9 (69)	4 (31)
<i>Chlorostilbon lucidus</i> ♀	3,3 ± 0,3 (6)	86,5 ± 2,8 (6)	50,0 ± 4,2 (6)	31,6 ± 1,3 (6)	17,7 ± 2,1 (7)	3 (50)	3 (50)
<i>Chlorostilbon lucidus</i> ♂	3,2 ± 0,1 (6)	83,8 ± 6,3 (6)	46,0 ± 5,1 (6)	33,9 ± 8,1 (6)	17,6 ± 0,9 (6)	-	1 (100)
<i>Colibri serrirostris</i>	6,0 ± 0,7 (24)	113,1 ± 8,8 (24)	69,5 ± 7,9 (24)	45,0 ± 2,4 (24)	23,6 ± 1,4 (24)	6 (75)	2 (25)
<i>Eupetomena macroura</i>	7,8 ± 0,8 (8)	146,2 ± 12,2 (8)	70,0 ± 4,0 (8)	78,4 ± 7,8 (8)	22,5 ± 1,3 (8)	3 (75)	1 (25)
<i>Leucochloris albicollis</i>	5,9 ± 0,5 (2)	101,0 ± 11,3 (2)	57,7 ± 0,4 (2)	34,5 ± 0,7 (2)	24,4 ± 0,2 (2)	-	-
<i>Heliomaster squamosus</i>	6 (1)	118,0 (1)	57 (1)	37 (1)	32 (1)	-	-
<i>Phaethornis pretrei</i>	5,2 ± 0,4 (18)	159,0 ± 8,1 (17)	59,3 ± 1,8 (18)	77,7 ± 2,8 (17)	34,4 ± 1,9 (18)	9 (82)	2 (18)
<i>Thalurania glaucopis</i> ♂	4,4 (1)	105,0 (1)	57,0 (1)	44,0 (1)	20,5 (1)	-	-

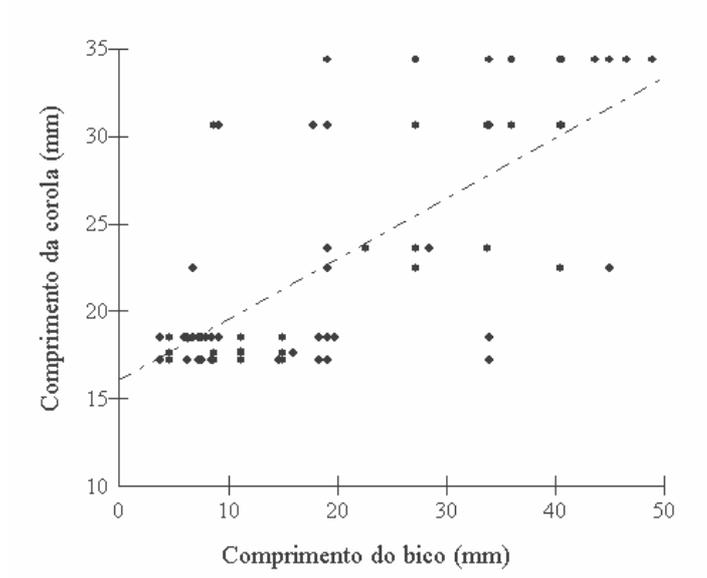


Figura 2.6. Relação entre o comprimento efetivo da corola das flores visitadas e o comprimento do bico dos beija-flores do Alto do Palácio.

Tabela 2.4. Pluviosidade (mm) e densidade energética (mg de açúcar/m²) de recursos ornitófilos e não-ornitófilos ao longo do período de estudo no campo rupestre típico (CRT) e nos capões de mata (CAM) no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Mês	Pluviosidade	Densidade de recurso			
		Ornitófilo		Não-Ornitófilo	
		CAM	CRT	CAM	CRT
Ago/07	0,00	0,036	0,000	3,455	1,733
Set/07	7,25	0,000	0,004	0,000	0,035
Out/07	74,75	0,000	0,001	< 0,001	< 0,001
Nov/07	212,50	0,000	0,060	0,000	0,024
Dez/07	185,25	0,035	0,038	0,000	0,011
Jan/08	261,25	0,139	0,018	< 0,001	0,047
Fev/08	227,00	0,030	0,022	0,000	0,030
Mar/08	213,25	0,100	0,078	0,004	0,001
Abr/08	56,00	0,003	0,077	0,020	0,021
Mai/08	8,00	0,001	0,010	0,004	0,007
Jun/08	0,00	0,001	0,046	0,000	0,003
Jul/08	0,00	0,152	0,015	0,769	0,010
Ago/08	39,00	0,031	0,022	0,014	0,969
Set/08	84,00	0,015	< 0,001	4,037	< 0,001
Out/08	53,75	0,046	0,004	0,981	< 0,001
Nov/08	352,50	0,087	0,047	0,000	0,007
Fev/09	377,15	0,151	0,039	0,000	0,035
Mar/09	190,75	0,174	0,057	0,003	0,016
Abr/09	136,75	0,058	0,029	0,000	0,010
Mai/09	15,25	0,069	0,026	0,000	0,023
Jun/09	36,70	0,010	0,146	0,000	0,013
Jul/09	2,50	0,002	0,032	0,000	0,013

Apesar de o número de espécies de Phaethornitinae ter sido similar ao registrado em algumas áreas de Floresta Atlântica (Araujo 1996, Rocca-de-Andrade 2006), na Amazônia Colombiana (Rosero-Lasprilla 2003) e em capões do Pantanal sul (Araujo & Sazima 2003), o beija-flor *P. eurynome* foi registrado somente em áreas de CAM maiores. Portanto, a presença deste beija-flor está associada à presença de áreas florestadas maiores no AP, ambiente típico das espécies de Phaethornitinae (Stiles 1978, 1981).

Este é o primeiro estudo a demonstrar que, em escala local, a composição de espécies de beija-flores (espécies que compõem as amostras e abundância relativa das espécies) é influenciada pelo tipo de ambiente e pela disponibilidade de recursos florais, mas não pela sazonalidade (pluviosidade e período de amostragem). A comunidade de beija-flores do CRT difere da dos CAM, principalmente devido à abundância relativa das espécies dos beija-flores mais frequentes no AP (machos e fêmeas de *A. scutatus*, *C. serrirostris* e *P. pretrei*) em determinado ambiente (CRT ou CAM). Isso parece refletir a preferência de habitat destas espécies.

Augastes scutatus, o beija-flor mais abundante no AP, e com maior abundância relativa no CRT (tanto machos quanto fêmeas), é uma espécie endêmica da Cadeia do Espinhaço, com distribuição restrita à sua porção centro-meridional (Vasconcelos 2008), ocorrendo somente em altitudes acima de 1000 m (Vasconcelos *et al.* 2008, Vasconcelos 2008). Baseado em observações naturalísticas, Vasconcelos (1999) levantou a hipótese de que *A. scutatus* é mais dependente das espécies de plantas dos campos rupestres típicos. Além disso, esta espécie de beija-flor desapareceu de uma área de CRT degradada na porção sul da Cadeia do Espinhaço, o que pode ter sido decorrente da extinção de algumas espécies vegetais (Vasconcelos e Lombardi 1999). A hipótese de Vasconcelos (1999) é apoiada por este estudo, que registrou visitas deste beija-flor a 23 espécies de plantas que ocorrem nos CRT e somente a 11 que ocorrem nos CAM (veja Capítulo I). Além disso, *A. scutatus* parece preferir os CRT também como local de nidificação. Os poucos registros de ninhos desta espécie ocorreram em áreas de CRT (Vasconcelos *et al.* 2001, Costa & Rodrigues 2007). Além disso, durante o período deste estudo foram encontrados dois ninhos ativos de *A. scutatus* (L.C. Rodrigues, obs. pess.), ambos em área de CRT e confeccionados principalmente com tricomas de *Pilosocereus aurisetus* (Cactaceae), espécie endêmica dos CRT da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais (Zappi & Taylor 2008). Desta forma, *A. scutatus* pode ser considerada como uma espécie altamente adaptada e dependente dos CRT, tanto de recursos florais, quanto de recursos para nidificação.

Phaethornis pretrei foi normalmente mais abundante nos CAM ao longo do período de estudo. Geralmente, os Phaethornitinae são mais frequentes no sub-bosque de áreas fechadas, como matas ciliares (Stiles 1978, 1981; Cotton 1998b). Aparentemente, nos campos rupestres do AP, *P. pretrei* movimenta-se entre os CAM. *Colibri serrirostris* também foi mais abundante nos CAM, o que parece estar relacionado ao comportamento territorialista desta espécie nos CAM. Durante quase todo o período de estudo (agosto e setembro de 2007, janeiro a agosto de 2008 e janeiro a julho de 2009), foi observado, em cada um dos CAM amostradas, um indivíduo de *C. serrirostris* vocalizando em um poleiro. Estes indivíduos deixavam os CAM somente por curtos períodos (de 5 a 30 min), provavelmente, para forragear em áreas adjacentes.

Apesar de os beija-flores mais abundantes nos ambientes amostrados (machos e fêmeas de *A. scutatus*, *P. pretrei* e *C. serrirostris*), serem residentes, ocorrendo ao longo de praticamente todo o ano no AP, a composição de espécies de beija-flores nas fitofisionomias estudadas variou com a disponibilidade energética de recursos florais. Tal fato provavelmente está relacionado à capacidade dos beija-flores em localizarem áreas com maior disponibilidade de recursos (Malizia 2001). Portanto, durante períodos com baixa disponibilidade energética em uma fitofisionomia, indivíduos destas espécies devem mudar localmente de fitofisionomia ou forragear em áreas próximas onde exista uma maior disponibilidade de recursos, assim como registrado em outras comunidades de beija-flores (Wolf *et al.* 1976, Montgomerie & Gass 1981, Kodric-Brown *et al.* 1984, Stiles 1985). Aliado a isso, as espécies de beija-flores registradas no AP utilizaram recursos florais diferentes, o que diminui a competição entre elas.

Assim como registrado em outros estudos (Snow & Snow 1980, Kodric-Brown *et al.* 1984, Sazima *et al.* 1996), houve relação positiva entre o comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento da corola das flores visitadas. Os beija-flores com maiores comprimentos de bico utilizaram maiores proporções de recursos ornitófilos em suas dietas e normalmente, utilizaram flores com maiores comprimentos de corola. Por outro lado, beija-flores com menores comprimentos de bico utilizaram maiores proporções de espécies não-ornitófilas, normalmente utilizando flores com menores comprimentos de corola. Portanto, quando a disponibilidade energética de determinado tipo floral é baixa em uma das fitofisionomias estudadas, os beija-flores devem procurá-lo na outra fitofisionomia ou em áreas próximas, fazendo com que a composição de espécies varie com a variação na densidade energética de recursos florais.

Alguns estudos têm demonstrado que o pico de floração das espécies visitadas por beija-flores concentra-se no fim da estação seca e/ou durante toda a estação chuvosa (Arizmendi & Ornelas 1990, Sazima *et al.* 1996, Araujo & Sazima 2003). Neste estudo, não foi encontrada correlação entre a densidade energética de recursos florais e a pluviosidade. A disponibilidade constante de recursos energéticos para os beija-flores deve favorecer a residência das três espécies de beija-flores mais abundantes no AP. Além disso, a residência destas espécies pode ser um dos fatores que explica a ausência de relação entre a composição de espécies de beija-flores e a pluviosidade, bem como, com o período de amostragem.

Apesar da alta sazonalidade do Alto do Palácio, a composição de espécies de beija-flores não varia com este fator (pluviosidade e período de amostragem). Entretanto, varia com o tipo de fitofisionomia amostrada, sobretudo, devido à preferência de habitat das espécies que compõem a comunidade. Além de variar com a disponibilidade energética de recursos florais, o que está relacionado à capacidade dos beija-flores em localizarem os recursos florais e as diferenças na oferta de recursos ornitófilos e não-ornitófilos nas fitofisionomias estudadas. Estes fatores estão diretamente relacionados ao alto consumo energético dos beija-flores e à preferência por diferentes tipos florais pelas espécies que compõem a comunidade de beija-flores do AP.

CAPÍTULO III

REDE DE INTERAÇÕES ENTRE BEIJA-FLORES E FLORES EM UMA ÁREA DE CAMPO RUPESTRE: ESTRUTURA DA REDE, ASSIMETRIA E CENTRALIDADE DAS ESPÉCIES

Introdução

Recentemente, vários estudos de mutualismo entre plantas e animais têm dado ênfase a análises de rede de interações (*networks*) (Bascompte *et al.* 2003, Aizen *et al.* 2008, Ramos-Jiliberto *et al.* 2009, Genini *et al.* 2010), onde plantas são consideradas como recursos e animais como consumidores (Lewinsohn *et al.* 2006). Estas redes de interação, chamadas redes binárias, onde cada espécie representa um nó, têm sido caracterizadas usando-se métricas e conceitos como grau (número de interações), distribuição do grau, conectância (interações observadas sobre o total de interações possíveis) e aninhamento (Bascompte & Jordano 2007). Muitos estudos têm demonstrado que as redes de interação entre plantas e polinizadores são geralmente aninhadas, com plantas especialistas interagindo com animais generalistas, animais especialistas interagindo com plantas generalistas e grupos de espécies generalistas interagindo entre si, formando, desta forma, um denso grupo de interações, onde poucas espécies podem estar envolvidas em um grande número de interações (Bascompte *et al.* 2003, Bascompte & Jordano 2006, Lewinsohn *et al.* 2006). Portanto, em uma rede aninhada, um grupo de espécies centrais detém a maioria das interações (Bascompte *et al.* 2003). Estudos teóricos têm demonstrado que o aninhamento das redes de interações minimiza a competição e aumenta o número de espécies que podem coexistir (Bastolla *et al.* 2009), além de tornar a comunidade mais robusta a perda de hábitat (Fortuna & Bascompte 2006) e a extinções aleatórias (Memmott *et al.* 2004).

Entretanto, poucos estudos têm verificado quantitativamente o quanto as espécies envolvidas em uma interação na rede dependem uma da outra (Vázquez & Aizen 2004, Vázquez *et al.* 2007, Bascompte *et al.* 2006, Aizen *et al.* 2008). Estes estudos têm mostrado que as dependências entre as espécies são geralmente assimétricas, ou seja, o efeito de uma espécie *i* em uma espécie *j* não corresponde ao efeito recíproco de *j* em *i* (Vázquez *et al.* 2007). Segundo a hipótese de Vázquez *et al.* (2007), se os indivíduos da comunidade interagem aleatoriamente, a abundância das espécies pode determinar a frequência de interações interespecíficas e a força das espécies, resultando em uma estrutura assimétrica. Outra hipótese que pode ser levantada é que o tempo de ocorrência das espécies também pode determinar o número de interações interespecíficas e a força das espécies.

Espécies abundantes, bem como espécies que apresentam um longo período de ocorrência, frequentemente têm contato com indivíduos de muitas outras espécies, muitas das quais são relativamente raras e especializadas (May 1975). Desta forma, é esperado que muitas das interações pareadas na rede de interações sejam assimétricas, tanto em termos de

grau (especialistas interagem com generalistas), quanto de força (especialistas raros têm fraco efeito em generalistas abundantes, mas apresentam forte efeito entre si) (Vázquez *et al.* 2007). Partindo-se deste pressuposto, pode-se levantar a hipótese de que a abundância, bem como o período de ocorrência das espécies influencia a força total que uma espécie exerce sobre todas as outras espécies da rede com as quais interage.

Outro aspecto das redes binárias que recentemente começou a ser estudado é a centralidade das espécies que compõem a rede (Martín González *et al.* 2010, Sazima *et al.* 2010). O conceito de centralidade normalmente está associado a análises de redes sociais, onde índices de centralidade são utilizados para detectar nós centrais (Freeman 1979, Newman 2003). Entretanto, os índices de centralidade podem ser usados, também, para identificar espécies centrais nas redes de interações (Jordano *et al.* 2007, Martín González *et al.* 2010, Sazima *et al.* 2010). Tais índices podem ser utilizados para identificar o nível de generalização das espécies e indicar espécies que possuem importante função como conectoras da rede, indicando, desta forma, espécies chave (Estrada 2007, Martín González *et al.* 2007, Sazima *et al.* 2010). Sazima *et al.* (2010), demonstraram, ainda, que características ecológicas, tais como, categoria trófica e tamanho do corpo, podem influenciar a centralidade das espécies que compõem uma rede mutualística de peixes limpadores, bem mais que a abundância das espécies. Contudo, a influência de tais parâmetros na centralidade das espécies em redes de interações plantas-polinizadores é desconhecida.

Os beija-flores são aves altamente dependentes do néctar e possuem altos requerimentos energéticos (Diamond *et al.* 1986), o que, provavelmente faz com que essas aves constituam o maior grupo de polinizadores vertebrados nos Neotrópicos (Bawa 1990), sendo os responsáveis pela polinização de 2-15% das espécies de angiospermas numa dada comunidade (Feinsinger 1983, Machado & Lopes 2004). Entretanto, algumas vezes, os beija-flores podem agir como pilhadores, visitando as flores sem contatar as partes reprodutivas (Rocca-de-Andrade 2006, Rodrigues & Araujo 2011). Apesar de, durante estas visitas de pilhagem os beija-flores não trazerem vantagens às plantas, essas plantas constituem uma fonte de recurso aos beija-flores. Diversos estudos têm sido realizados com comunidades de beija-flores e as plantas que visitam (e.g. Stiles 1975, Wolf *et al.* 1976, Snow & Snow 1980, Feinsinger *et al.* 1982, Arizmendi & Ornelas 1990, Araujo 1996, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Cotton 1998a, Rosero-Lasprilla 2003, Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011), entretanto poucos têm dado alguma ênfase às análises de redes de interações (Rocca-de-Andrade 2006, Piacentini & Varassin 2007).

Desta forma, os objetivos deste estudo foram: 1) descrever a estrutura da rede de interações entre beija-flores e as flores que visitam em uma área de campo rupestre; 2) verificar se a abundância e o período de ocorrência das espécies influencia o grau, a força e a centralidade das espécies que compõem esta rede de interações e 3) identificar espécies chave nesta rede de interações.

Material e Métodos

Coleta de dados

O estudo foi realizado na região do Alto do Palácio (AP; 19°15'S e 43°31'W), localizada na parte norte do Parque Nacional da Serra do Cipó (PNSC), no município de Morro do Pilar, Minas Gerais, sudeste do Brasil (veja Área de estudo na página 5).

O registro das espécies vegetais visitadas pelos beija-flores foi realizado de agosto de 2007 a julho de 2009, através de observação direta ou com auxílio de binóculo ao percorrer trilhas ao longo da área de estudo. Além disso, foram conduzidas observações focais mensais (com duração mínima de 40 minutos e máxima de 180 min) para cada espécie em flor utilizada pelos beija-flores ou que produzisse néctar e cuja morfologia possibilitasse a visitação por estas aves. Indivíduos floridos de mais fácil acesso, maior abundância de flores e próximos a outras plantas em flor, que também pudessem ser visitadas, foram priorizados (*cf.* Rocca-de-Andrade 2006). As observações foram realizadas em diferentes horários da antese, principalmente entre 0600 e 1100 h e entre 1500 e 1800 h, horários de maior atividade dos beija-flores na área (obs. pess.). Foi realizado um total de 394,3 horas de observações focais ao longo do período de estudo. O tempo total de observação por espécie variou de 1 a 20 horas. Tal variação se deve ao fato de algumas espécies apresentarem períodos de floração curtos (apenas um mês por ano), o que impossibilitou observações em meses subsequentes.

