

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HENRIQUE CHUPIL

USO DE GRÃOS DE PÓLEN NA IDENTIFICAÇÃO DE PLANTAS E PARA EXAMINAR A  
PARTIÇÃO DE NICHO ALIMENTAR ENTRE BEIJA-FLORES NO SUL DO BRASIL

CURITIBA

2013

HENRIQUE CHUPIL

USO DE GRÃOS DE PÓLEN NA IDENTIFICAÇÃO DE PLANTAS E PARA EXAMINAR A  
PARTIÇÃO DE NICHO ALIMENTAR ENTRE BEIJA-FLORES NO SUL DO BRASIL

Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre em Ecologia e  
Conservação do Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia e Conservação, Setor de Ciências  
Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: James Joseph Roper Ph.D.

CURITIBA

2013



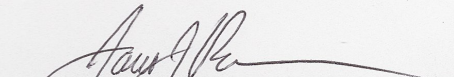
## PARECER

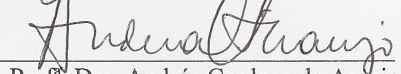
Os abaixo-assinados, membros da banca examinadora da defesa da dissertação de mestrado, a que se submeteu **Henrique Chupil** para fins de adquirir o título de Mestre em Ecologia e Conservação, são de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do trabalho de conclusão do candidato.

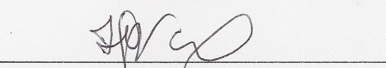
Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação.

Curitiba, 19 de fevereiro de 2013.

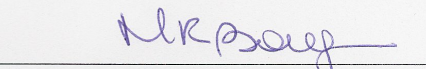
BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Dr. James Joseph Roper  
Orientador e Presidente

  
Prof.ª Dra. Andréa Cardoso de Araújo  
Membro

  
Prof.ª Dra. Isabela Galarda Varassin  
Membro

Visto:

  
Prof.ª Dra. Maria Regina Torres Boeger  
Coordenadora do PPG-ECO

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador James Joseph Roper pela orientação concedida, por todas as sugestões durante o desenvolvimento do trabalho e auxílio nas análises e redação da dissertação.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Isabela Galarda Varassin e Dra. Andréa C. Araújo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior que, através do Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, concedeu a bolsa de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, incluindo a coordenação, secretaria e a todos os professores pela amizade e dois anos de muita dedicação e conhecimento, em especial à Professora Rosana Moreira da Rocha e Isabela Galarda Varassin, que também auxiliaram disponibilizando alguns materiais.

Aos meus pais, Valdemar Chupil e Sueli Chupil, minha irmã Priscila Chupil e minha noiva Fernanda Locatelli Machado pelo incentivo, carinho, auxílio e dedicação.

Aos biólogos Fabiano Maia e Dimitri de Quadros Wilberg pelo auxílio com a identificação de algumas espécies de plantas e ao fotógrafo Hudson Garcia pela disponibilização de fotos de beija-flores.

À todos os amigos que fiz ao longo destes dois anos na UFPR, que de alguma forma contribuíram ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
MAIN ABSTRACT .....	9
INTRODUÇÃO GERAL .....	11
REFERÊNCIAS .....	13
CAPÍTULO I – IDENTIFICAÇÃO DE PLANTAS PELAS CARACTERÍSTICAS DO PÓLEN: UMA METODOLOGIA ALTERNATIVA .....	16
RESUMO .....	17
ABSTRACT .....	19
INTRODUÇÃO .....	21
MÉTODOS .....	22
Coleta, análise do material e área de estudo .....	22
Medidas do pólen .....	23
Formato e características superficiais .....	23
Análises .....	26
RESULTADOS .....	26
Funções discriminantes .....	27
DISCUSSÃO .....	28
REFERÊNCIAS .....	31
TABELAS .....	34
LEGENDAS DAS FIGURAS .....	39
FIGURAS .....	42
CAPÍTULO II – COMPETIÇÃO? SOBREPOSIÇÃO DE NICHO ENTRE ESPÉCIES DE BEIJA- FLORES NO SUL DO BRASIL .....	51
RESUMO .....	52
ABSTRACT .....	54
INTRODUÇÃO .....	56
MÉTODOS .....	58
Área de estudo .....	58
Capturas .....	58
Análises .....	59
RESULTADOS .....	60