Dados de abundância e período de floração das plantas visitadas pelos beija-flores e de abundância e período de ocorrência dos beija-flores foram registrados conforme protocolo nos capítulos I e II.

Parâmetros qualitativos da rede

Em uma rede mutualística as espécies são tratadas como nós e a interação entre as espécies como ligações (Bascompte & Jordano 2006). Desta forma, a matriz de plantas-beija-flores do Alto do Palácio é representada pela matriz d que descreve a interação entre esses dois grupos, na qual as linhas representam as espécies de plantas (P) e as colunas as espécies

de beija-flores (A). Assim, uma célula $d_{ij} = 1$ se uma espécie de planta i é visitada pelo beija-flor j . A partir desta matriz foi realizada a descrição qualitativa da rede conforme Jordano (1987) e Bascompte & Jordano (2006), utilizando as métricas descritas abaixo:

- tamanho da rede (S), que mede o número de componentes da rede e é dado por $S = P+A$, ou seja, número de espécies de plantas (P) mais de beija-flores (A) que compõem a rede;
- conectância (C), essa métrica é a razão entre o número de interações observadas e o número de interações possíveis, dada por $C = 100.I/A.P$, onde I = número de interações observadas. A conectância é uma medida geral do nível de generalização das espécies que compõem a rede (Jordano 1987);
- distribuição do grau para plantas (L_n) e beija-flores (L_m), que é a forma como as interações se distribuem pelas espécies;
- grau médio para plantas ($\langle L_n \rangle$) e beija-flores ($\langle L_m \rangle$), que é a média do número de interações por espécie tanto para as plantas quanto para beija-flores;
- índice de aninhamento, medido através do N (grau de aninhamento) e do NODF (*Nestedness metric based on Overlap and Decreasing Fill* – Métrica de aninhamento baseada na sobreposição pareada e no número decrescente de conexões). O índice N foi selecionado por ser amplamente utilizado em trabalhos anteriores, sendo útil quando se deseja comparar os dados obtidos no estudo com dados já publicados. O N é definido pela fórmula $N = (100-T)/100$, proposta por Bascompte *et al.* (2003), onde T é a temperatura da rede (Atmar & Patterson 1993). N varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, mais aninhada é a rede.

O NODF foi proposto recentemente por Almeida-Neto *et al.* (2008) e é um índice com propriedades estatísticas mais consistentes (veja Almeida-Neto *et al.* 2008). O valor do NODF varia de 0 a 100 e quanto mais próximo de 100 o NODF de uma rede for, mais aninhada ela é.

A temperatura da matriz (T) e o NODF foram calculados no programa ANINHADO (Guimarães & Guimarães 2006). Este programa possibilita a comparação dos índices de aninhamento encontrados na rede de plantas-beija-flores do AP com os gerados em dois modelos nulos para verificar a significância da métrica de aninhamento. O primeiro modelo nulo (ER) supõe que as presenças são distribuídas aleatoriamente nas células da matriz de interações, ou seja, a chance de ocorrência de interação é a mesma para todas as células da matriz. O segundo modelo (CE) supõe que a probabilidade de ocorrência de interação em uma célula é proporcional ao grau de generalidade da planta e do animal associados a esta célula da matriz.

Considerando-se a hipótese de Vázquez *et al.* (2007) de que, se os indivíduos da comunidade interagem aleatoriamente, a abundância das espécies pode determinar a

frequência de interações interespecíficas e a força das espécies, foi considerado como melhor modelo para testar o aninhamento da presente rede de interações o modelo ER.

O N e o NODF foram calculados para a rede onde plantas foram visitadas tanto de forma legítima quanto ilegítima pelos beija-flores (Rede 1) (veja Capítulo I) e para a rede onde as plantas foram visitadas apenas de forma legítima (Rede 2). Os demais índices foram calculados para a Rede 1 de plantas e beija-flores.

Força de mutualismo e assimetria

A partir das estimativas de frequência de interação foi calculada a força de mutualismo ou dependência mútua de todos os pares de espécies que interagem. A dependência de uma espécie de planta i por uma espécie de beija-flor j (d_{ij}) foi estimada como a frequência de visitas do beija-flor j sobre o total de visitas recebidas pela planta i . Da mesma forma, a dependência de uma espécie de beija-flor j por uma planta i (d_{ji}) foi estimada como a frequência de visitas do beija-flor j à planta i sobre o total de visitas realizadas pelo beija-flor j (veja Bascompte *et al.* 2006, Bascompte & Jordano 2007). Para o cálculo das dependências das plantas pelos beija-flores foram utilizadas somente visitas legítimas e para o cálculo da dependência dos beija-flores pelas plantas foram utilizadas todas as visitas.

A força de mutualismo entre uma espécie de planta i e uma espécie de beija-flor j foi definida como o produto de suas respectivas dependências, dada pela fórmula $AS_{(i, j)} = |d_{ij} - d_{ji}| / \max(d_{ij}, d_{ji})$, proposta por Bascompte *et al.* (2006), onde $\max(d_{ij}, d_{ji})$, se refere ao valor máximo entre d_{ij} e d_{ji} . Valores próximos a zero representam dependências mútuas fortes, ou seja, as forças das espécies envolvidas na interação são simétricas, enquanto valores próximos a 1 representam dependências mútuas fracas, ou seja, as forças das espécies envolvidas na interação são assimétricas.

A força total de uma espécie de planta i é dada como a soma das forças que a espécie de planta i exerce sobre todas as espécies de beija-flores com as quais interage na rede. Da mesma forma, a força total de uma espécie de beija-flor j é a soma das forças que essa espécie de beija-flor exerce sobre todas as espécies de plantas com as quais interage (Bascompte & Jordano 2007).

Para verificar se a força total difere entre as espécies de plantas e beija-flores foi realizado um teste t. Em seguida, foram realizadas análises de regressão para verificar se a abundância relativa e o tempo de ocorrência das espécies influenciam o grau e a força total das espécies. Os dados de abundância relativa, tempo de ocorrência das espécies, grau e força total das espécies foram transformados para $\log(n+1)$. O tempo de ocorrência das espécies de

plantas foi medido como o número de meses em que cada espécie de planta foi registrada em flor na área de estudo. A ocorrência dos beija-flores foi definida como o número de meses em que cada espécie de beija-flor foi registrada no AP.

Centralidade das espécies

Para cada espécie que compõe a Rede 1 de plantas e beija-flores do AP foram calculadas três medidas de centralidade: 1) centralidade de grau (*degree centrality* - DC), 2) centralidade de proximidade (*closeness centrality* - CC) e 3) centralidade de intermedialidade (*betweenness centrality* - BC) com o auxílio do Programa Pajek (<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>).

A DC é a medida do nível de generalização das espécies, sendo calculada como a proporção de interações de uma espécie em relação ao total de interações possíveis na rede. Altos valores de DC indicam espécies generalistas, com muitas interações, enquanto baixos valores de DC indicam espécies com poucas interações, como as espécies especialistas (Martín González *et al.* 2010, Sazima *et al.* 2010).

A CC mede o quanto uma espécie *i* está relacionada a todas as outras espécies da rede (Freeman 1979). Esta medida é baseada na soma das distâncias mais curtas (medida em número de ligações) da espécie *i* a todas as demais espécies (veja equação em Martín González *et al.* 2010). Altos valores de CC indicam espécies que estão próximas a muitas outras espécies na rede (Sazima *et al.* 2010), portanto espécies mais centrais. Em caso de extinção de espécies com altos valores de CC as outras espécies são rapidamente afetadas (Martín González *et al.* 2010).

A BC descreve a importância de um nó, ou seja, de uma espécie como conectora entre diferentes partes da rede (Freeman 1979). A BC de uma espécie *i* é a fração de caminhos mais curtos entre todos os pares de espécies na rede que passam por *i* (Freeman 1979) (veja equação em Martín González *et al.* 2010). Espécies com $BC > 0$ são consideradas como conectoras entre áreas da rede fracamente ou não conectadas, podendo ser consideradas como espécies chave (Martín González *et al.* 2010).

As medidas de centralidade podem ser altamente correlacionadas (Martín González *et al.* 2010). Desta forma, os escores de centralidade foram transformados para $\log(n+1)$ com o intuito de normalizar os dados e análises de correlação de Pearson foram conduzidas para verificar se as medidas de centralidade (DC-CC, DC-BC e CC-BC) são correlacionadas. Devido à alta correlação entre as medidas de centralidade (ver Resultados) e com o intuito de

diminuir a dimensionalidade dos dados foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) com as três medidas de centralidade (Sazima *et al.* 2010).

Para verificar se os escores da PC1 diferem entre as espécies de plantas e beija-flores, foi realizado um teste *t*. Em seguida, foram realizadas análises de regressão para verificar se a abundância relativa e o tempo de ocorrência das espécies influenciam o grau e a centralidade das espécies. Os dados de abundância relativa e tempo de ocorrência das espécies foram transformados para $\log(n+1)$.

Resultados

Estrutura da rede

O tamanho da rede de interações entre beija-flores e plantas no AP foi 59 (S), sendo composta por oito morfotipos de beija-flores (A), considerando-se separadamente machos e fêmeas com dimorfismo sexual evidente, e 51 espécies de plantas (P) (Figura 3.1), considerando-se subespécies e variedades separadamente, destas espécies 43,1% possuem flores com características relacionadas à polinização por beija-flores (veja Capítulo 1). O número de links (I) entre beija-flores e plantas foi de 100, sendo $C = 24,5\%$.

O grau médio para a comunidade de beija-flores ($\langle L_m \rangle$) foi de 12,75, variando de 1 a 30 (Figura 3.2). Apenas machos (Figura 3.3A) e fêmeas (Figura 3.3C e E) de *Augastes scutatus*, *Campylopterus largipennis* e *Phaethornis pretrei* (Figura 3.3B) apresentaram grau maior que o ($\langle L_m \rangle$) e apenas *Chlorostilbon lucidus* macho teve grau igual a 1. Cerca de 54% ($N = 54$) das interações observadas se concentraram em apenas uma espécie de beija-flor (machos e fêmeas de *A. scutatus*), sendo machos de *A. scutatus* os responsáveis pelo maior número de plantas visitadas ($N = 30$) e interações (30%) registradas (Figura 3.1). O grau dos morfotipos de beija-flores foi influenciado tanto pela abundância relativa ($F_{1,6} = 11,772$; $p = 0,01$), quanto pelo tempo de ocorrência dos morfotipos de beija-flores ($F_{1,6} = 12,426$; $p = 0,01$). Quanto maior a abundância relativa e o tempo de ocorrência maior o grau (Figura 3.4).

Por outro lado, o grau das plantas variou de 1 a 6 (Figura 3.2), sendo o grau médio para a comunidade de plantas ($\langle L_n \rangle$) de 1,96. Vinte espécies de plantas (39,2%) foram visitadas apenas por machos de *A. scutatus* e 40% das interações se concentraram em 11 espécies vegetais, sendo *Hololepis pedunculata* a planta visitada pelo maior número de morfotipos de beija-flores ($N = 6$), seguida por *Lobelia fistulosa* (Figura 3.2), *Vochysia emarginata*, *Pilosocereus aurisetus* e *Agalinis angustifolia*, todas visitadas por quatro morfotipos de beija-flores (Figura 3.1). O grau das espécies de plantas foi influenciado pela



Figura 3.1. Rede de interações entre as 51 espécies de plantas que foram observadas sendo visitadas por oito morfotipos de beija-flores nos campos rupestres do Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. Cinza escuro = espécies visitadas de forma legítima pelos beija-flores, cinza claro = espécies visitadas somente de forma ilegítima pelos beija-flores.

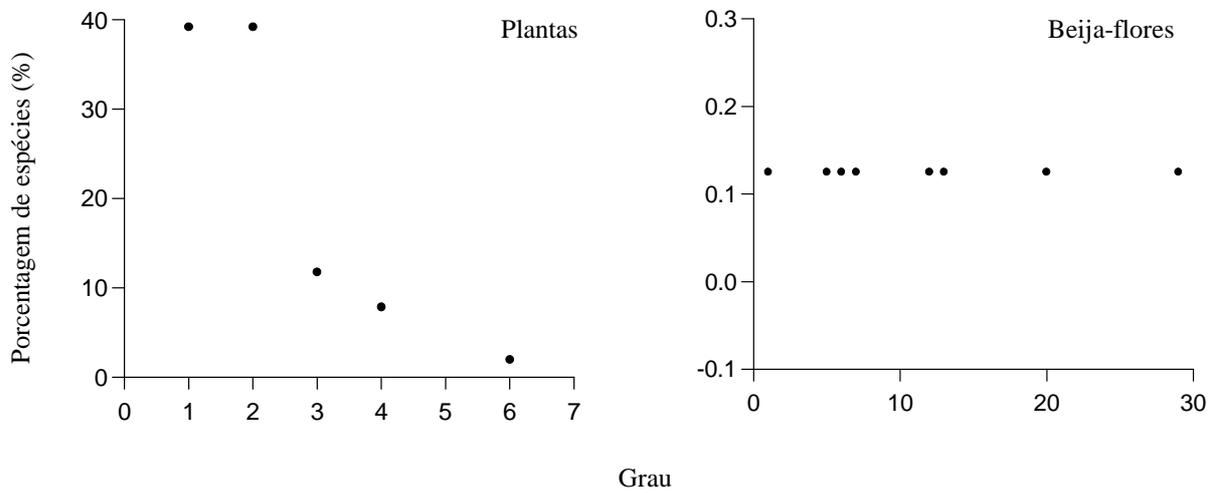


Figura 3.2. Porcentagem de espécies de plantas e beija-flores em cada grau (número de links) registrado na rede de interações entre plantas e beija-flores no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.



Figura 3.3. Espécies de beija-flores e plantas que compõe a rede de interações plantas-beija-flores do Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. A, macho de *Augastes scutatus* visitando *Stachytarpheta glabra* (foto: Guilherme Freitas); B, *Campylopterus largipennis*; D, *Colibri serrirostris* e F, *Phaethornis pretrei* visitando *Lobelia fistulosa*; C e E, fêmea de *Augastes scutatus* visitando, respectivamente, *Eremanthus erythropappus* e *Nematanthus strigillosus*.

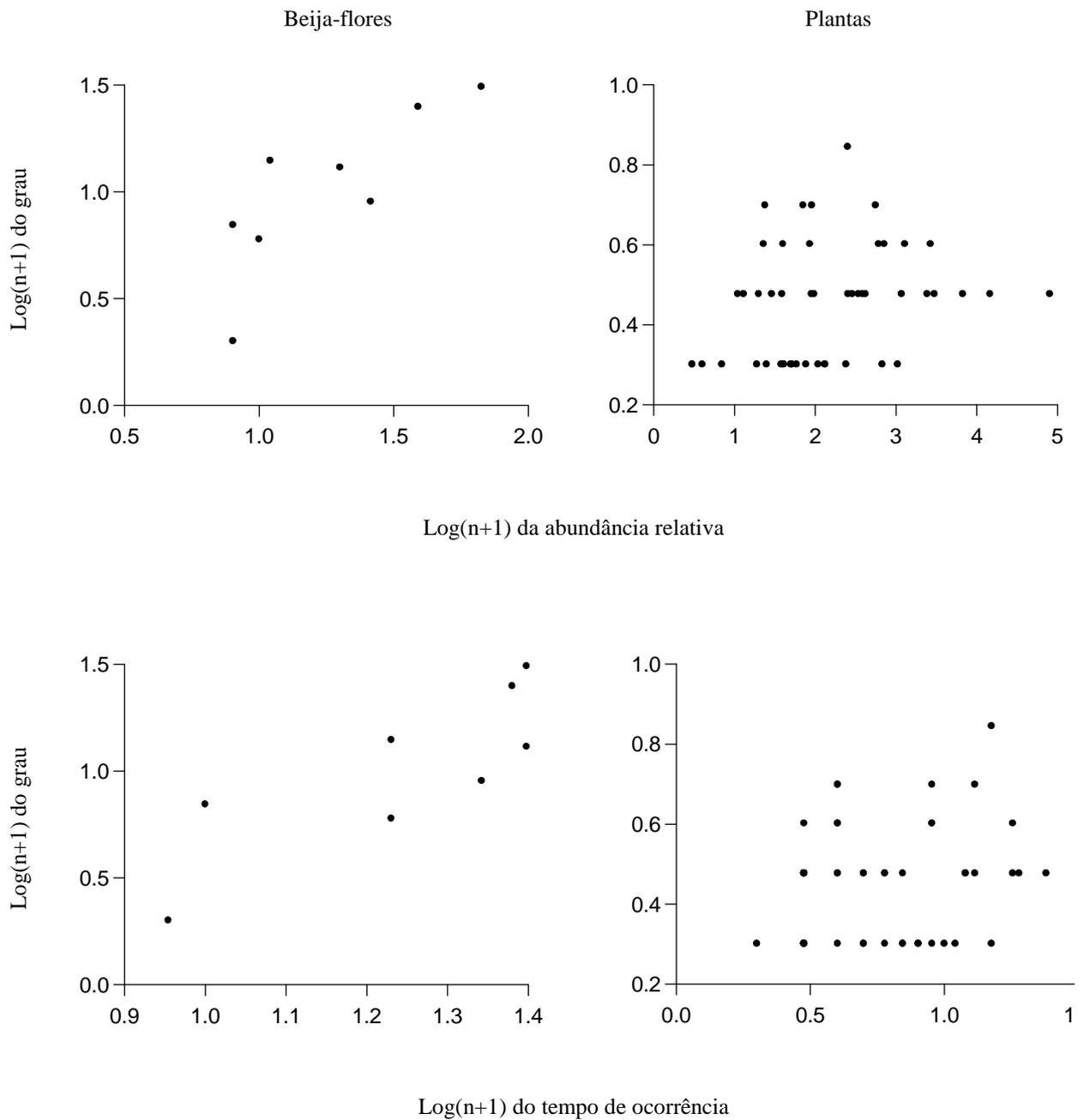


Figura 3.4. Relação entre o log(n+1) do grau das espécies e o log(n+1) da abundância relativa e do tempo de ocorrência das espécies de plantas e beija-flores do Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

abundância relativa das espécies ($F_{1,48} = 4,327$; $p = 0,04$), mas não pelo período de floração ($F_{1,48} = 2,451$; $p = 0,12$) (Figura 3.4).

O grau de aninhamento (N) da Rede 1 foi de 0,783, enquanto para a Rede 2 foi de 0,767. A temperatura tanto da Rede 1 ($T = 21,66$; $p < 0,001$), quanto da Rede 2 ($T = 23,26$; $p < 0,001$), assim como o NODF, quando comparado ao modelo nulo ER (NODF = 34,71; $p < 0,001$ para a matriz da Rede 2 e NODF = 36,41; $p < 0,001$ para a matriz Rede 1), indicam o aninhamento das redes.

Força de mutualismo e assimetria

Os valores de dependência das espécies envolvidas em cada uma das interações registradas nesta rede de interações foram maiores para as plantas ($0,52 \pm 0,37$; $N = 88$) que para os beija-flores ($0,08 \pm 0,17$; $N = 96$, $p < 0,001$) (Figura 3.5), ou seja, as plantas dependem mais dos beija-flores que os beija-flores das plantas. A maior parte das interações entre plantas e beija-flores do AP (84,4%) apresentaram valores de assimetria superior a 0,8 (Figura 3.6), sendo a assimetria média da rede de $0,87 \pm 0,25$ ($N = 95$).

As espécies de plantas apresentaram menor força total ($0,05 \pm 0,1$; $N = 50$) que os morfotipos de beija-flores ($0,71 \pm 0,4$; $N = 8$; $p < 0,001$). Para as espécies de plantas, a força das espécies não foi influenciada pela abundância relativa ($F_{1,48} = 1,145$; $p = 0,29$) e nem pelo tempo de ocorrência das espécies ($F_{1,48} = 1,078$; $p = 0,3$), enquanto a força total dos morfotipos de beija-flores foi influenciada pela abundância relativa ($F_{1,6} = 6,14$; $p = 0,04$) e pelo tempo de ocorrência dos morfotipos ($F_{1,6} = 7,209$; $p = 0,03$) (Figura 3.7).

Centralidade das espécies

Os beija-flores apresentaram maiores valores das três medidas de centralidade quando comparados às plantas (Tabela 3.1). Todos os morfotipos de beija-flores, com exceção de macho de *Chorostilbon lucidus*, apresentaram $BC > 0$, enquanto apenas 4% ($N = 2$) das plantas apresentaram $BC > 0$ (Tabela 3.1). As três medidas de centralidade (DC, CC e BC) foram correlacionadas (correlação de Pearson $\geq 0,64$ e $p < 0,001$ em todos os casos). O primeiro eixo da PCA (PC1) reteve 89,1% da informação e, portanto, na descrição dos resultados subsequentes, foram utilizados os escores do PC1 como medida de centralidade das espécies de plantas e morfotipos de beija-flores.

As espécies de plantas apresentaram menores escores do PC1 da centralidade ($-0,27 \pm 0,35$; $N = 50$) que os morfotipos de beija-flores ($1,7 \pm 1,85$; $N = 8$; $p < 0,001$) (Tabela 3.1). Assim como a força, a centralidade das espécies de plantas envolvidas nas interações não foi

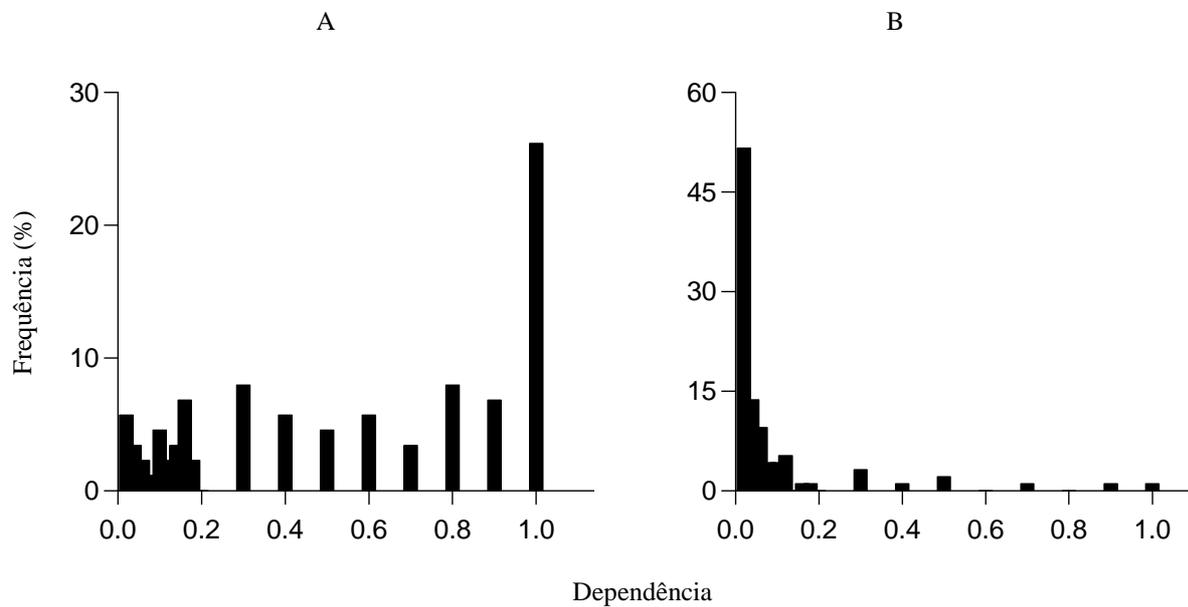


Figura 3.5. Frequência (%) das dependências das plantas pelos beija-flores (A) e dos beija-flores pelas plantas (B) nas interações registradas no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

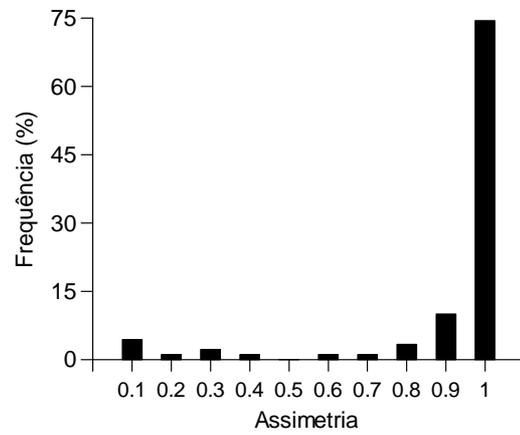


Figura 3.6. Frequência de ocorrência das classes de assimetria (ou força de mutualismo) na rede de interações entre plantas e beija-flores do Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

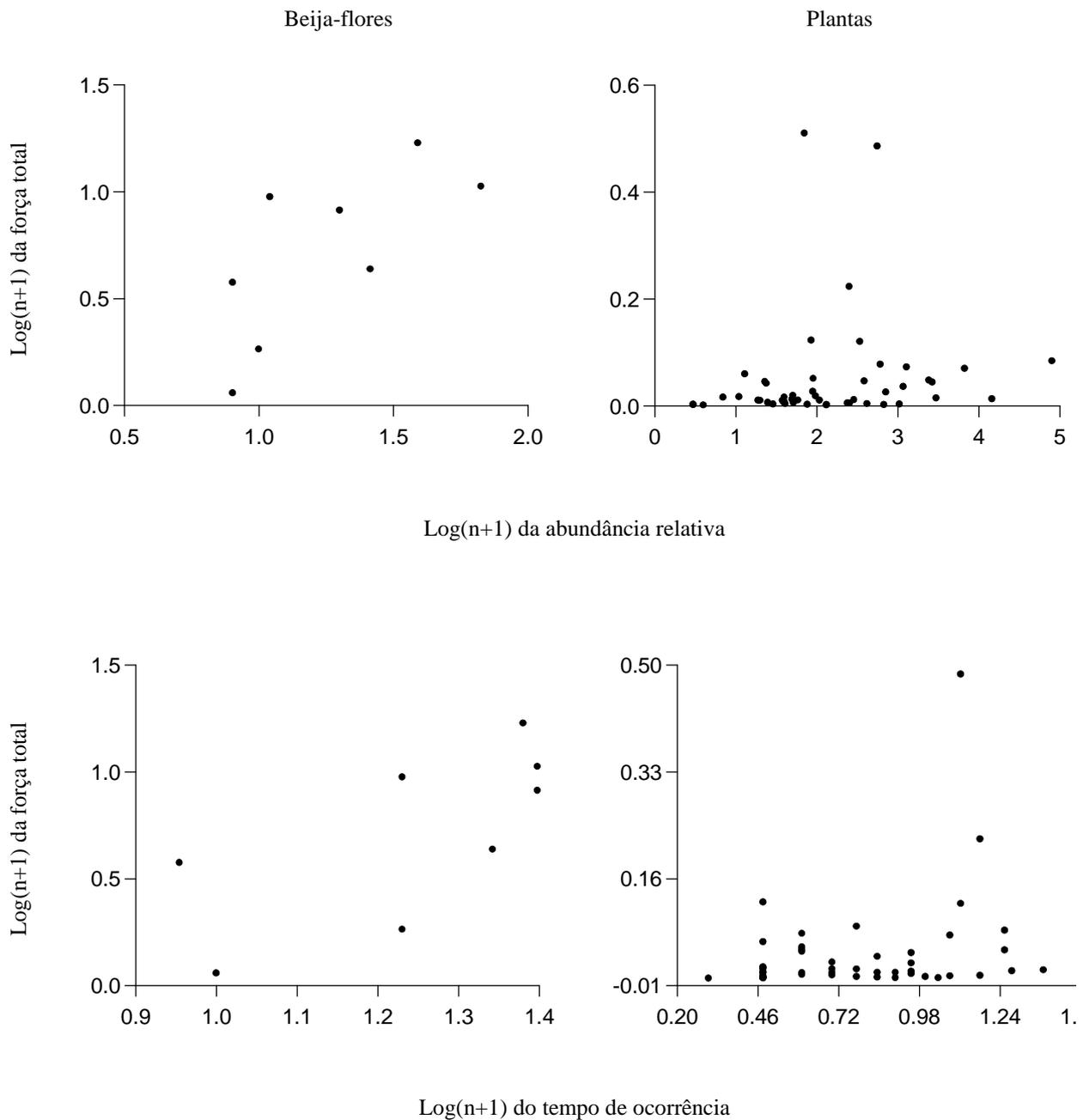


Figura 3.7. Log(n+1) da força total das espécies e do log(n+1) da abundância relativa e do tempo de ocorrência das espécies de plantas e morfotipos de beija-flores que compõem a rede de interações do Alto Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Tabela 3.1. Grau, força total e medidas de centralidade (DC – grau de centralidade, CC – centralidade de proximidade, BC – centralidade de intermedialidade e PC1 – escores do PCA realizado com as três medidas anteriores de centralidade) das espécies de plantas e beija-flores (em negrito) visitantes no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Espécie	Grau	Força	DC	CC	BC	PC1
<i>Hololepis pedunculata</i>	6	0,67	0,09	0,44	0,10	0,77
<i>Vochysia emarginata</i>	4	2,06	0,07	0,39	0,00	0,26
<i>Pilosocereus aurisetus</i>	4	0,10	0,08	0,46	0,10	0,91
<i>Agalinis angustifolia</i>	4	0,12	0,07	0,45	0,00	0,56
<i>Lobelia fistulosa</i>	4	2,23	0,07	0,34	0,00	0,05
<i>Eremanthus crotonoides</i>	3	0,10	0,05	0,41	0,00	0,16
<i>Lepdaploa</i> sp.1	3	0,06	0,05	0,38	0,00	-0,07
<i>Stachytarpheta mexiae</i>	3	0,19	0,05	0,38	0,00	-0,07
<i>Gaylussacia oleifolia</i>	3	0,32	0,05	0,39	0,00	0,05
<i>Vrisea procera</i>	3	0,11	0,05	0,31	0,00	-0,26
<i>Paliavana sericiflora</i>	3	0,01	0,05	0,44	0,00	0,28
<i>Psychotria vellosiana</i>	3	0,18	0,05	0,39	0,00	0,02
<i>Encholirium subsecundum</i>	2	0,06	0,03	0,40	0,00	-0,14
<i>Bilbergia amoena</i>	2	0,14	0,03	0,28	0,00	-0,46
<i>Neoregelia bahiana</i>	2	0,02	0,03	0,31	0,00	-0,40
<i>Vochysia</i> sp.1	2	0,01	0,03	0,36	0,00	-0,26
<i>Eremanthus erythropappus</i>	2	0,21	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Lessingianthus roseus</i>	2	0,03	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Piptolepis leptospermoides</i>	2	0,03	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Gaylussacia brasiliensis</i>	2	0,02	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Agarista cariifolia</i>	2	0,01	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Erythroxylum vacciniifolium</i>	2	0,11	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Nemathanthus strigillosus</i>	2	0,11	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Vellozia</i> cf. <i>epidendroides</i>	2	0,04	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Hyptis</i> sp.1	2	0,17	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	2	0,01	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Malvaceae</i> sp.1	2	0,08	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Protium</i> sp.1	2	0,02	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Stachytarpheta glabra</i>	2	0,32	0,03	0,37	0,00	-0,27
<i>Barbacenia luzilifolia</i>	2	0,04	0,03	0,31	0,00	-0,40
<i>Bilbergia vittata</i>	1	0,01	0,02	0,28	0,00	-0,59
<i>Gaylussacia hispida</i>	1	< 0,00	0,02	0,35	0,00	-0,44
<i>Cuphea ericoides</i>	1	< 0,00	0,02	0,35	0,00	-0,44
<i>Laplacae fruticosa</i>	1	0,02	0,02	0,35	0,00	-0,44

Tabela 3.1. Continuação

Espécie	Grau	Força	DC	CC	BC	PC1
<i>Acritopappus longifolius</i>	1	0,04	0,02	0,35	0,00	-0,44
<i>Myrcia lasiantha</i>	1	< 0,00	0,02	0,33	0,00	-0,49
<i>Barbacenia flava</i>	1	0,01	0,02	0,27	0,00	-0,62
<i>Esterhazyia splendida</i>	1	0,04	0,02	0,27	0,00	-0,62
<i>Cronopappus bifrons</i>	1	0,01	0,02	0,27	0,00	-0,62
<i>Aechmea lamarchei</i>	1	0,02	0,02	0,33	0,00	-0,49
<i>Rhodophiala cipoana</i>	1	< 0,00	0,02	0,28	0,00	-0,59
<i>Trixis vauthieri</i>	1	0,01	0,02	0,35	0,00	-0,44
<i>Dyckia</i> sp.1	1	0,04	0,02	0,29	0,00	-0,57
<i>Tillandsia gardneri</i>	1	0,02	0,02	0,24	0,00	-0,68
<i>Cipocereus minensis</i>	1	< 0,00	0,02	0,29	0,00	-0,58
<i>Siphocampylus fimbriatus</i>	1	0,03	0,02	0,28	0,00	-0,59
<i>Hillia parasitica</i>	1	0,02	0,02	0,35	0,00	-0,44
<i>Calolisianthus pendulus</i>	1	0,01	0,02	0,27	0,00	-0,62
<i>Barbacenia gentianoides</i>	1	< 0,00	0,02	0,28	0,00	-0,59
<i>Vriesea medusa</i>	1	< 0,00	0,02	0,29	0,00	-0,57
<i>Augastes scutatus</i> ♂	30	15,88	0,51	0,53	0,44	4,83
<i>Augastes scutatus</i> ♀	24	9,58	0,42	0,49	0,31	3,72
<i>Campylopterus largipennis</i>	13	8,45	0,24	0,41	0,20	2,15
<i>Phaethornis pretrei</i>	12	7,18	0,21	0,39	0,18	1,85
<i>Colibri serrirostris</i>	8	3,33	0,14	0,37	0,14	1,19
<i>Chlorostilbon lucidus</i> ♀	6	2,75	0,10	0,32	0,04	0,29
<i>Eupetomena macroura</i>	5	0,83	0,09	0,35	0,02	0,15
<i>Chlorostilbon lucidus</i> ♂	1	0,14	0,02	0,28	0,00	-0,59

influenciada pela abundância relativa ($F_{1,48} = 2,62$; $p = 0,11$) e nem pelo tempo de ocorrência das espécies de plantas ($F_{1,48} = 2,551$; $p = 0,11$). Para os beija-flores tanto a abundância relativa ($F_{1,6} = 24,89$; $p = 0,002$), quanto o tempo de ocorrência dos morfotipos de beija-flores ($F_{1,6} = 8,415$; $p = 0,027$) influenciaram a sua centralidade (Figura 3.8).

Discussão

Estrutura da rede

A rede de interações entre plantas e beija-flores do Alto do Palácio é marcada pela heterogeneidade no número das interações, onde poucos morfotipos de beija-flores (destacando-se machos e fêmeas de *A. scutatus*), interagem com um grande número de plantas e a maioria dos morfotipos de beija-flores interage com poucas espécies de plantas e vice-versa. O que denota um sistema assimétrico de interações, característica comum a redes de interações planta-polinizador (Bascompte & Jordano 2007, Vázquez & Aizen 2004). Entretanto, o baixo grau registrado para algumas espécies na rede de plantas-beija-flores do AP não significa, necessariamente, que elas sejam especialistas (espécies que interagem com apenas uma ou duas espécies). Fatores como a abundância das espécies, diferença entre o período de floração da planta e o período de ocorrência dos beija-flores e restrição de visitas devido a diferenças entre o comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento da corola das flores, ou devido à recompensa energética oferecida pela flor podem restringir as interações entre plantas e beija-flores (Snow & Snow 1972, Stiles 1975, Rocca-de-Andrade 2006).

Alguns morfotipos de beija-flores, principalmente os de bico curto (por exemplo, machos e fêmeas de *C. lucidus*, veja Capítulo II), que normalmente são generalistas quanto ao uso de flores (Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011), visitaram poucas espécies vegetais. Isso parece estar relacionado à baixa abundância e ao curto período de ocorrência destes beija-flores no AP (veja Capítulo II). Esta hipótese é corroborada pelo registro de outras seis espécies de beija-flores durante este estudo (*Amazilia lactea*, *A. versicolor*, *Heliomaster squamosus*, *Leucochloris albicollis*, *Thalurania furcata* e *T. glaucopsis*), que apresentaram as menores abundâncias relativas e curto período de ocorrência e não foram observadas visitando flores no AP (veja Capítulo II).