DISCUSSÃO .....	62
REFERÊNCIAS .....	67
TABELAS .....	71
LEGENDAS DAS FIGURAS .....	76
FIGURAS .....	78

## RESUMO GERAL

A teoria sugere que espécies que ocupam o mesmo nicho não devem ser simpátricas devido a exclusão competitiva. Como consequência disso, para que espécies potencialmente competidoras coexistam e partilhem o recurso disponível, é necessário que separem-se temporalmente ou espacialmente. Este processo propõe explicar vários componentes da estrutura das assembleias de beija-flores, devido à importância e à especialização em um recurso (néctar). Para testarmos se a sobreposição de nicho alimentar está relacionada com a distribuição temporal e a diferença morfológica das espécies de beija-flores, fizemos uma análise em duas partes. Primeiro (capítulo 1), propomos uma metodologia para a identificação das plantas pelas características dos grãos de pólen obtidos de várias espécies de plantas, incluindo algumas potencialmente visitadas pelas aves. Na segunda parte (capítulo 2), capturamos beija-flores para coletar grãos de pólen aderidos ao corpo das aves. Ambas as etapas ocorreram no período de setembro de 2011 a outubro de 2012. Os grãos coletados foram fixados em lâminas, fotografados ao microscópio ótico, medidos e classificados com base em suas características morfológicas. Um total de 84 espécies de plantas foram identificadas, e seus grãos de pólen medidos e classificados segundo sete grupos de características (formato, secção transversal, superfície, eixos de simetria, adornos, contorno e formato das extremidades). Obtivemos uma diferenciação total (100%) em 45 espécies (54%), entre 80 e 99% em 20 espécies (24%) e abaixo de 80% em 19 espécies (22%). Porém, neste último grupo, dividimos as espécies em subgrupos por mês de floração e que compartilhavam das mesmas características morfológicas e reaplicamos funções discriminantes. Como resultado, todas aumentaram o seu percentual de diferenciação, sendo que em 53% obtiveram mais de 80% de discriminação. Por fim, vimos que a utilização desta metodologia mostrou-se eficaz no grupo de espécies analisadas (acima de 80% de classificação correta em 77% das espécies coletadas) e, diante disso, aplicamos o mesmo método ao pólen coletado de 1431 beija-flores capturados. A partir das

espécies de plantas identificadas nas aves, calculamos índices de similaridade (grau de sobreposição de nicho alimentar). Também estimamos similaridade morfológica entre pares de espécie pelo comprimento do bico e peso. Dados adicionais de capturas de beija-flores dos anos de 2004 a 2012, foram utilizados para calcular o índice de similaridade da sobreposição de tempo em que as espécies compartilham a área. Regressões lineares foram aplicadas para testar se a sobreposição de nicho alimentar é menor em espécies mais semelhantes e cuja sobreposição temporal é maior. A ocorrência de pólen nos beija-flores foi relativamente baixa, sugerindo que estas aves podem não ser tão eficientes como polinizadores ou que algum fator comportamental pode estar interferindo neste percentual. Os resultados apontam para uma grande sobreposição de uso de recursos florais utilizados como alimento pelas aves, o que mostrou-se independente da morfologia e da sobreposição temporal das espécies. Portanto, propomos que pela natureza e disponibilidade dos recursos alimentares, este não é limitante no sentido comum e as espécies de beija-flores podem sobrepôr na sua exploração.