A maioria das plantas (56,9%) que compõem esta rede de interações possui flores com características relacionadas à polinização por outros grupos de polinizadores (*sensu* Faegri & Van Der Pijl 1980), sendo geralmente visitadas por beija-flores generalistas quanto ao tipo de

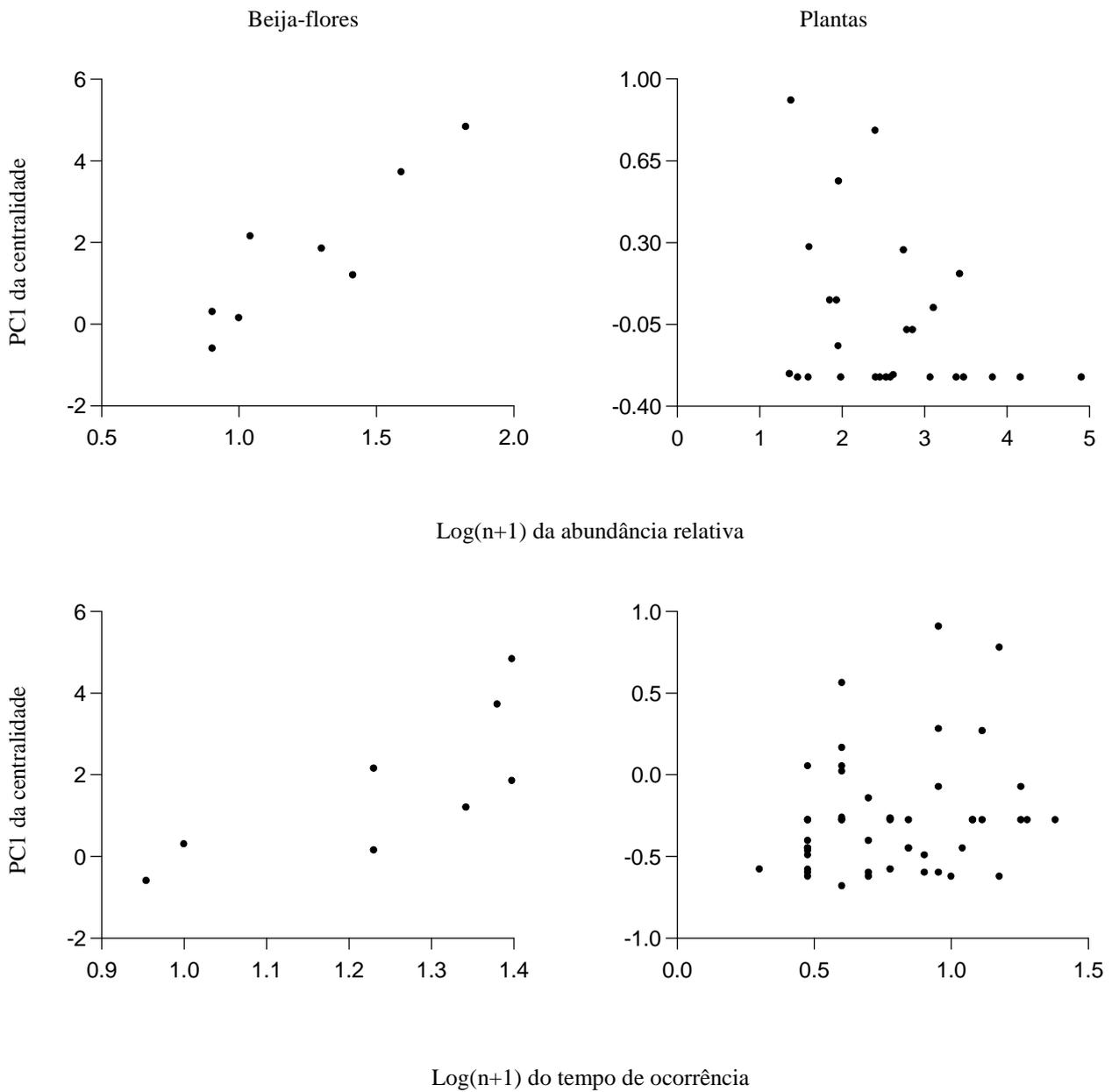


Figura 3.8 Log(n+1) do PC1 da centralidade das espécies e do log(n+1) da abundância relativa e do tempo de ocorrência das espécies de plantas e beija-flores que compõem a rede de interações do Alto Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

flores que visitam (veja Capítulo I). Portanto, muitas destas espécies que interagiram com apenas uma espécie de beija-flor, provavelmente interajam com outros grupos de polinizadores (por exemplo, abelhas e morcegos). Apesar do grau das espécies de plantas estar relacionado à abundância relativa das flores, para o período de floração não foi encontrada relação, o que provavelmente, deve-se ao fato de muitas espécies (principalmente as que possuem flores com características não-ornitófilas) que são visitadas por apenas uma espécie de beija-flor apresentarem longos períodos de floração.

A rede de interações plantas-beija-flores do AP apresentou baixa conectância quando comparada a outras redes de interações deste tipo. Somente duas (22%) de nove redes de interações plantas-beija-flores analisadas por Jordano (1987) apresentaram conectância similar à registrada nesta rede de interações do AP. Além disso, redes com tamanhos similares à analisada no presente estudo e que apresentaram maior conectância (Jordano 1987), consideraram somente espécies vegetais ornitófilas (por exemplo, Snow & Snow 1972). Portanto, a menor conectância registrada para a rede de interações plantas-beija-flores do AP pode estar relacionada à inclusão de espécies vegetais não adaptadas à polinização por beija-flores.

Tanto a rede de interações composta por plantas-beija-flores visitantes (Rede 1 - polinizadores e/ou pilhadores), quanto a rede composta por plantas-beija-flores possíveis polinizadores (Rede 2) apresentaram-se aninhadas, sendo maior para a rede incluindo pilhadores. O grau de aninhamento da rede de interações plantas-beija-flores do AP aumenta com a inclusão das visitas de pilhagem, provavelmente por aumentar o número de interações das espécies de plantas. Padrão semelhante ao registrado para o grau de aninhamento nestas redes de interações (maior grau de aninhamento para a rede com todos os beija-flores visitantes e menor para a rede apenas com beija-flores que podem ser polinizadores) foi registrado por Genini *et al.* (2010) para uma rede de interações entre a família Malpighiaceae e seus visitantes.

Assim como o registrado para esta rede de interações, normalmente as redes de interações planta-polinizador apresentam-se aninhadas (Bascompte *et al.* 2003, Pigozzo & Viana 2010). Contudo, o grau de aninhamento registrado nesta rede (Rede 1 = 0,783 e Rede 2 = 0,767) é similar ou superior ao aninhamento de apenas seis de 20 redes de polinização que apresentaram padrão aninhado (Bascompte *et al.* 2003). O menor grau de aninhamento da rede de interações plantas-beija-flores do AP, quando comparado ao de outras redes de interações (Bascompte *et al.* 2003, Pigozzo & Viana 2010), deve estar relacionado ao fato de beija-flores que ocupam posições intermediárias entre os generalistas extremos (machos e

fêmeas de *A. scutatus*) e os especialistas extremos (machos e fêmeas de *C. lucidus* e *Eupetomena macroura*), terem visitado as maiores proporções de plantas especialistas extremas (plantas visitadas por apenas uma espécie de beija-flor neste estudo - *C. largipennis* = 30%, *P. pretrei* = 40% e *C. serrirostris* = 50%). Estas plantas especialistas normalmente foram espécies ornitófilas e/ou com características intermediárias entre a síndrome de ornitofilia e quiropterofilia que apresentaram os maiores comprimentos de corola (veja Capítulo I), enquanto seus beija-flores visitantes foram os que apresentaram os maiores comprimentos de bico registrados no AP (veja Capítulo II).

Força de mutualismo e assimetria

A rede de interações plantas-beija-flores do AP mostrou-se assimétrica também quanto à dependência entre plantas e beija-flores, com plantas normalmente apresentando maior dependência pelos beija-flores e beija-flores, baixa dependência pelas plantas. Este padrão de dependência é comum em comunidades de plantas-polinizadores (Vázquez & Aizen 2004, Vázquez *et al.* 2007).

A baixa dependência dos beija-flores pelas plantas do AP pode estar relacionada à grande amplitude de tipos florais utilizados por estas aves (veja Capítulo I). Os beija-flores são capazes de localizar e utilizar recursos com características muitas vezes inconspícuas e não adaptados à sua polinização (Araujo & Sazima 2003, Rodrigues & Araujo 2011, veja Capítulo I). Outra explicação para este padrão de assimetria registrado é o fato de que muitas das espécies de plantas visitadas pelos beija-flores do AP apresentarem curtos períodos de floração e sobreposição de floradas (veja Capítulo I). Portanto, durante sua floração, estas plantas constituem apenas mais um recurso disponível aos beija-flores, enquanto para algumas destas plantas (sobretudo as ornitófilas), os beija-flores podem ser o único meio de polinização. Contudo, estudos que avaliem a eficiência dos beija-flores na polinização destas plantas ainda são necessários para se confirmar essa hipótese.

Centralidade das espécies e espécies chave

As medidas de centralidade para a rede de interações plantas-beija-flores do AP mostram que os beija-flores são mais centrais que as plantas. Segundo Sazima *et al.* (2010), a maior riqueza de espécies de peixes clientes (peixes que são limpos por outros peixes) que de limpadores (peixes que se alimentam dos tecidos mortos e/ou parasitas dos peixes clientes) pode diluir a centralidade dos clientes. Similarmente a este sistema, o alto número de espécies de plantas, quando comparado ao de beija-flores, na rede de interações do AP, pode diluir a

centralidade das plantas. Além disso, como já exposto acima, algumas espécies de beija-flores de bico longo do AP geralmente visitaram espécies de plantas com corolas longas, o que, provavelmente também restringe o número de espécies de beija-flores que visitam cada espécie de planta, fazendo com que as plantas tenham menores medidas de centralidade.

Machos e fêmeas de *A. scutatus* foram os beija-flores mais generalistas, os que conectam mais espécies na rede e os com maior potencial para afetar as outras espécies da rede em caso de extinção, desta forma, *A. scutatus* foi considerado como espécie chave na rede de plantas-beija-flores do AP. Provavelmente, a importância de *A. scutatus* nesta rede de interações deve-se a sua alta abundância no AP. Além disso, *A. scutatus* é um beija-flor endêmico da porção centro-meridional da Cadeia do Espinhaço (Vasconcelos 2008) e possivelmente, por isso, uma espécie que utiliza muitos dos recursos florais disponíveis neste ambiente, sobretudo os mais abundantes como, por exemplo, os representantes da família Asteraceae (veja Capítulo I e Vasconcelos & Lombardi 2001).

Por ser uma espécie endêmica dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (Vasconcelos 2008) e quase-ameaçada de extinção (BirdLife International 2010), além de visitante e possível polinizador de espécies também endêmicas dos campos rupestres (veja Capítulo I), é de fundamental importância a conservação destas áreas para a conservação de *A. scutatus* e a consequente manutenção da rede de interações plantas-beija-flores dos campos rupestres.

Dentre as espécies de plantas, *Hololepis pedunculata* e *Pilosocereus aurisetus* apresentaram as maiores medidas de centralidade, sendo consideradas como espécies chave nesta rede de interações. O longo período de ocorrência de *H. pedunculata* e o alto valor energético do néctar oferecido por *P. aurisetus* (veja Capítulo I), provavelmente são os fatores que fazem destas plantas espécies chave na rede de interações plantas-beija-flores do AP.

Influência da abundância relativa e do tempo de ocorrência das espécies sobre a assimetria e centralidade

A abundância relativa e o tempo de ocorrência das espécies influenciaram a força total e a centralidade apenas das espécies de beija-flores, mas não as das plantas. Vázquez *et al.* (2007) registraram relações positivas entre a abundância e a força de assimetria das espécies em redes de plantas-polinizadores. A influência da abundância relativa e do período de ocorrência na força total e na centralidade das espécies de beija-flores provavelmente se deve ao fato das espécies abundantes, bem como espécies de beija-flores que apresentaram longos períodos de ocorrência, poderem ter contato com indivíduos de muitas outras espécies de

plantas (May 1975), tanto espécies relativamente raras e especializadas quanto espécies comuns e generalistas.

Em uma comunidade de peixes limpadores Sazima *et al.* (2010) registraram relações positivas entre a abundância e a centralidade de espécies de clientes, mas não de limpadores. Segundo Sazima *et al.* (2010), isso se deve ao tipo e à qualidade do serviço oferecido pelos limpadores, uma vez que alguns dos clientes na rede oferecem recompensas mais vantajosas e não necessitam, necessariamente, de limpadores mais abundantes. No caso das plantas e beija-flores do AP, a ausência de relação entre a abundância e o período de ocorrência com a força total e a centralidade para as espécies de plantas, provavelmente se deve à alta abundância e ao longo período de ocorrência de algumas espécies de plantas, principalmente as não-ornitófilas, que oferecem néctar com baixas quantidades energéticas (veja Capítulo I).

Conclusão

A rede de interações de plantas-beija-flores do AP mostrou-se assimétrica na distribuição do grau e na dependência entre as espécies de plantas e beija-flores, concordando com o pressuposto de que as redes de interações plantas-polinizadores são normalmente aninhadas e assimétricas (Bascompte *et al.* 2003, Bascompte & Jordano 2006, Bascompte *et al.* 2006, Vázquez *et al.* 2007). Entretanto, apesar da assimetria registrada, esta rede apresentou baixo grau de aninhamento devido à especialização de algumas espécies de beija-flores quanto ao tipo floral visitado e ao curto período de ocorrência de algumas espécies de beija-flores. Além disso, este estudo demonstrou, também, que a centralidade e força das espécies que compõem esta rede estão relacionadas não somente à abundância e ao período de ocorrência de algumas espécies, mas também às características das espécies de plantas utilizadas pelos beija-flores. Portanto, aspectos como a especialização, bem como o período de ocorrência das espécies, devem ser levados em consideração em análises de redes de interações plantas-beija-flores.

CAPÍTULO IV

PLUMAGEM DE JUVENIS, MORFOMETRIA E PERÍODO REPRODUTIVO DO BELJA-FLOR-DE- GRAVATA-VERDE, *AUGASTES SCUTATUS* (TEMMINCK, 1824)

Introdução

O beija-flor-de-gravata-verde, *Augastes scutatus* (Temminck, 1824), é uma espécie endêmica da Cadeia do Espinhaço, sudeste do Brasil, com distribuição restrita à porção centro-meridional desta Cadeia, ocorrendo somente em altitudes acima de 1000 m, desde as serras meridionais do Espinhaço mineiro (Quadrilátero Ferrífero), ao longo da Serra do Cipó e Planalto de Diamantina, Grão Mogol até a Serra do Pau D' Arco, extremo norte de Minas Gerais, quase divisa com o estado da Bahia (Vasconcelos 2008). Aparentemente, *A. scutatus* é bastante sensível às mudanças no hábitat, não sendo observado em áreas degradadas da Serra do Espinhaço (Vasconcelos 1999, Vasconcelos & Lombardi 1999). Seu habitat está ameaçado, principalmente, devido à destruição de grandes extensões de campos rupestres conhecidos como cangas (áreas de afloramento rochoso ricas em óxido de ferro) para a extração de ferro (Jacobi & Carmo 2008). A destruição destas áreas provavelmente levou à extinção local de *A. scutatus* em algumas localidades do Quadrilátero ferrífero (Vasconcelos 1999, Vasconcelos & Rodrigues 2010). Por possuir uma distribuição geográfica restrita e ocorrer em um hábitat sujeito a pressões antrópicas, *A. scutatus* é classificada como espécie “quase-ameaçada” globalmente de extinção (BirdLife International 2010).

Adultos de *A. scutatus* possuem dimorfismo sexual evidente. Machos diferem de fêmeas, principalmente, por apresentarem fronte, mento e garganta verde brilhante intenso, com penas iridescentes, verdes a azuladas, ou negras, conforme o ângulo de visualização, além de estreita faixa negra contornando a placa frontal, exceto abaixo da garganta. A coleira é branca ou rosa-pálida e os lados do pescoço, peito e abdômen são azuis, violeta iridescente, ou ambas as cores, em proporções variadas, de acordo com o espécime (Figura 4.1A). Já as fêmeas possuem fronte, mento e garganta geralmente com mais invasão de dourado e a faixa que contorna o escudo frontal é pardo-escura, com os lados do pescoço azuis, sendo que, em alguns espécimes há invasão de verde-paris e penas isoladas amarelas e violeta. O peito e o abdômen são predominantemente verde-paris. Alguns espécimes possuem penas isoladas de coloração parda, cinza-enegrecida e azul (Figura 4.1C) (Abreu 2006). Este elevado grau de polimorfismo de *A. scutatus* (Abreu 2006), levou a descrição de duas subespécies: *Augastes scutatus soaresi* Ruschi, 1963 e *Augastes scutatus ilseae* Grantsau, 1967. Entretanto, o estudo de Abreu (2006) demonstrou que *A. scutatus* não pode ser fragmentado em outros táxons e que estas subespécies devem ser consideradas inválidas do ponto de vista fenomenológico.

Dados morfométricos estão disponíveis somente para um pequeno número de espécimes e todas as medidas foram realizadas com base em espécimes taxidermizados



Figura 4.1. Macho adulto (A) e jovem (B), fêmea adulta (C) e jovem (D) e jovem de sexo indeterminado (E) de *Augastes scutatus*.

(Abreu 2006). Além disso, não é conhecido se existem diferenças morfométricas evidentes entre machos e fêmeas de *A. scutatus*.

Segundo Abreu (2006), jovens de ambos os sexos são como as fêmeas adultas, diferindo dessas por possuírem a coloração da garganta, peito e abdômen predominantemente marrons, pardas ou cinzas, sendo gradativamente substituída por penas com as colorações da fase adulta. Entretanto, observações em campo demonstraram ser possível diferenciar muitos machos e fêmeas jovens. Machos jovens apresentam os lados do pescoço e algumas penas da garganta azul, enquanto fêmeas jovens apresentam estas penas verdes amareladas (Figura 4.1B e E).

Apesar do conhecimento do período reprodutivo das espécies ser de fundamental importância para o estabelecimento de programas de manejo das mesmas, pouco se conhece sobre o período reprodutivo deste beija-flor endêmico. Existem registros de ninhos em janeiro (Ruschi 1962), de fêmeas construindo ninhos em julho (Grantsau 1988) e de dois ninhos ativos, um entre junho e julho (Vasconcelos *et al.* 2001) e outro, apesar de encontrado em julho, ativo entre agosto e setembro (Costa & Rodrigues 2007). Desta forma, não se sabe se existe sazonalidade reprodutiva nesta espécie.

Os objetivos deste estudo foram verificar se existem diferenças morfométricas entre machos e fêmeas de *A. scutatus*, descrever o padrão de plumagem dos jovens e verificar o período reprodutivo desta espécie em campos rupestres do Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó, sudeste do Brasil.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Alto do Palácio, localizado no Parque Nacional da Serra do Cipó, no município de Morro do Pilar, Minas Gerais (para descrição da área veja item Área de Estudo na página 5). Os dados foram coletados mensalmente de agosto de 2007 a julho de 2009 (exceto dezembro de 2008).

Mensalmente, foram montadas 10 redes de neblina (12 x 2,6 m, malha 25 mm) em uma área de campo rupestre típico (CRT) de aproximadamente 2 ha e no entorno de dois capões de mata (CAM) de aproximadamente 0,6 ha, durante uma manhã em cada habitat. Como os campos abertos (CAA) são áreas muito abertas o que facilita a percepção das redes de captura pelos beija-flores, e como *A. scutatus* parece utilizar este ambiente principalmente como área de passagem entre os CRT e CAM, eventualmente visitando espécies floridas neste ambiente (obs. pess.), optou-se por não realizar a amostragem com redes-neblina nos CAA.

As redes foram levantadas ao amanhecer (por volta das 06:00 h) e permaneceram abertas por seis horas consecutivas, sendo verificadas a cada 30 min. Os indivíduos de *A. scutatus* capturados passaram por uma rotina que incluiu: identificação do sexo, idade, anilhamento e tomada de medidas morfométricas (massa corporal, comprimento total, comprimento do bico, asa, cauda, tarso e comprimento do occiput). Os beija-flores foram classificados como jovens com base no padrão da plumagem. Para verificar se a taxa de capturas de adultos e de jovens diferiram entre a estação seca e chuvosa foi realizado um teste t.

Mensalmente, foi realizada busca ativa por ninhos de *A. scutatus* nas áreas onde foram realizadas as capturas e ocasionalmente em outras áreas do AP.

Para verificar se machos e fêmeas adultos, bem como se machos e fêmeas jovens diferem quanto à massa corporal, comprimento da asa, cauda, tarso, occiput, comprimento total e comprimento do bico foram realizados testes t. O maior e o menor valor de cada medida foram excluídos da análise. O software utilizado para a realização dos testes t foi o Systat 10.

Com o intuito de reduzir o número de variáveis, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) (Gotelli & Ellison 2011). A PCA também foi utilizada para verificar quais variáveis tiveram maior peso (*loadings*) na combinação linear dos primeiros componentes principais (PC1 e PC2). Uma análise discriminante (Gotelli & Ellison 2011) foi realizada para avaliar a capacidade de classificar corretamente os indivíduos adultos quanto ao sexo, com base nas medidas analisadas. A PCA e a análise discriminante foram realizadas no Programa Past versão 2.00 (Hammer *et al.* 2001).

Resultados

Morfometria

Fêmeas jovens de *A. scutatus* não diferiram de fêmeas adultas em nenhuma das medidas analisadas, enquanto machos jovens apresentaram menor comprimento do bico ($p = 0,004$), menor occiput ($p = 0,04$) e menor comprimento total ($p = 0,04$) em relação à machos adultos (Tabela 4.1).

O comprimento da asa de machos jovens foi maior que o de fêmeas jovens ($p = 0,03$), assim como o occiput ($p = 0,002$). Machos adultos de *A. scutatus* apresentaram maior comprimento de asa ($p = 0,02$), tarso ($p = 0,04$), cauda ($p = 0,012$), bico ($p = 0,007$), occiput ($p < 0,001$), comprimento total ($p = 0,025$) e maior massa corporal ($p < 0,001$) em relação à fêmeas adultas (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Medidas morfométricas (massa corporal, comprimento total, comprimento da asa, cauda, occiput, tarso e bico) de machos e fêmeas adultos e jovens de *Augastes scutatus* no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Medidas	Machos		Fêmeas	
	Adultos	Jovens	Adultos	Jovens
<i>Massa corporal (g)</i>				
Média ± DP	3,5 ± 0,2	3,4 ± 0,3	3,2 ± 0,23	3,2 ± 0,3
Amplitude	3 - 4	3 - 3,9	2,7 - 3,8	2,8 - 3,8
N	42	23	28	8
<i>Comprimento total (mm)</i>				
Média ± DP	89,4 ± 4	86,5 ± 7,4	87,3 ± 3,2	87,3 ± 3,2
Amplitude	81 - 99	77 - 95	80 - 97	80 - 94
N	43	22	27	8
<i>Comprimento da asa (mm)</i>				
Média ± DP	52,6 ± 2,9	52,2 ± 2,23	51,1 ± 2,4	50,2 ± 3,2
Amplitude	46 - 56	48 - 55	46 - 56	44 - 53
N	44	23	27	8
<i>Comprimento da cauda (mm)</i>				
Média ± DP	34 ± 2,1	34,1 ± 2,1	32,2 ± 2,4	33,8 ± 2,8
Amplitude	30 - 38	31 - 39	29,2 - 37	29 - 38
N	43	21	27	8
<i>Comprimento do occiput (mm)</i>				
Média ± DP	30,8 ± 0,8	30,3 ± 0,7	29,1 ± 0,9	29,1 ± 0,9
Amplitude	29,5 - 33	28,8 - 31,4	27 - 30,5	27,6 - 30,5
N	21	17	20	8
<i>Comprimento do tarso (mm)</i>				
Média ± DP	4,6 ± 0,6	4,4 ± 0,7	4,3 ± 0,5	4,3 ± 0,4
Amplitude	3,6 - 5,5	3,6 - 5,4	3,2 - 5	3,2 - 4,3
N	33	20	23	8
<i>Comprimento do bico (mm)</i>				
Média ± DP	18,5 ± 1,6	17,5 ± 1,6	17,2 ± 0,7	17,3 ± 0,7
Amplitude	16 - 22	11,9 - 18,9	15,8 - 18,6	16,4 - 19,2
N	44	22	27	8

Tabela 4.2. Peso das variáveis morfológicas de *Augastes scutatus* capturados no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó para os componentes principais (PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 e PC6) da Análise de componentes principais.

Variável	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
Massa corporal	0,757	0,298	0,071	0,082	-0,397	-0,099	-0,397
Comprimento total	0,707	-0,157	0,007	-0,325	0,560	-0,119	-0,201
Comprimento do occiput	0,691	-0,100	-0,448	0,424	0,036	-0,295	0,203
Comprimento do bico	0,681	-0,012	-0,357	-0,508	-0,253	0,222	0,188
Comprimento da asa	0,655	0,103	0,673	-0,040	-0,053	-0,117	0,296
Comprimento da cauda	0,522	-0,659	0,135	0,344	0,017	0,387	-0,062
Comprimento do tarso	0,289	0,832	-0,059	0,230	0,269	0,302	0,045
Autovalor	2,803	1,263	0,809	0,725	0,613	0,415	0,369
Porcentagem de variação	40,05	18,051	11,55	10,359	8,760	5,940	5,272

Todas as variáveis analisadas na PCA foram positivamente correlacionadas com o PC1, sendo a massa corporal, o comprimento total, o comprimento do occiput e o comprimento do bico, as variáveis que tiveram maior peso (Tabela 4.2). Indivíduos com maiores escores no PC1 tenderam a ser maiores, possuindo maior comprimento total, massa corporal, comprimento de bico, occiput e asa. O PC2 descreveu as diferenças no comprimento do tarso e da cauda. Indivíduos com maiores escores no PC2 apresentaram menor comprimento de asa e maior comprimento de tarso. Os dois primeiros componentes principais da PCA (PC1 e PC2) explicaram quase 60% da variação na amostra (Tabela 4.2). A plotagem dos escores do PC1 e PC2 mostra uma boa separação dos sexos (Figura 4.2). Além disso, a análise discriminante classificou corretamente 92,45% dos indivíduos (91,3% das fêmeas e 93,3% dos machos).

Descrição da plumagem de jovens

Durante o período de estudo foram capturados 34 indivíduos jovens de *A. scutatus*. Não foi possível distinguir o sexo de três destes jovens, que apresentavam coloração das gargantas, peitos e abdômens predominantemente cinzas, base dos bicos levemente vermelhas, penas da fronte e mento de coloração parda e uma mancha branca entre o olho e a garganta (Figura 4.1E).

Machos jovens apresentaram algumas penas da garganta, peito e abdômen azuis, coleira algumas vezes com penas rosa-pálida, faixa que contorna a placa frontal, normalmente com penas cinza-escuro (Figura 4.1B). As fêmeas jovens diferiram dos machos jovens principalmente por apresentarem as penas da garganta verdes a verde-amareladas e as penas da faixa que contorna a placa frontal de coloração cinza-claro ou parda, além de apresentarem menor quantidade de penas azuis no abdômen (Figura 4.1C). Alguns machos e fêmeas jovens apresentaram a base do bico levemente vermelha, como nos beija-flores jovens de sexo indeterminado.

Dois machos jovens foram recapturados um mês após sua primeira captura, ainda com plumagem de jovens, sendo um destes machos não identificado quanto ao sexo na primeira captura. Dois machos e uma fêmea jovem foram recapturados um mês após a primeira captura, já com plumagem de adulto.

Período reprodutivo

Adultos (N = 73) e jovens de *A. scutatus* (N = 34) foram capturados em todas as estações do ano (Figura 4.3). Não houve diferença significativa na taxa de capturas de adultos

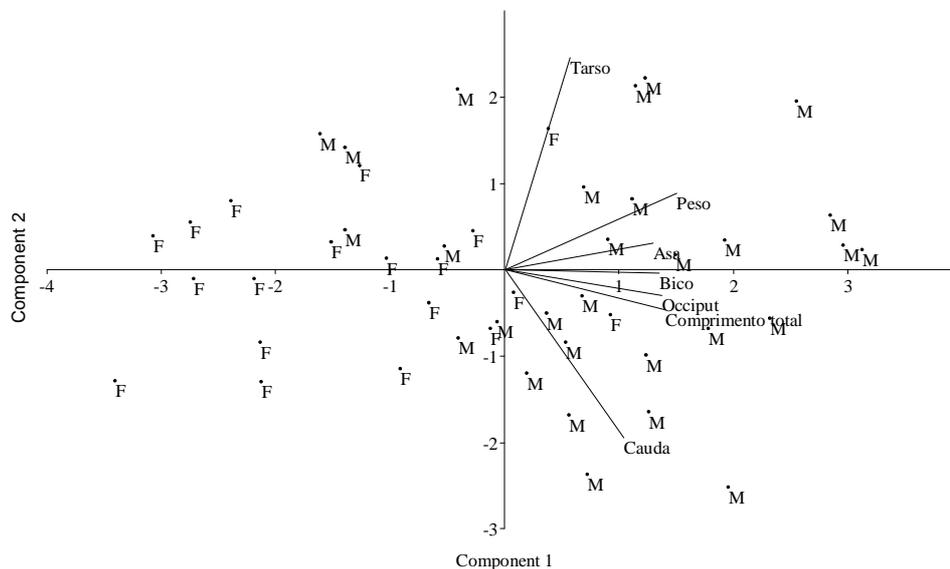


Figura 4.2. Componente principal 1 e componente principal 2 da PCA, realizada com as medidas morfométricas de machos (M) e fêmeas (F) de *Augastes scutatus* capturados no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

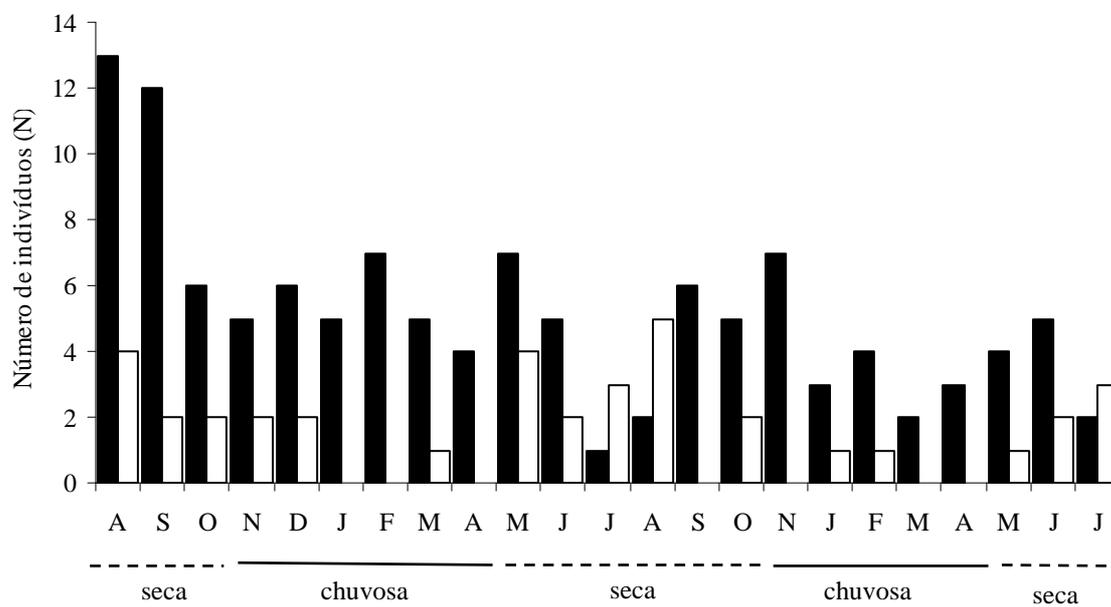


Figura 4.3. Número de adultos (barras pretas) e jovens (barras vazias) de *Augastes scutatus* capturados ao longo do período de estudo no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

entre o período seco e chuvoso ($p = 0,392$), enquanto a maioria dos jovens (70,5%) foi capturada na estação seca ($p = 0,001$).

Três ninhos de *A. scutatus* foram registrados em área de CRT no AP: um ninho ativo entre junho e julho de 2007, um ninho não ativo, que aparentemente havia sido utilizado recentemente, em junho de 2008, e um ninho ativo em abril de 2009. Em cada um dos ninhos ativos havia dois ninhegos. Todos os ninhos registrados foram confeccionados principalmente com tricomas de *Pilosocereus aurisetus* (Cactaceae), espécie endêmica dos campos rupestres da Serra do Cipó e ornamentados com musgos.

Discussão

Machos e fêmeas adultos de *A. scutatus*, além de diferirem no padrão de plumagem, diferiram, também, morfometricamente. Machos adultos são maiores que as fêmeas em todas as medidas analisadas. Entretanto, as medidas que mais diferenciam machos e fêmeas adultos são a massa corporal, o comprimento total, o comprimento do bico e o comprimento da asa. Normalmente, machos de beija-flores são maiores que as fêmeas (veja Grantsau 1988, Johnsgard 1997) e este padrão se mantém em *A. scutatus*. As medidas de comprimento do bico, asa e cauda (as únicas disponíveis com média e desvio padrão para machos e fêmeas) registradas por Abreu (2006), mostram um padrão similar (i.e. machos maiores que fêmeas) ao descrito neste estudo.

Os dados disponíveis em Abreu (2006) para massa corporal, comprimento da asa, cauda e bico mostram algumas pequenas diferenças no tamanho médio e na amplitude destas variáveis. Normalmente, as amplitudes dos dados de Abreu (2006) foram menores que as do presente estudo. O comprimento total de machos foi a única medida realizada por Abreu (2006) que foi maior tanto na média (98,18 mm) quanto na amplitude (81-108 mm). Apesar do número de indivíduos ($N = 14$) medidos por Abreu (2006) ser menor, estes indivíduos foram capturados em diferentes localidades ao longo da Cadeia do Espinhaço, o que sugere que esta medida varia entre diferentes populações de *A. scutatus*.

O padrão de coloração registrado neste estudo para machos jovens de *A. scutatus* coincide com a descrição da coloração azul no lado do pescoço feita por Abreu (2006) e Schuchmann (1999). Entretanto, nenhum trabalho até então havia descrito detalhadamente o padrão de coloração de machos e de fêmeas jovens desta espécie. Este estudo demonstra ser possível distinguir o sexo da maioria dos indivíduos jovens de *A. scutatus*, baseado principalmente na coloração dos lados do pescoço e da faixa que contorna a placa frontal. É

comum encontrar diferentes padrões de plumagem em jovens de espécies de beija-flores que possuem dimorfismo sexual evidente (Newell *et al.* 2007) e esta pode ser uma importante ferramenta para estudos populacionais que considerem a razão sexual de jovens. Nossos dados demonstram, ainda, que os indivíduos de *A. scutatus* permanecem com a plumagem de jovem por pelo menos dois meses.

A população de *A. scutatus* estudada reproduz-se ao longo de todo o ano, embora exista uma concentração do período reprodutivo na estação seca, quando ninhos e maior número de jovens foram registrados. O período reprodutivo de beija-flores tropicais normalmente é sincronizado com picos na floração das plantas durante a estação seca ou chuvosa (Skutch 1950, Stiles 1980, Schondube *et al.* 2003), o que parece estar associado à preferência dos beija-flores por estas plantas. Entretanto, algumas espécies de beija-flores se reproduzem ao longo de todo o ano (Johnsgard 1997).

Durante o período deste estudo, houve recurso floral utilizado por *A. scutatus* disponível ao longo do ano no AP, sendo as maiores densidades de flores não-ornitófilas registradas no fim da estação chuvosa e início da seca (veja Capítulo I), período que coincide com o aumento de indivíduos jovens desta espécie. A disponibilidade constante de recursos pode favorecer a reprodução deste beija-flor durante todo o ano. Entretanto, no período que vai de novembro a fevereiro, ocorrem chuvas constantes na região, chegando algumas vezes (nos meses de dezembro e janeiro) a chover durante até 10 dias consecutivos, de forma quase ininterrupta (obs. pess.). A chuva pode causar a diluição do néctar (Aizen 2003), o que, conseqüentemente, pode fazer com que as aves evitem tomar o néctar diluído (Rocca-de-Andrade 2006) devido a seu baixo valor energético. Além disso, os ninhos de *A. scutatus* foram registrados em pequenos arbustos e expostos diretamente ao sol e chuva. Sendo assim, mais vantajoso para *A. scutatus* reproduzir-se durante a estação seca, quando os riscos de diluição do néctar e conseqüente diminuição da quantidade de energia disponível, bem como eventuais danos aos ninhos, causados pelas chuvas é menor.

Trabalhos complementares devem examinar se, durante o ano, as fêmeas de *A. scutatus* possuem um ou mais ciclos reprodutivos, bem como se a espécie parapátrica *Augastes lumachella* possui padrão de plumagem de juvenis similar à de *A. scutatus*. Estudos mais completos ao longo dos anos sobre a história de vida desta e de outras espécies em categorias de ameaças no sudeste do Brasil e em outras regiões são necessários.

CAPÍTULO V

DINÂMICA POPULACIONAL DE *AUGASTES SCUTATUS* (TEMMINCK, 1824), UMA ESPÉCIE ENDÊMICA E QUASE-AMEAÇADA DOS CAMPOS RUPESTRES DA CADEIA DO ESPINHAÇO, SUDESTE DO BRASIL

Introdução

Os beija-flores (Trochilidae) constituem o maior grupo de polinizadores vertebrados nos Neotrópicos (Bawa 1990), sendo os responsáveis pela polinização de 2 a 15% das espécies de angiospermas numa dada comunidade (Feinsinger 1983, Machado & Lopes 2004). Apesar da grande importância dos beija-flores na polinização, pouco se conhece sobre as populações dos representantes deste grupo. Estudos sobre dinâmica populacional e sazonalidade de beija-flores são raros e exclusivos a espécies migrantes da América do Norte (Mulvihill *et al.* 1992, Hilton & Miller 2003, Howell & Gardali 2003).

O beija-flor-de-gravata-verde, *Augastes scutatus* (Temminck, 1824), é uma espécie endêmica da Cadeia do Espinhaço com distribuição restrita a sua porção centro-meridional. Essa espécie ocorre somente em altitudes acima de 1000 m, desde as serras meridionais da Cadeia do Espinhaço até a Serra do Pau D'Arco, extremo norte de Minas Gerais, quase divisa com o estado da Bahia (Vasconcelos 2008).