## MAIN ABSTRACT

Theory suggests that sympatric species should not occupy the same niche due to competitive exclusion. Consequently, when potentially competing species are sympatric and share available resources, we expect that resource use be spatially or temporally separate to avoid competition. We tested whether a group of temporally and spatially sympatric hummingbirds divide the resource base in some way. Resource use and overlap were examined in two parts. First (Chapter 1), we proposed and tested a method to identify plant species by means of pollen using measurements of morphology (shape) and superficial characteristics. Second (Chapter 2), we gathered pollen from hummingbirds and used our proposed method of identification, we examined resource use overlap. From September 2011 to October 2012 we collected pollen grains from plants and hummingbirds, and prepared slides with pollen for subsequent measurement and identification using photomicroscopy. Photos, at constant magnification, allowed measurement of pollen morphology and description of superficial characteristics. With a total of 84 identified flowering plant species from which we collected pollen, with a combination of measurements and seven superficial groups of characteristics (shape, cross-section, surface, symmetry axes, ornaments, contour and distal shapes) we found 100% correct classification of 45 species (54%), 80 to 99% correct in 20 species (24%) and 60 - 80% in 19 species (22%). When we separated the latter group by month during which pollen was collected and reapplied the method, more than half (53%) now varied between 80% and 100% correct classification. Thus, our proposed classification method effectively and efficiently identified pollen species based on simple and easy-to-define morphology and superficial characteristics (> 80% correct classification in 77% of the species). We then applied the method to the pollen samples taken from the hummingbirds. Once plants were identified, we estimated niche overlap among the hummingbirds (as measured by similarity indices of plants visited by hummingbirds). Morphological similarity between pairs of hummingbird species was estimated by

bird weight and bill length. We used capture data during the years 2004 to 2012 to estimate temporal similarity. We tested whether niche overlap was inversely related to morphological and temporal overlap. Surprisingly, many birds were captured with no evidence of pollen, which suggests that hummingbirds may be not as effective as pollinators as previously supposed. Nonetheless, overlap in resource use was surprisingly large, and was independent of morphology and temporal overlap of species. Thus, hummingbirds apparently are seldom limited by resources such that species dominate flowers thereby dividing the resource base, as expected by competitive exclusion.

## INTRODUÇÃO GERAL

A exclusão competitiva sugere que organismos simpátricos não ocupem o mesmo nicho. Como consequência disso, para que espécies potencialmente competidoras coexistam e partilhem o recurso disponível, é necessário que separem-se temporalmente ou espacialmente (Hutchinson, 1959; May e MacArthur, 1972; Ricklefs, 2003). O compartilhamento de recursos alimentares entre organismos potencialmente competidores pode explicar vários componentes da estrutura das comunidades de beija-flores, não estando apenas relacionada a atributos morfológicos, mas também ao tipo de estratégia de forrageamento utilizada (Feinsinger e Chaplin, 1975).

Beija-flores forrageiam conforme a disponibilidade temporal do recurso deslocando-se dentro e entre habitats (Montgomerie e Gass, 1981). Esta comportamento gera picos de abundância das espécies que podem corresponder aos picos de disponibilidade do seu recurso de maior preferência (Stiles, 1980). Beija-flores realizam deslocamentos altitudinais, longitudinais e locais, estando diretamente relacionados com a sazonalidade e a disponibilidade dos recursos (Sick, 2001).

A busca constante pelo néctar favorece o transporte dos grãos de pólen aderidos no corpo das aves, podendo assim, atuarem como importantes agentes polinizadores (Buzato *et al.*, 2000; Vasconcellos e Freitas, 2007). O néctar corresponde ao principal recurso floral ofertado como atrativo pelas plantas, sendo composto basicamente por água, aminoácidos e açúcar (sacarose, glicose e frutose). A concentração destes diferentes tipos de açúcares está diretamente relacionada com a preferência dos visitantes florais, sendo este fator parte do conceito da “síndrome de polinização”, que aborda as relações entre a planta e seus agentes polinizadores (Faegri & Van der Pijl, 1980).

Espécies diferentes de beija-flores comumente coexistem dentro de uma comunidade, sendo que cada indivíduo visa um forrageamento ótimo, avaliando os custos (como a distância a ser percorrida e a presença de competidores) e os benefícios (como a qualidade do néctar e número de

flores disponíveis) (Navarro, 1992; Bateson *et al.*, 2003; Bacon *et al.*, 2010). Um dos principais fatores que possibilitaram essa coexistência foram adaptações morfológicas e fisiológicas, como a diferenciação no tamanho corporal e dos bicos, exploração de habitats variados e diferentes estratégias de forrageamento (Dalsgaard *et al.*, 2009).

Sobreposição de nicho e redes de interação entre beija-flores e plantas, utilizam como metodologia a observação das potenciais espécies de plantas e de seus visitantes (Kodric-Brown *et al.*, 1984; Buzato *et al.*, 2000; Abreu e Vieira, 2004; Lara, 2006; Cotton, 2007; Vasconcelos e Freitas 2007; Dalsgaard *et al.*, 2008; Abrahamczyk e Kessler, 2010; Rodrigues e Araujo, 2011; Dalsgaard *et al.*, 2012). Este método, apesar de indispensável para compreender questões ecológicas e comportamentais das aves, demanda um grande tempo em campo e, além disso, permite um número viável reduzido de plantas a serem acompanhadas e pode não englobar todos os potenciais polinizadores. A partir disso, propomos aqui uma metodologia alternativa que utiliza características dos grãos de pólen para diferenciar e conseqüentemente identificar plantas. Testamos essa metodologia na carga de pólen depositada nos beija-flores, visando identificar as espécies de plantas visitadas por eles e relacionar sobreposição de recursos florais com a diferenciação morfológica e a sobreposição temporal das espécies.

## REFERÊNCIAS

- Abrahamczyk, S., e Kessler, M. 2010. Hummingbird diversity, food niche characters, and assemblage composition along a latitudinal precipitation gradient in the Bolivian lowlands. *Journal of Ornithology* 151:615–625.
- Abreu, C. R. M., e Vieira, M. F. 2004. Os beija-flores e seus recursos florais em um fragmento florestal de Viçosa, sudeste brasileiro. *Lundiana* 5:129–134.
- Bacon, I. E., Hurly, T. A. e Healy, S. 2010. Both the past and the present affect risk-sensitive decisions of foraging rufous hummingbirds. *Behavioral Ecology* 21:626–632.
- Bateson, M., Healy, S. e Hurly, T. A. 2003. Context-dependent foraging decisions in rufous hummingbirds. *Proceedings of the Royal Society Biological Science* 270:1271–1276.
- Buzato, S., Sazima, M. e Sazima, I. 2000. Hummingbird pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32:824-841.
- Cotton, P. A. 2007. Seasonal resource tracking by Amazonian hummingbirds. *Ibis* 149:135–142.
- Dalsgaard, B., González, A. M. M., Olesen, J. M., Ollerton, J., Timmermann, A., Andersen, L. H., e Tossas, A. G. 2008. Pollination networks and functional specialization: a test using Lesser Antillean plant hummingbird assemblages. *Oikos* 117:789–793.
- Dalsgaard, B., Gonzales, A. M. M., Olesen, J. M., Ollerton, J., Timmermann, A., Andersen L. H. e Tossas, A. G. 2009. Plant – hummingbird interactions in the West Indies: floral specialisation gradients associated with environment and hummingbird size. *Oecologia* 159:757-766.
- Dalsgaard, B., Carstensen, D. W., Kirkconnell, A., González, A. M. M., Garcia, O. M. Timmermann, A. e Sutherland W. J. 2012. Floral traits of plants visited by the Bee Hummingbird

(*Mellisuga helenae*). *Ornitologia* 23:143–149.

Faegri K e van der Pijl L. 1980. *The principles of pollination ecology*. New York: Pergamon Press. 244p.

Feinsinger P e Chaplin., S. B. 1975. On the relationship between wing disc loading and foraging strategy in hummingbirds. *American Naturalist* 109:217-224.

Hutchinson, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *American Naturalist* 93:145-159.

Kodric-Brown, A., Brown, J. H., Byers, G. S., e Gori, D. F. 1984. Organization of a tropical island community of hummingbirds and flowers. *Ecology* 65:1358–1368.