Augastes scutatus possui dimorfismo sexual, tanto morfométrico, quanto no padrão de coloração. Apesar de esta espécie reproduzir-se ao longo de todo o ano, seu período reprodutivo concentra-se na estação seca (veja Capítulo IV). Além disso, *A. scutatus* parece preferir áreas de campos rupestres típicos como local para forrageamento e nidificação (veja Capítulos II e IV).

Aparentemente, *A. scutatus* é bastante sensível às mudanças no hábitat, não sendo observado em áreas degradadas da Cadeia do Espinhaço (Vasconcelos 1999, Vasconcelos & Lombardi 1999, Vasconcelos & Rodrigues 2010). Seu habitat está ameaçado, principalmente, devido à destruição de grandes extensões de campos rupestres conhecidos como cangas (áreas de afloramento rochoso ricas em óxido de ferro) para a extração de ferro (Jacobi & Carmo 2008). Apesar de *A. scutatus* ser classificada como espécie “quase-ameaçada” globalmente (BirdLife International 2010) e, ser considerada como espécie chave na rede de interações entre plantas e beija-flores em uma área de campo rupestre da Cadeia do Espinhaço (veja Capítulo III), nada se conhece sobre a sua dinâmica populacional. Desta forma, o objetivo deste estudo foi descrever parâmetros populacionais tais como a probabilidade de sobrevivência e de captura, o tamanho populacional, a taxa intrínseca de crescimento populacional, a razão-sexual e a ocorrência sazonal de *A. scutatus* em uma área de campo rupestre do AP, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Material e Métodos

Este estudo foi desenvolvido no Alto do Palácio, localizado no Parque Nacional da Serra do Cipó, no município de Morro do Pilar, Minas Gerais (para descrição da área de estudo veja item Área de Estudo na página 5). Os dados foram coletados mensalmente, de agosto de 2007 a julho de 2009, exceto dezembro de 2008 que, devido às constantes chuvas na região, não foi possível realizar coletas.

Mensalmente, foram montadas dez redes-neblina (12 x 2,6 m, malha 25 mm) em uma área de CRT de aproximadamente 2 ha e no entorno de dois CAM de aproximadamente 0,6 ha, durante uma manhã em cada fitofisionomia. As redes foram levantadas ao amanhecer (por volta das 06:00 h) e permaneceram abertas por 6 h consecutivas, sendo checadas a cada 30 min. Os indivíduos de *A. scutatus* capturados passaram por uma rotina que incluiu: identificação do sexo, idade, anilhamento e soltura.

Análises

A normalidade dos dados de número de indivíduos capturados por mês foi testada através do Teste *D'Agostino* e, quando não normais, transformados para $\log(n+1)$. Para verificar se o número de indivíduos capturados por mês diferiu entre as áreas amostradas e se o número de indivíduos total, de adultos e de jovens diferiu entre a estação seca e chuvosa foi realizado o teste t. Para verificar se a razão sexual diferiu da esperada, foi realizado o teste do Chi-quadrado (Zar 1999).

Os parâmetros demográficos: sobrevivência aparente (ϕ), probabilidade de captura (p), taxa intrínseca de crescimento populacional (λ) e tamanho populacional (N), foram estimados a partir do modelo de Cormack-Jolly-Seber (C-J-S) de marcação e recaptura (Lebreton *et al.* 1992). Os parâmetros demográficos foram estimados através do método de máxima verossimilhança com o auxílio do programa MARK 4.3 (White & Burnham 1999). Este aplicativo permite a estimativa de parâmetros demográficos e de seus intervalos de confiança sob a influência de diferentes covariáveis (como, por exemplo, sexo). Além disso, também pode ser utilizado para situações onde os intervalos de amostragem são desiguais entre as ocasiões de captura (Converse *et al.* 2005).

As análises dos parâmetros populacionais foram iniciadas a partir da realização de testes de aderência (programa RELEASE, TEST 2 e TEST 3), com o intuito de verificar a existência de superdispersão nos dados analisados (Burnham *et al.* 1987). O valor total de χ^2 foi de 20,91 (GL = 49, $p > 0,05$), indicando que os dados não apresentavam superdispersão e,

portanto, respeitavam as premissas principais do modelo de C-J-S, ou seja, a probabilidade de captura permaneceu constante ao longo de todas as amostras e os animais marcados apresentaram a mesma probabilidade de captura que os não marcados (Krebs 1999, White & Burnhan 1999).

Dada a natureza variável do número de capturas ao longo dos eventos amostrais (Figura 5.1), realizou-se a seleção do melhor modelo populacional através de um modelo inicial totalmente saturado, com influência do tempo e do sexo, bem como, a interação destes fatores sobre os parâmetros populacionais. A partir dos 16 modelos iniciais, o melhor modelo populacional foi selecionado usando-se o Critério de Informação de Akaike para amostras pequenas (AIC_c , *Corrected Akaike Information Criterion*). Foi selecionado o modelo mais parcimonioso, ou seja, o modelo que levou em consideração o menor número de parâmetros possíveis (White & Burnhan 1999). Uma vez verificado o modelo populacional mais adequado, este foi selecionado para a estimativa de tamanho populacional e da taxa intrínseca de crescimento populacional através do Método de Jolly-Seber, com o auxílio do programa MARK 4.3 (White & Burnhan 1999). Na rotina Jolly-Seber, foram avaliados modelos em que o tamanho populacional estimado sofreu influência do sexo, do tempo, da interação entre ambos, bem como nenhuma influência do sexo ou do tempo sobre as estimativas. Os demais parâmetros foram mantidos como observados no melhor modelo populacional descrito pelo método de C-J-S.

Resultados

Durante o período de estudo foram capturados 107 indivíduos de *A. scutatus* (Figura 5.1), sendo 76 indivíduos (71%) capturados na área de CRT e 31 indivíduos (29%) nos CAM. O número de machos ($N = 66$) e fêmeas ($N = 38$) capturados por mês foi maior no CRT (teste t, $p = 0,000$ para machos; $p = 0,01$ para fêmeas) (Figura 5.2). A razão sexual de jovens de *A. scutatus* foi de 2,1 machos/1 fêmea, enquanto a de adultos foi de 1,6:1, sendo a razão sexual total (1,7:1) significativamente tendenciosa para machos ($X^2 = 7,53$; $p = 0,006$).

Indivíduos de *A. scutatus* foram capturados ao longo de todo o período de estudo, entretanto, nos meses de fevereiro, março, maio e julho de 2008 e fevereiro e abril de 2009

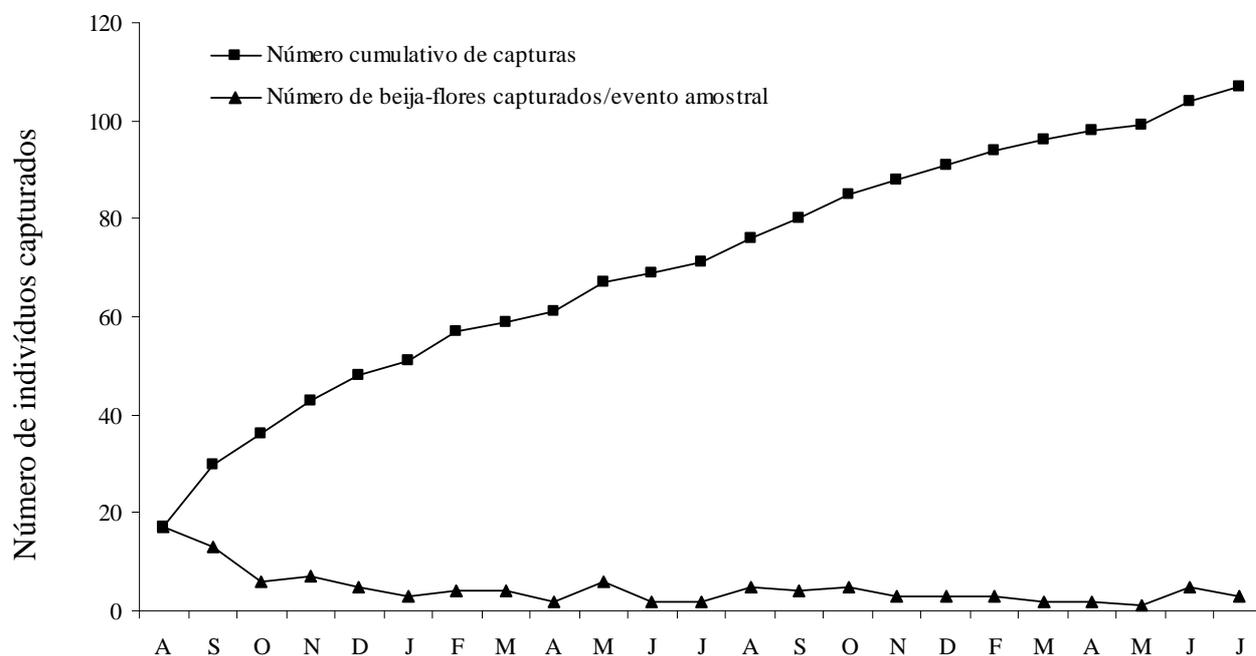


Figura 5.1. Número de indivíduos de *Augastes scutatus* capturados em cada evento amostral e número cumulativo de indivíduos capturados ao longo do período de estudo no Alto Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

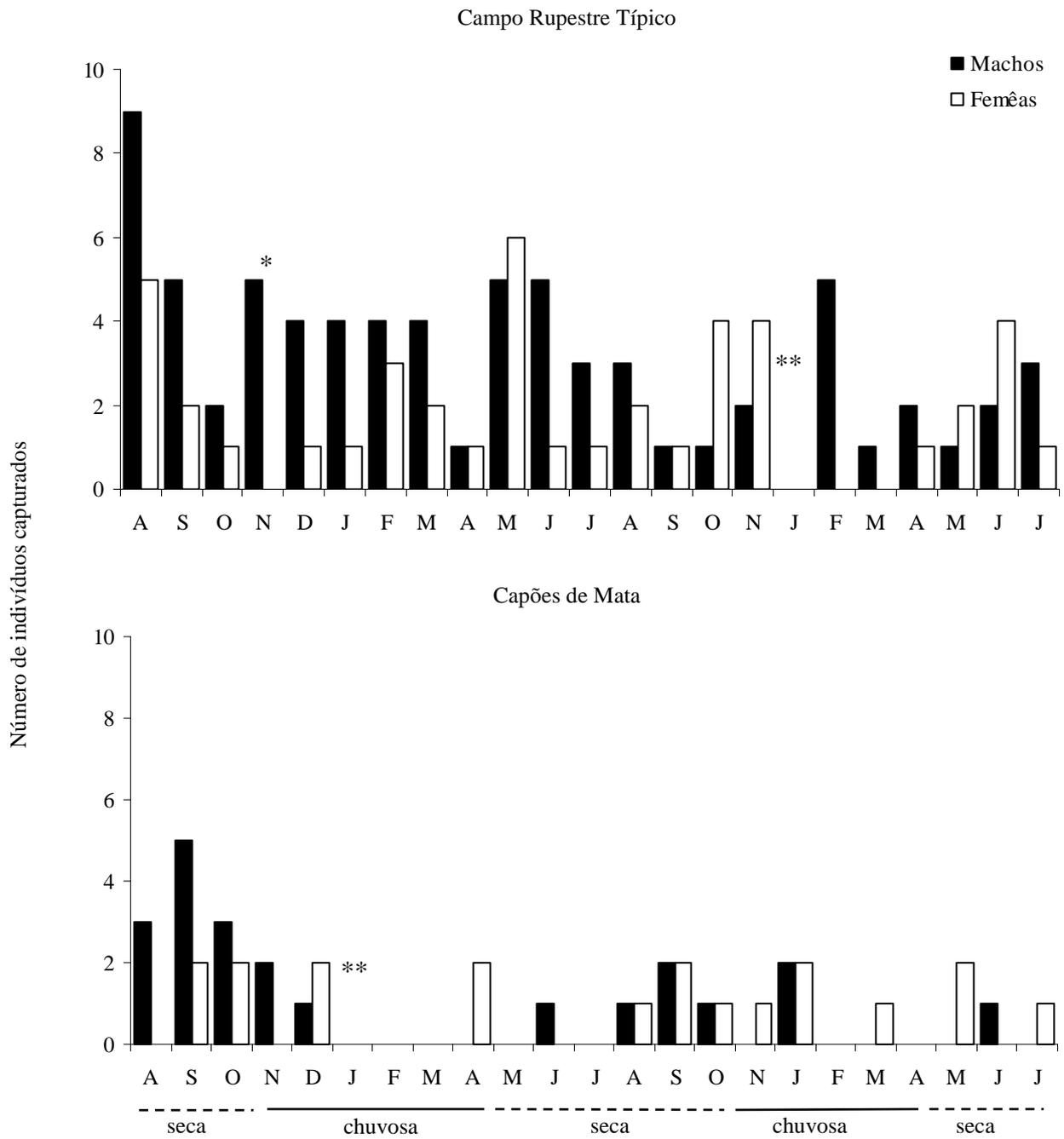


Figura 5.2. Número de indivíduos machos e fêmeas de *Augastes scutatus* capturados ao longo da estação seca e chuvosa no campo rupestre típico e nos capões de mata no Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. * = amostragem parcialmente realizada e ** = amostragem não realizada.

não houve capturas nos CAM. Considerando-se as duas áreas amostradas, o maior número de indivíduos foi capturado nos meses de agosto (N = 17) e setembro (N = 14) de 2007 e maio de 2008 (N = 12). Maior número de indivíduos foi capturado na estação seca ($p = 0,036$), sendo maior número de jovens também capturado nesta estação ($p = 0,001$). Entretanto, não houve diferença na taxa de captura de indivíduos adultos entre as estações seca e chuvosa ($p = 0,392$).

Durante o período de estudo a maioria dos indivíduos (N = 81) foi capturada somente em uma ocasião, 12 indivíduos foram capturados duas vezes, oito foram capturados três vezes, três foram capturados em quatro ocasiões, dois em cinco e somente um indivíduo foi capturado seis vezes. Uma fêmea capturada nos CAM em outubro de 2007 foi recapturada no CRT em maio de 2008 e nos CAM em setembro de 2008. Os demais indivíduos foram recapturados sempre na mesma área (CRT ou CAM). Seis indivíduos foram recapturados após pelo menos 12 meses da primeira captura, sendo o tempo máximo entre a primeira e a última captura de 23 meses (N = 1) (Tabela 5.1).

No presente estudo, o modelo populacional mais adequado, obtido através do método de C-J-S, indicou que a probabilidade de sobrevivência (ϕ) sofreu influência do sexo (sendo significativamente mais elevada para as fêmeas), entretanto a probabilidade de captura (p) não, e esta permaneceu constante ao longo do período de estudo (Tabela 5.2).

Uma vez que o método de Jolly-Seber utiliza o parâmetro ϕ na estimativa da abundância populacional (Krebs 1999) e na análise anterior (C-J-S) verificou-se que este parâmetro diferiu entre machos e fêmeas (Tabela 5.3), obtiveram-se estimativas populacionais referentes a cada sexo. De acordo com o método Jolly-Seber, o tamanho populacional estimado na área de estudo para machos de *A. scutatus* foi de 83,3 indivíduos ($\pm DP = 20,127$; 95%IC = 53,47 – 134,72), enquanto para fêmeas o valor estimado foi de 26,09 ($\pm DP = 7,891$; 95%IC = 15,20 – 47,57). A taxa intrínseca de crescimento populacional (λ) foi de 0,944 (95%IC = 0,915 – 0,973) para machos e de 1,004 (95%IC = 0,974 – 1,036) para fêmeas.

Discussão

O maior número de indivíduos de *A. scutatus* capturados durante a estação seca parece estar relacionado ao período reprodutivo desta espécie, que se concentra nesta estação no AP (veja Capítulo IV). Além disso, o maior número de indivíduos capturados nos CRT está de acordo com o sugerido por Vasconcelos (1999) e apoiado por este estudo (veja Capítulo II) de que *A. scutatus* é uma espécie altamente adaptada e dependente dos CRT.

Tabela 5.1. Indivíduos de *Augastes scutatus* recapturados ao longo do período de estudo no Alto Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. CA = captura, † morreu na 2ª CA, *2ª CA no CRT.

Anilha	Área	Sexo	Idade CA	Idade RA	1ª CA	2ª CA	3ª CA	4ª CA	5ª CA	6ª CA
32723	CRT	F	A	A	ago/2007	set/2007				
13419	CRT	F	A	A	set/2008	out/2008	nov/2008	jun/2009		
32760	CRT	F	A	A	set/2007	fev/2008	mai/2008	jul/2008	out/2008	nov/2008
34409	CRT	F	A	A	jan/2008	fev/2008	abr/2008	mai/2009		
34417	CRT	F	A	A	fev/2008	mai/2008				
34420	CRT	F	A	A	mar/2008	mai/2008	jun/2008			
32730	CRT	M	A	A	ago/2007	mar/2008				
13483	CRT	M	A	A	mar/2009	abr/2009				
32733	CRT	M	A	A	ago/2007	out/2007	jul/2009			
32737	CRT	M	A	A	ago/2007	mai/2008	jun/2008	fev/2009	jun/2009	
32759	CRT	M	A	A	set/2007	dez/2007	jan/2008	fev/2008	fev/2009	
34413 [†]	CRT	M	A	A	fev/2008	abr/2008				
34414	CRT	M	A	A	fev/2008	mar/2008				
34445	CRT	M	A	A	mai/2008	jun/2008				
32739	CRT	M	J	A	ago/2007	dez/2007	abr/2008			
32734	CRT	M	J	A	ago/2007	jan/2008	jun/2008			
34461	CRT	M	J	A	jun/2008	ago/2008	nov/2008	mai/2009		
34457	CRT	M	J	J	jun/2008	jul/2008				
32769	CAM	F	A	A	set/2007	out/2007	nov/2008			
32784*	CAM	F	J	A	out/2007	mai/2008	set/2008			
34401	CAM	F	J	A	dez/2007	mai/2009	jul/2009			
34435	CAM	F	A	A	abr/2008	set/2008				
34402	CAM	F	A	A	dez/2007	jan/2009				
13468	CAM	F	A	A	jan/2009	mai/2009				
32796	CAM	M	J	A	nov/2007	dez/2007	jun/2008			
13426	CAM	M	J	A	out/2008	mar/2009				

Tabela 5.2. Modelos possíveis e seus respectivos valores de AIC_c (Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas), Delta AIC_c (diferença entre o modelo em questão e o melhor modelo), Peso AIC_c (peso do ajuste de cada modelo), Verossimilhança do modelo, Número de parâmetros do modelo e Desviância (qualidade do ajuste estatístico para o modelo) para a população de *Augastes scutatus* do Alto do Palácio, Parque Nacional da Serra do Cipó. ϕ = probabilidade de sobrevivência e p = probabilidade de captura.