Lara, C. 2006. Temporal dynamics of flower use by hummingbirds in a highland temperate forest in Mexico. *Ecoscience* 13:23-20.

May, R. M. e Mac Arthur., R. H. 1972. Niche Overlap as a Function of Environmental Variability. *Proceedings of the National Academy Science* 69:1109–1113.

Montgomerie, R. D. e Gass., C. L. 1981. Energy limitation of hummingbird populations in tropical and temperate communities. *Oecologia* 50:162–165.

Navarro, A. G. 1992. Altitudinal distribution of birds in the Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico. *The Condor* 94:29-39.

Ricklefs, R. E. 2003. *A economia da natureza*. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 493p.

Rodrigues, L. C. e Araujo, A. C. 2011. The hummingbird community and their floral resources in an urban forest remnant in Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71:611–22.

Sick, H. 2001. Ornitologia brasileira. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 862 p.

Stiles, F. G. 1980. The annual cycle in a tropical wet forest hummingbird community. *Ibis* 122:322-343.

Vasconcellos, N. C. e Freitas, L. 2007. Floral resources for hummingbirds in the arboretum of the Rio de Janeiro Botanical Garden, Brazil. *Davidsonia* 18:3-15.

**CAPÍTULO I – IDENTIFICAÇÃO DE PLANTAS PELAS CARACTERÍSTICAS DO GRÃO  
DE PÓLEN: UMA METODOLOGIA ALTERNATIVA**

## RESUMO

Nos ecossistemas tropicais, o mecanismo mais comum de polinização entre angiospermas é o que utiliza animais como agentes polinizadores, sendo beija-flores os vertebrados mais adaptados a esta função. Para estudar esta relação, a metodologia mais comumente empregada é a observação de plantas focais que teriam um maior poder atrativo para as aves e de seus visitantes. Esta metodologia pode demandar muito tempo de observação e não englobar todo o conjunto de visitantes e plantas da área estudada. Portanto, propomos uma metodologia alternativa, que utiliza a identificação de plantas a partir das características do seu grão de pólen (tamanho e características superficiais). Para isso coletamos grão de pólen de diferentes espécies de plantas no período de setembro de 2011 a outubro de 2012 nas cidades de Curitiba, Pinhais, Campina Grande do Sul e Piraquara (Estado do Paraná, Sul do Brasil). Estas plantas foram identificadas e seus grãos de pólen fixados, fotografados ao microscópio óptico, medidos e classificados em categorias baseadas nas características morfológicas dos grãos. Funções discriminantes foram aplicadas utilizando as medidas como variáveis (comprimento, largura, perímetro, área e comprimento da assimetria), buscando a diferenciação entre as espécies. Um total de 84 espécies de plantas foram identificadas, e seus grãos de pólen medidos e classificados segundo sete grupos de características (formato, secção transversal, superfície, eixos de simetria, adornos, contorno e formato das extremidades). Obtivemos uma diferenciação total (100%) em 45 espécies (54%), entre 80 e 99% em 20 espécies (24%) e abaixo de 80% em 19 espécies (22%). Porém, neste último grupo, dividimos as espécies em subgrupos por mês de floração e que compartilhavam das mesmas características morfológicas. Como resultado, todas aumentaram o seu percentual de diferenciação, sendo que em 53% obtiveram mais de 80% de discriminação. Por fim, a utilização desta metodologia mostrou-se eficaz no grupo de espécies analisadas (acima de 80% de classificação correta em 77% das espécies coletadas).

Palavras-chave: Beija-flor, pólen, identificação de plantas, polinização.