Modelo	AIC_c	Delta AIC_c	Peso AIC_c	Verossimilhança do modelo	Número de parâmetros	Desviância
$\Phi(\text{sexo}) p(\cdot)$	411,672	0,000	0,419	1,000	3,000	308,812
$\Phi(\cdot) p(\cdot)$	412,715	1,043	0,249	0,594	2,000	311,937
$\Phi(\cdot) p(\text{sexo})$	413,330	1,658	0,183	0,437	3,000	310,470
$\Phi(\text{sexo}) p(\text{sexo})$	413,734	2,062	0,149	0,357	4,000	308,763
$\Phi(\text{sexo}) p(\text{tempo})$	438,896	27,224	0,000	0,000	24,000	284,600
$\Phi(\cdot) p(\text{tempo})$	439,664	27,991	0,000	0,000	23,000	288,206
$\Phi(\text{tempo}) p(\cdot)$	455,078	43,406	0,000	0,000	23,000	303,621
$\Phi(\text{tempo}) p(\text{sexo})$	456,816	45,144	0,000	0,000	24,000	302,521
$\Phi(\cdot) p(\text{sexo}*\text{tempo})$	487,130	75,458	0,000	0,000	45,000	260,627
$\Phi(\text{sexo}) p(\text{sexo}*\text{tempo})$	489,388	77,715	0,000	0,000	46,000	258,711
$\Phi(\text{tempo}) p(\text{tempo})$	496,668	84,995	0,000	0,000	43,000	278,274
$\Phi(\text{sexo}*\text{tempo}) p(\cdot)$	515,048	103,376	0,000	0,000	45,000	288,545
$\Phi(\text{sexo}*\text{tempo}) p(\text{sexo})$	519,022	107,350	0,000	0,000	46,000	288,346
$\Phi(\text{tempo}) p(\text{sexo}*\text{tempo})$	579,561	167,889	0,000	0,000	65,000	250,723
$\Phi(\text{sexo}*\text{tempo}) p(\text{tempo})$	588,393	176,720	0,000	0,000	64,000	265,814
$\Phi(\text{sexo}*\text{tempo}) p(\text{sexo}*\text{tempo})$	714,072	302,400	0,000	0,000	83,000	240,103

Tabela 5.3. Valores estimados à partir do método de Cormack-Jolly-Seber para o melhor modelo populacional [$\phi(\text{sexo}) p(\cdot)$] segundo AIC_c . ϕ = probabilidade de sobrevivência e p = probabilidade de captura.

Parâmetro	Estimativa	\pm Erro Padrão	95% IC
ϕ Fêmeas	0,93	0,03	0,847 – 0,969
ϕ Machos	0,86	0,03	0,793 – 0,912
p	0,08	0,01	0,057 – 0,121

No presente estudo, a razão sexual de *A. scutatus* foi tendenciosa para machos. Segundo revisão de Donald (2007), sobre a razão sexual em populações de aves silvestres, machos são, em média, 33% mais numerosos que fêmeas e normalmente a razão sexual é significativamente tendenciosa para machos. Tal desvio pode ser decorrente de um decréscimo na sobrevivência das fêmeas, ocasionado pelos gastos energéticos no cuidado parental e pelo aumento do risco de predação durante o período de incubação, o que acabaria por reduzir a sobrevivência das fêmeas (Donald 2007). Entretanto, possivelmente esse não foi o fator determinante no desvio da razão sexual da população de *A. scutatus* estudada, uma vez que a sobrevivência das fêmeas mostrou-se superior à dos machos. Os dados deste estudo indicam que o desvio da razão sexual em favor dos machos em populações de aves silvestres parece não ser exclusivamente uma influência da sobrevivência diferencial entre os sexos.

A comparação da razão sexual entre indivíduos jovens e adultos de *A. scutatus* mostra uma redução na proporção de machos (jovens - 2,1:1; adultos - 1,6:1), indicando menor sobrevivência para os indivíduos machos desta população. Segundo os cálculos, a probabilidade de sobrevivência foi menor para machos de *A. scutatus*, o que pode explicar o declínio na proporção de machos na população estudada. Estudos sobre a razão sexual de outras espécies de beija-flores, normalmente registraram populações com razão sexual desviada para as fêmeas (Mulvihill *et al.* 1992, Borgella *et al.* 2001, Howell & Gardali 2003), padrão inverso ao encontrado no presente estudo. Entretanto, Bassett & Cubie (2009), registraram para jovens e adultos do beija-flor *Amazilia yucatanensis* razão sexual tendenciosa para machos. Além disso, para mais cinco espécies de beija-flores migrantes no Alabama e Florida, Bassett & Cubie (2009) registraram uma razão sexual tendenciosa para machos em indivíduos jovens, enquanto para adultos a razão sexual foi tendenciosa para fêmeas, o que sugere maior mortalidade de machos.

No presente estudo, a menor sobrevivência para os machos implica em uma maior mortalidade, uma vez que sobrevivência/mortalidade são parâmetros inversamente proporcionais (White & Burnhan 1999). Entretanto, a diferença encontrada na probabilidade de sobrevivência de machos e fêmeas de *A. scutatus* pode ser o efeito de uma maior probabilidade de emigração permanente de machos. Machos de *A. scutatus* possuem comportamento territorial (Vasconcelos 1999, Vasconcelos & Lombardi 2001, veja Capítulo I). Ao longo do período de estudo, na área de CRT amostrada, comumente foram observados machos desta espécie defendendo territórios. Normalmente, os machos eram registrados sempre nas mesmas áreas e, quando outro beija-flor (geralmente outro macho de *A. scutatus*)

se aproximava, era expulso pelo beija-flor residente. Desta forma, os machos que perdem a disputa por território provavelmente buscam por territórios em outras áreas.

No modelo de Cormarck-Jolly-Sebber, a sobrevivência aparente é igual à sobrevivência real quando a emigração é igual a zero (Krebs 1999). Deste modo, se muitos dos machos capturados no presente estudo emigraram da área devido à expulsão por machos residentes ou competitivamente mais fortes, a estimativa de sobrevivência tende a diferir da sobrevivência real apresentada pela população. Além disso, algumas espécies de beija-flores tendem a voltar sempre nas mesmas áreas para se reproduzir (Ruschi 1982). Apesar deste comportamento não ser conhecido para *A. scutatus*, ao longo de três anos de observações no CRT amostrado, foram registrados ninhos próximos (3 a 15 m) aos confeccionados nas estações reprodutivas anteriores (L.C. Rodrigues e M. Lobato, obs. pess.). Isso sugere que as fêmeas de *A. scutatus* reutilizam, com certa frequência, as mesmas áreas de nidificação. Entretanto, não se sabe os ninhos são sempre de uma mesma fêmea. Estudos que avaliem este aspecto, bem como o comportamento territorial de machos de *A. scutatus*, são de grande importância para o melhor entendimento da dinâmica populacional desta espécie.

Apesar do comportamento de machos e fêmeas de *A. scutatus*, sobretudo a hipótese de emigração permanente dos machos desta espécie, ser uma explicação plausível da diferença encontrada na sobrevivência entre os sexos, outros fatores que não são conhecidos podem ter levado à maior mortalidade de machos. Deste modo, futuros estudos sobre as fontes de mortalidade em populações de beija-flores podem elucidar esta variação ontogenética na mortalidade dos indivíduos machos em certas populações (veja Bassett & Cubie 2009), com incremento da mortalidade dos machos conforme os indivíduos atingem a maturidade.

O número de indivíduos capturados, bem como as estimativas de tamanho populacional, indica que há mais machos que fêmeas na população estudada de *A. scutatus* no AP. Entretanto, a estimativa da taxa intrínseca de crescimento populacional ao longo do período de estudo, apesar de ser muito próxima a 1, tanto para machos, quanto para fêmeas, indica que a população de fêmeas cresceu, enquanto a de machos diminuiu suavemente durante o período de estudo. Estes resultados podem indicar que a população de *A. scutatus* estudada está em um momento de desequilíbrio quanto à razão sexual, porém, tendendo ao equilíbrio de 1:1. Estudos de longa duração dos parâmetros populacionais desta espécie são necessários para verificar se a população realmente tende ao equilíbrio de 1:1 ou, se assim como em outras populações de aves silvestres, a razão sexual da população de *A. scutatus* se manterá tendenciosa para machos (veja Donald 2007).

Os dados deste estudo demonstraram que *A. scutatus* é uma espécie abundante e residente no AP, sendo muitos indivíduos fiéis à área onde vivem. Tal característica demonstra que a conservação desta espécie está intimamente relacionada à conservação de áreas de CRT, ambiente típico de *A. scutatus*. As informações aqui apresentadas, sobretudo sobre o tamanho populacional de *A. scutatus*, carecem de comparações com outros estudos para populações de beija-flores residentes. A ausência deste tipo de estudo restringe nossas conclusões. Contudo, por estar em uma área protegida e por ser a espécie de beija-flor mais abundante e generalista quanto ao uso de recursos florais na área estudada (veja Capítulos I, II e III.), *A. scutatus* pode ser considerada como espécie localmente não ameaçada. Entretanto, estudos em outras áreas de campos rupestres (principalmente áreas que sofrem pressões antrópicas e nas bordas de distribuição desta espécie) são necessários para elucidar o real estado de conservação de *A. scutatus* ao longo de sua distribuição.

Considerações finais

A comunidade de beija-flores e de plantas visitadas por estas aves nos campos rupestres do AP, com relação à riqueza de espécies, bem como ao número de espécies ornitófilas visitadas pelos beija-flores, assemelha-se mais às comunidades da Floresta Atlântica (Araujo 1996, Buzato *et al.* 2000, Rocca-de-Andrade 2006) do que às comunidades do Cerrado (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988, Rodrigues & Araujo 2011) e mesmo à comunidade da porção norte da Cadeia do Espinhaço (Machado *et al.* 2007). Estas semelhanças com a Floresta Atlântica, possivelmente se devem ao fato da região do AP estar sob influência da vegetação da Floresta Atlântica. Entretanto, estudos como este em outras áreas de campos rupestres, tanto sob a influência da vegetação da Floresta Atlântica, quanto do Cerrado e Caatinga são necessários para confirmar esta hipótese.

Assim como registrado anteriormente por outros estudos (Feinsinger 1976, Stiles 1978, Araujo 1996, Araujo & Sazima 2003, Rocca-de-Andrade 2006, Rodrigues & Araujo 2011), ficou evidente o uso de espécies com flores com características relacionadas à polinização por outros grupos de polinizadores nos campos rupestres do AP. Apesar dos beija-flores poderem agir como polinizadores da maioria destas espécies vegetais, a sua eficiência na polinização destas flores é desconhecida. Estudos que avaliem este aspecto são necessários e poderão ajudar a atestar que a polinização por beija-flores nas comunidades neotropicais ainda é subestimada e restrita às comunidades de plantas ornitófilas (Machado *et al.* 2007).

Além disso, o fato dos beija-flores visitarem e mesmo polinizarem espécies não-ornitófilas, leva a crer que a rede de interações entre beija-flores e flores está vinculada a redes de outros sistemas de polinização, sendo este um dos motivos que ocasionou a baixa conectância desta rede.

Outro aspecto demonstrado por este estudo é que a centralidade e a força das espécies que compõem esta rede estão relacionadas, no caso dos beija-flores, à abundância e ao período de ocorrência destas aves, enquanto no caso das plantas utilizadas pelos beija-flores, outros fatores, tais como, os valores energéticos do néctar oferecido pelas plantas e o comprimento da corola das flores, podem ser mais importantes na centralidade destas plantas do que a abundância de flores e o tempo de floração.

Este estudo deixou claro, ainda, a importância do beija-flor endêmico *A. scutatus* nesta comunidade. *Augastes scutatus* é uma espécie abundante, residente, sendo muitos indivíduos fiéis à área onde vivem (veja Capítulo V). Tais características fazem deste beija-flor o

principal visitante na rede de interações entre plantas e beija-flores do AP, sendo, por isto, considerado como espécie chave, o que torna de fundamental importância a conservação de áreas de CRT, ambiente típico de *A. scutatus* (Capítulo II e V).

Além disso, é de extrema importância a conservação de polinizadores para o bom funcionamento dos ecossistemas, visto que a polinização das flores, além de ser um passo essencial na reprodução sexual das angiospermas, permitindo a formação de frutos e sementes, é também um processo que beneficia os animais que polinizam estas plantas através da obtenção dos recursos florais, como pólen e néctar, bem como, dos animais que se alimentam das sementes e frutos formados após a polinização (Memmott *et al.* 2007). A alteração ou interrupção deste mutualismo, através da diminuição ou extinção de uma das espécies envolvidas, pode ter efeitos em cascata, afetando outros organismos que não participam diretamente destas relações (Nabhan & Fleming 1993, Memmott *et al.* 2004). Considerando esta hipótese, aliada ao fato de que, a comunidade de plantas visitadas pelos beija-flores no AP é composta por diversas espécies endêmicas dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço, algumas das quais classificadas em categorias de ameaça (Ministério do Meio Ambiente 2008, Lista das espécies ameaçadas de extinção de Minas Gerais 2007), e de que, o principal visitante desta comunidade, *A. scutatus*, também é endêmico, a extinção deste beija-flor, possivelmente levaria à desestabilidade desta rede de interações, acarretando a extinção de muitas espécies. Portanto, é de fundamental importância a conservação dos campos rupestres para a manutenção das espécies que compõem esta comunidade, única e ameaçada.

Referências Bibliográficas

- ABRAHAMCZYK S. & M. KESSLER. 2010. Hummingbird diversity, food niche characters, and assemblage composition among along a latitudinal precipitation gradient in the Bolivian lowlands. *Journal Field Ornithology*. doi: 10.1007/s10336-010-0496-x.
- ABREU C.R.M. 2006. Revisão taxonômica de *Augastes scutatus* (Temminck, 1824) (Aves: Trochilidae). Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.
- AIZEN M.A. 2003. Down-facing flowers, hummingbirds and rain. *Taxon* 52: 675-680.
- AIZEN M.A., C.L. MORALES & J.M. MORALES. 2008. Invasive mutualists erode native pollination webs. *PLoS Biology* 6: 396-402. doi:10.1371/journal.pbio.0060031.
- ALMEIDA-NETO M., P. GUIMARÃES, P.R. GUIMARÃES, R.D. LOYOLA & W. ULRICH. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* 117: 1227-1239. (doi: 10.1111/j.2008.0030-1299.2008.16644.x).
- ARAUJO A.C. 1996. Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ARAUJO A.C. & M. SAZIMA. 2003. The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the capões of southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Flora* 198: 427-435.
- ARIZMENDI M.C. & J.F. ORNELAS. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica* 22: 172-180.
- ATMAR W. & B.D. PATERSON. 1993. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitats. *Oecologia* 96: 373-382.
- AZEVEDO-RAMOS C., W.E. MAGNUSSON & P. BAYLISS. 1999. Predation as the key factor structuring tadpole assemblages in a savanna area in central Amazonia. *Copeia* 1999:22-33.
- BARROS F. 1990. Diversidade taxonômica e distribuição geográfica das Orchidaceae brasileiras. *Acta Botanica Brasilica* 4: 177-187.
- BASCOMPTE J., P. JORDANO, C.J. MELIAN, J.M. OLESEN. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 9383-9387. doi: 10.1073_pnas.1633576100
- BASCOMPTE J. & P. JORDANO. 2006. The structure of plant-animal mutualistic networks. Pp. 143-159. *In*: M. Pascual & J. Dunne (eds.). *Ecological networks: Linking Structure to Dynamics in Food Webs*. Oxford, Oxford University Press. 386p.

- BASCOMPTE J., P. JORDANO & J.M. OLESEN. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312: 431-433.
- BASCOMPTE J. & P. JORDANO. 2007. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 38: 567-593.
- BASSETT F. & D. CUBIE. 2009. Wintering hummingbirds in Alabama and Florida: species diversity, sex and age ratios, and site fidelity. *Journal Field Ornithology* 80: 154-162.
- BASTOLLA U., M.A. FORTUNA, A. PASCUAL-FARCIA, A. FERRERA, B. LUQUE & J. BASCOMPTE. 2009. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature*: 458: 1018-1020.
- BAWA K.S. 1990, Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 21: 399-422.
- BIRDLIFE-INTERNATIONAL. 2010. BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation. Version 2.0. Available at:<http://www.birdlife.org>. Acessado em: 04 junho 2010.
- BORGELLA R. JR., A.A. SNOW & T.A. GAVIN. 2001. Species richness and pollen loads of hummingbirds using forest fragments in southern Costa Rica. *Biotropica* 33: 90-109.
- BRAY J. R. & J.T. CURTIS. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- BURNHAM K.P., D.R. ANDERSON, G.C. WHITE, C. BROWNE & K.H. POLLOCK. 1987. Design and analysis methods for fish survival experiments based on release-recapture.
- BUZATO S., M. SAZIMA & I. SAZIMA. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32: 824-841.
- CHAVES M.L.S.C., J. KARFUNKEL, A. HOPPE & D.B. HOOVER. 2001. Diamonds from the Espinhaço range (Minas Gerais, Brazil) and their redistribution through the geological record. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 277-289.
- CONVERSE S.J., J.B. IVERSON & J.A. SAVIDGE. 2005. Demographics of an ornate box turtle population experiencing minimal human-induced disturbances. *Ecological Applications* 15: 2171-2179.
- COSTA F.N., M. TROVO & P.T. SANO. 2008. Eriocaulaceae na Cadeia do Espinhaço: riqueza, endemismo e ameaças. *Megadiversidade* 4: 117-125.
- COSTA L.M. & M. RODRIGUES. 2007. Novo registro de nidificação do beija-flor-de-gravata-verde *Augastes scutatus* estende período reprodutivo da espécie. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15: 131-134.

- COTTON P.A. 1998a. Coevolution in Amazonian hummingbird-plant community. *Ibis* 140: 639-646.
- COTTON P.A. 1998b. The hummingbird community of a lowland Amazonian rainforest. *Ibis* 140: 512-521.
- COTTON P.A. 2007. Seasonal resource tracking by Amazonian hummingbirds. *Ibis* 149: 135-142.
- CRUDEN R.W. 1972. Pollination in high-elevation ecosystems: relative effectiveness of birds and bees. *Science* 176: 1439-1440.
- DALSGAARD B., A.M. MARTÍN GONZÁLEZ, J.M. OLSEN, J. OLLERTON, A. TIMMERMANN, L.H. ANDERSEN & A.G. TOSSAS. 2009. Plant-hummingbird interactions in the West Indies: floral specialisation gradients associated with environment and hummingbird size. *Oecologia* 159: 757-766. doi: 10.1007/s00442-008-1255-z.
- DERBY O.A. 1906. The Serra do Espinhaço, Brazil. *The Journal of Geology* 14: 374-401.
- DES GRANGES J.L. 1979. Organization of a tropical nectar feeding bird guild in a variable environment. *Living Bird* 17: 199-236.
- DIAMOND J.M., W.H. KARASOV, D. PHAN & F.L. CARPENTER. 1986. Digestive physiology is a determinant of foraging bout frequency in hummingbirds. *Nature* 320: 62-63.
- DONALD P.F. 2007. Adult sex ratios in wild bird populations. *Ibis* 149: 671-692.
- DRUMMOND G.M., C.S. MARTINS, A.B.M. MACHADO, F.A. SEBAIO & Y. ANTONINI. 2005. Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.
- EITEN G. 1992. Natural Brazilian vegetation types and their causes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro 64: 34-65.
- EITEN G. 1992. Natural Brazilian vegetation types and their causes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro 64(1): 34-65.
- ESTRADA E. 2007. Characterization of topological keystone species local, global and “meso-scale” centralities in food webs. *Ecological Complexity* 4: 48-57.
- FAEGRI K. & VAN DER PIJL. 1980. *The principles of pollination ecology*. Oxford, New York, Pergamon Press.
- FEINSINGER P. 1976. Organization of a tropical guild of nectarivorous birds. *Ecological Monographs* 46: 257-291.
- FEINSINGER P. 1983. Coevolution and pollination. In: D. J. Futuyma & m. Slatkin (Eds.). *Coevolution* pp. 282-310. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- FEINSINGER P. & R.K. COLWELL. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *American Zoologist* 18: 779-795.

- FEINSINGER P., J.A. WOLFE & L.A. SWARM. 1982. Island ecology: reduced hummingbird diversity and the pollination biology of plants, Trinidad and Tobago, West Indies. *Ecology* 63: 494-506.
- FERREIRA A.M. 1997. Transformações de dados em medidas de semelhança e suas interpretações ecológicas. *Revista Brasileira de Ecologia* 1: 111-114.
- FORTUNA M.A. & J. BASCOMPTE. 2006. Habitat loss and the structure of plant-animal mutualistic networks. *Ecology Letters* 9. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00868.x
- FRANÇA H. & K.T. RIBEIRO. 2008. Mapeamento de queimadas no Parque Nacional da Serra do Cipó e na Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, MG. 1984-2007. Ministério do Meio Ambiente e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.
- FREEMAN L. C. 1979. Centrality in social networks: I. Conceptual clarification. *Social Networks* 1: 215-239.
- FREITAS L. & M. SAZIMA. 2001. Nectar features in *Esterhazyia macrodonta*, a hummingbird-pollinated Scrophulariaceae in southeastern Brazil. *Journal Plant Research*. 114: 187-191.
- FREITAS L. & M. SAZIMA. 2006. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: interactions at the community level. *Annals of Missouri Botanical Garden* 96: 465-516.
- GALETTO L. & G. BERNARDELLO. 2005. Rewards in flowers: Nectar. In: *Practical Pollination Biology*. Dafni A., P.G. Kevan & B.C. Husband (eds.). Enviroquest Ltd. 590p.
- GENINI J., L.P.C. MORELLATO, P.R. GUIMARÃES & J. M. OLESEN. 2010. Cheaters in mutualism networks. *Biology Letters*. doi: 10.1098/rsbl.2009.1021.
- GIULIETTI A.M. & N. HENSOLD. 1990. Padrões de distribuição geográfica dos gêneros de Eriocaulaceae. *Acta Botanica Brasílica*. 4: 133-158.
- GIULIETTI A.M., N.A. MENEZES, J.R. PIRANI, M. MEGURO & M.G.L. VANDERLEY 1987. Flora da Serra do Cipó: caracterização e lista de espécies. *Boletim de Botânica da USP* 9: 1-151.
- GOTELLI N.J & A.M. ELLISON 2011. *Princípios de estatística em ecologia*. Porto Alegre, Artmed. 528 pp.
- GRANTSAU R. 1988. *Os beija-flores do Brasil*. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura. 233 pp.
- GUIMARAES P.R., P. GUIMARAES. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software* 21: 1512-1513.

- HAMMER O., D.A. T. HARP & P.D. RYAN. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia electronic* 4: 9. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- HARLEY R.M. 1988. Evolution and distribution of *Eriope* (Labiatae) and its relatives, in Brazil. In: *Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns*. Vanzolini P.E. & W.R. Heyer (eds.). Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro.
- HILTON B. JR. & M.W. MILLER. 2003. Annual survival and recruitment in a Ruby-throated Hummingbird population, excluding the effect of transient individuals. *Condor* 105:54-62
- HOWELL S.N.G. & T. GARDALI. 2003. Phenology, sex ratios, and population trends of *Selasphorus* hummingbirds in central coastal California. *Journal of Field Ornithology* 74: 17-27.
- JACOBI C.M., F.F. CARMO, R.C. VINCENT & J.R. STEHMANN. 2007. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 16: 2185-2200.
- JACOBI C.M & Y. ANTONINI. 2008. Pollinators and defence of *Stachytarpheta glabra* (Verbenaceae) nectar resources by the hummingbird *Colibri serrirostris* (Trochilidae) on ironstone outcrops in south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 24: 301-308. doi:10.1017/S0266467408005051
- JACOBI C.M. & F.F. CARMO. 2008. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. *Megadiversidade* 4: 24-32.
- JONHSGARD P.A. 1997. *The hummingbirds of North America*. Second edition. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- JORDANO P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist* 129: 657-677.
- JORDANO P., J. BASCOMPTE & J.M. OLESEN. 2007. The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. In: *Specialization and generalization in plant-pollinator interactions*. Waser N.M. & J. Ollerton (eds.). University of Chicago Press, EEUU. Pages 173-199.
- KODRIC-BROWN A., J.H. BROWN, G.S. BYERS & D.F. GORI. 1984. Organization of a tropical island community of hummingbirds and flowers. *Ecology* 65: 1358-1368.
- KREBS C.J. 1999. *Ecological methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers, Menlo Park, California. 624pp.

- LEBRETON J.D., K.P. BURNHAM, J. CLOBERT & D.R. ANDERSON. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs* 62:67-118.
- LEITE F.S.F., F.L. JUNCÁ & P.C. ETEROVICK. 2008. Status do conhecimento, endemismo e conservação de anfíbios anuros da Cadeia do Espinhaço, Brasil. *Megadiversidade* 4: 182-200.
- LEVEY D.J. 1988. Spatial and temporal variation in Costa Rican fruit and fruit-eating bird abundance. *Ecological Monographs* 58: 251-269.
- LEWINSOHN T.W., P.I PRADO, P. JORDANO, J. BASCOMPTE & J.M. OLESEN. 2006. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos* 113: 174-184.
- LISTA DAS ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO DA FLORA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. 2007. Deliberação COPAM 085/97.
- LISTA OFICIAL DAS ESPÉCIES DA FLORA BRASILEIRA AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO. 2008. Ministério do Meio Ambiente.
- LOISELLE B.A. & J.G. BLAKE. 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa Rica. *Ecology* 72: 180-193.
- MACHADO C.G. 2009. Beija-flores (Aves: Trochilidae) e seus recursos florais em uma área de caatinga da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sociedade Brasileira de Zoologia* 26: 255-265.
- MACHADO C.G., A.G. COELHO, C.S. SANTANA & M. RODRIGUES. 2007. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, Bahia. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15: 267-279.
- MACHADO I.C. & LOPES A.V. 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* 94: 365-75.
- MADEIRA A.J. & W.G. FERNANDES. 1999. Reproductive phenology of sympatric taxa of *Chamaecrista* (Leguminosae) in Serra do Cipó, Brasil. *Journal of Tropical Ecology* 15: 463-479.
- MALIZIA L.C. 2001. Seasonal fluctuations of birds, fruits, and flowers in a subtropical forest of Argentina. *Condor* 103: 45-61.
- MARTÍN GONZÁLEZ A.M., B. DALSGAARD & J.M. OLSEN. 2010. Centrality measures and the importance of generalist species in pollination networks. *Ecological Complexity* 7: 36-43. doi:10.1016/j.ecocom.2009.03.008.

- MAY R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. *In*: Ecology and evolution of communities. Cody, M. L. and Diamond, J. M. (eds). Belknap Press of Harvard Univ. Press, pp. 81-120.
- MELO-JÚNIOR T. A., M. F. VASCONCELOS, G. W. FERNANDES & M. A. MARINI. 2001. Bird species distribution and conservation in the Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. *Bird Conservation International* 11: 189-204.
- MEMMOTT J., N.M. WASER & M.V. PRICE. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings Royal Society of London* 271: 2605-2611.
- Memmott J., Craze P. G., Waser N. M & Price M. V. 2007. Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters* 10: 710-717.
- MONTEGOMERIE R.D. & C.L. GASS. 1981. Energy limitation of hummingbird populations in tropical and temperate communities. *Oecologia* 50: 162-165.
- MULVIHILL R.S., R.C. LEBERMAN & D.S. WOOD. 1992. A possible relationship between reversed sexual size dimorphism and reduced male survivorship in the Ruby-throated Hummingbird. *Condor* 94: 480-489.
- NABHAN G.P. & T. FLEMING. 1993. The conservation of mutualisms. *Conservation Biology* 7: 457-459.
- NEWELL F.L., S.L. G. MATAMOROS & M.M. EASTWOOD. 2007. Juvenal plumage in the Green-breasted Mountain-gem (*Lampornis sybilla*) with observations on timing of breeding and molt. *The Wilson Journal of Ornithology* 119: 733-736
- NEWMAN M.E.J. 2003. The structure and function of complex networks. *SIAM Review* 45: 167-256.
- NEWSTROM L.E., G.W. FRANKIE & H.G. BAKER. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.
- PIACENTINI V.C. & I.G. VARASSIN. 2007. Interaction network and the relationships between bromeliads and hummingbirds in an area of secondary Atlantic rain forest in southern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 23: 663-671. doi:10.1017/S026646740700449X
- PIGOZZO C.M. & B.F. VIANA. 2010. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. *Oecologia Australis* 14: 100-114. doi: 10.4257/oeco.2010.1401.04
- PIKE G.H. 1978. Optimal foraging in hummingbirds: testing the marginal value theorem. *American Zoologist* 18: 739-752.
- POULIN B., LEFEBVRE G. & MCNEIL R. 1993. Variations in bird abundance in tropical, arid and semiarid habitats. *Ibis* 135: 432-441.

- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RAMOS-JILIBERTO R., A.A. ALBORNOZ, F.S. VALDOVINOS, C. SMITH-RAMÍREZ, M. ARIM, J.J. ARMESTO & P.A. MARQUET. 2009. A network analysis of plant-pollinator interactions in temperate rain forests of Chiloé Island, Chile. *Oecologia* 160:697-706. doi: 10.1007/s00442-009-1344-7
- RAPINI A., P.L. RIBEIRO, S. LAMBERT & J.R. PIRANI. 2008. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade* 4: 15-23.
- RIBEIRO K.T., J.S. NASCIMENTO, J.A. MADEIRA & L.C. RIBEIRO. 2009. Aferição dos limites da Mata Atlântica na Serra do Cipó, MG, Brasil, visando maior compreensão e proteção de um mosaico vegetacional fortemente ameaçado. *Natureza & Conservação* 7: 30-49.
- ROCCA-DE-ANDRADE M. 2006. Recurso floral para aves em uma comunidade de Mata Atlântica de encosta: sazonalidade e distribuição vertical. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.
- RODRIGUES L.C. & A.C. ARAUJO. 2011. The hummingbird community and their floral resources in an urban forest remnant in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. no prelo.
- RODRIGUES M., G. H.D. FREITAS, L.M. COSTA, D.F. DIAS, M.L.M. VARELA & L.C. RODRIGUES. 2011. Avifauna, Alto do Palácio, Serra do Cipó National Park, state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Check List* 7: 151-161.
- RODRIGUES M., L.A. CARRARA, L.P. FARIA & H.B. GOMES. 2005. Aves do Parque Nacional da Serra do Cipó: o vale do Rio Cipó, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 326-338.
- ROSETO-LASPRILLA L. 2003. Interação planta/beija-flor em três comunidades vegetais da parte sul do Parque Nacional Natural Chiribiquete, Amazonas (Colômbia). Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- RUSCHI A. 1982. AVES DO BRASIL: BEIJA-FLORES. Volumes 4 e 5. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura. 452 pp
- RUSCHI A. 1962. Algumas observações sobre *Augastes lumachellus* (Lesson) e *Augastes scutatus* (Temminck). *Boletim do Museu de Biologia Professor Mello Leitão (Série Biol.)* 31: 1-4.
- SANMARTIN-GAJARDO I. & M. SAZIMA. 2005. Chiropterophily in *Sinningieae* (Gesneriaceae): *Sinningia brasiliensis* and *Paliavana prasinata* are bat-pollinated, but *P. sericiflora* is not. Not yet? *Annals of Botany* 95: 1097-1103

- SAZIMA C., P.R. GUIMARÃES, S.F. REIS & I. SAZIMA. 2010. What makes a species central in a cleaning mutualism network? *Oikos* 119: 1319-1325. doi: 10.1111/j.1600-0706.2009.18222.x
- SAZIMA I., S. BUZATO & M. SAZIMA. 1996. An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in a montane forest in southeastern Brazil. *Botânica Acta* 109: 149-160.
- SAZIMA M. 1977. Hummingbird pollination of *Barbacenia flava* (Velloziaceae) in the Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. *Flora* 166: 239-247,
- SAZIMA M. 1981. Polinização de duas espécies de *Pavonia* (Malvaceae) por beija-flores, na Serra do Cipó, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Biologia* 41: 733-737.
- SAZIMA M., I. SAZIMA & S. BUZATO. 1994. Nectar by day and night: *Siphocampylus sulfureus* (Lobeliaceae) pollinated by hummingbirds and bats. *Plant Systematics and Evolution* 191: 237-249.
- SCHONDUBE J.E., E.C. SANTANA & I. RUÁN-TEJEDA. 2003. Biannual cycles of the Cinnamon-bellied Flowerpiercer. *Biotropica* 35: 250-261.
- SCHUCHMANN K.L. 1999. Family Trochilidae (hummingbirds). *In: Handbook of the birds of the world.* del Hoyo J., A. Elliott & J. Sargatal (eds.). Volume 5. Lynx Edicions, Barcelona, p. 468-680.
- SIGRIST T. 2007. *Guia de campo: aves do Brasil oriental*. São Paulo, Brasil: Avis Brasilis, 448 p.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER I. & G. GOTTSBERG. 1988. A polinização de plantas do cerrado. *Brazilian Journal of Biology* 48: 651-663.
- SILVA J.M.C. 1995. Biogeographic analysis of the South American Cerrado avifauna. *Steenstrupia* 21: 49-67.
- SILVA J.M.C. 1998. Integrating biogeography and conservation: an example with birds and plants of the Cerrado region. *Anais da Acadêmia Brasileira de Ciência* 70: 881-888.
- SKUTCH A.F. 1950. The nesting season of Central American birds in relation to climate and food supply. *Ibis* 92: 185-223.
- SNOW B.K. & D.W. SNOW. 1972. Feeding niches of hummingbirds in a Trinidad valley. *Journal of Animal Ecology* 41: 471-485.
- SNOW D.W. & B.K. SNOW. 1980. Relationships between hummingbirds and flowers in the Andes of Colombia. *Bulletin of the British Museum of Natural History (Zool.)* 38: 105-139.
- SNOW D.W. & B.K. SNOW. 1986. Feeding ecology of hummingbirds in the Serra do Mar, southeastern Brazil. *El Hornero* 12: 286-296.

- SNOW D.W. & D.I. TEIXEIRA. 1982. Hummingbirds and their flowers in the coastal mountains of southeastern Brazil. *Journal of Ornithology*. 123: 446-450.
- STATTERSFIELD A.J., M.J. CROSBY, A.J. LONG, & D.C. WEGE. 1998. Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation. Cambridge: BirdLife International.
- STILES F.G. 1975. Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. *Ecology* 56: 285-301.
- STILES F.G. 1978. Temporal organization of flowering among the hummingbird food plants of a tropical wet forest. *Biotropica* 10: 194-210.
- STILES F.G. 1980. The annual cycles in a tropical wet forest hummingbird community. *Ibis* 122: 322-343.
- STILES F.G. 1981. Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America. *Annals of Missouri Botanical Garden* 68: 323-351.
- STILES F.G. 1985. Seasonal pattern and coevolution in the hummingbird-flower community of a Costa Rican sub-tropical forest. *In: Neotropical Ornithology*. Buckley, P.A., M.S. Morton, R.S. Ridgley & F.G. Buckley (eds). Washington, DC. pp 757-787.
- VASCONCELOS M.F. 1999. Natural history notes and conservation of two species endemic to the Espinhaço Range, Brazil: Hyacinth Visorbearer *Augastes scutatus* and Grey-backed Tachuri *Polystictus superciliaris*. *Cotinga* 11: 75-78.
- VASCONCELOS M.F. 2008. Mountaintop endemism in eastern Brazil: why some bird species from campos rupestres of the Espinhaço Range are not endemic to the Cerrado region? *Revista Brasileira de Ornitologia* 16: 348-362.
- VASCONCELOS M.F. & J.A. LOMBARDI. 1999. Padrão Sazonal de ocorrência de seis espécies de beija-flores (Apodiformes: Trochilidae) em uma localidade de campo rupestre na Serra do Curral, Minas Gerais. *Ararajuba* 7: 71-79.
- VASCONCELOS M.F. & J.A. LOMBARDI. 2001. Hummingbirds and their flowers in the *campos rupestres* of southern Espinhaço Range, Brazil. *Melopsittacus* 4: 3-30.
- VASCONCELOS M.F., VASCONCELOS P.N. & G.W. FERNANDES. 2001. Observations on a nest of Hyacinth Visorbearer *Augastes scutatus*. *Cotinga* 16: 57-61.
- VASCONCELOS M.F., L.E. LOPES, C.G. MACHADO & M. RODRIGUES. 2008. As aves dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço: diversidade, endemismo e conservação. *Megadiversidade* 4: 221-241.
- VASCONCELOS M.F. & M. RODRIGUES. 2010. Patterns of geographic distribution and conservation of the open-habitat avifauna of southeastern Brazilian mountaintops (campos rupestres and campos de altitude). *Papéis Avulsos de Zoologia* 50: 1-29.

- VÁSQUEZ D.P., M.A. AIZEN. 2004. Asymmetric specialization: a pervasive feature of plant-pollinator interactions. *Ecology* 85: 1251-1257.
- VÁSQUEZ D.P., C.J. MELIÁN, N.M. WILLIAMS, N. BLÜTHGEN, B.R. KRASNOV & R. POULIN. 2007. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos* 116: 1120-1127.
- VERSIEUX L.M., T. WENDT, R.B. LOUZADA & M.G.L. WANDERLEY. 2008. Bromeliaceae da Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade* 4: 126-138.
- WHITE G.C. & K.P. BURNHAM. 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46: 120-138.
- WIENS J.A. 1989. A case study: interactions among nectarivores. *In: The ecology of bird communities. Volume 2: Processes and variations.* Barnes R.S.K, H.J.B. Birks, E.F. Connor & R.T. Paine (eds). Cambridge University Press. 316 p.
- WOLF L.L., F.G. STILES & F.R. HAINSWORTH. 1976. Ecological organization of a tropical, highland hummingbird community. *Journal of Animal Ecology* 32: 349-379.
- ZAPPI D. & N. TAYLOR. 2008. Diversidade e endemismo das Cactaceae na Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade* 4: 139-144.
- ZAR J.H. 1999. *Biostatistical analysis.* Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, U.S.A.