## ABSTRACT

In the tropics, most angiosperm plants are pollinated by animals (rather than wind and self-pollinated). Hummingbirds are the most ubiquitous and important vertebrate pollinator. Studies of this plant-pollinator interaction often are time-consuming and inefficient, because the researcher must continually observe flowers that are relatively seldom visited and which may never indicate the range of probably interactions. Additionally, if wishing to collect pollen from captured birds, researchers must then compare pollen grains from the birds to those in herbarian collections. To examine hummingbird-plant interactions, we propose an alternative method in which we identify plants by morphology (size and shape) and superficial characteristics of pollen grains. If the method works, it will be applied to a study of hummingbirds. Pollen from a variety of plants was collected September 2011 to October 2012 in the cities of Curitiba, Pinhais, Campina Grande do Sul and Piraquara (in the state of Paraná, southern Brazil). Upon finding flowering plants pollen was collected and fixed on microscope slides, photographed through a microscope at constant magnification, measured and classified based on pollen grain morphology. Once measured, we sorted pollen grains based on the superficial characteristics and separated those groups that had unique characters, which separated 100% of 22 species. For groups comprising more than one species sharing some superficial characters, we used discriminant function analysis with the morphological measurements (length, width, perimeter, area and asymmetry). We collected pollen from 84 identified plant species that were measured and classified within seven groups of characteristics (shape, cross-section, surface, symmetry axes, ornaments, contour and distal shape). All plants in 45 species (54%) were correctly classified, 20 species (24%) were 80 to 99% correctly classified and 19 species were correctly classified in 60-80%. When we separated the groups with some incorrect classification into month during which they were found, and then applied the classification method, we found that 53% were classified at 80% or better correct. This classification

method was found to be very effective and efficient, allowing correct classification of the vast majority of plants based on pollen structure.

Key words: hummingbird, pollen, plant identification, pollination.

## INTRODUÇÃO

Cerca de 99% das espécies de plantas tropicais são dependentes da polinização por animais (Bawa, 1990), sendo os beija-flores o principal grupo de vertebrados potencialmente polinizadores (Cotton, 1998; Buzato *et al.*, 2000; Sick, 2001; Vasconcellos e Freitas, 2007). A polinização cruzada efetiva ocorre quando os grãos de pólen são transportados de uma flor para outra da mesma espécie seguida da sua fertilização. Esta efetividade depende, entre outros fatores, de aspectos morfológicos do animal que vai carregar os grãos de pólen (como adaptações para cada tipo de flor), do seu comportamento e frequência de visitas (Dalsgaard *et al.*, 2008; Mitchell *et al.*, 2009).

Em geral, os grãos de pólen são morfológicamente distintos entre as espécies de plantas, sendo essas diferenças relacionadas com a sua forma de dispersão, com estruturas que favoreçam a fixação em animais ou a sua dispersão pelo vento ou água. (Erdtman, 1966; Philbrick e Les, 1996; Culley *et al.*, 2002). Estas variações morfológicas podem ser identificadas quanto ao tamanho, forma, simetria, e estruturas da parede externa (Erdtman, 1966; Campo, 1967; Dajoz *et al.*, 1991; Lacourse e May, 2012).

A identificação de tipos polínicos é empregada em diversas áreas, como na paleontologia, medicina, indústria apícola, taxonomia e ecologia. Nesta última área, utilizada principalmente em estudos sobre redes de interação e que envolvem a carga de pólen presente nos polinizadores, como em Lasprilla e Sazima (2004) e Avalos *et al.* (2012). O reconhecimento dos grãos normalmente é efetuado por comparação com as descrições publicadas em atlas de palinologia (Salgado-Labouriau, 1973; Melhem *et al.*, 1984; Carreira e Barth, 1986; Colinvaux *et al.*, 1999; Silva e Santos, 2009), chaves de identificação (McAndrews *et al.*, 1973), literaturas focadas na descrição morfológica dos grãos, glossários (Kremp, 1965; Kapp, 1969; Punt *et al.*, 2007) e consulta a bancos de referência.

Em vários estudos com beija-flores, a ideia é identificar as espécies de plantas visitadas por eles e o seu nível de sobreposição, testando assim a possibilidade de competição e

compartilhamento de recursos. Porém, com frequência, torna-se difícil observar um número razoável de beija-flores e as potenciais plantas visitadas por eles. Com isso, reconhecemos que se fosse possível nas capturas de beija-flores coletar os grãos de pólen depositados no seu corpo e, identificar as plantas através deles, teríamos uma ferramenta muito útil para ajudar a compreender essa dinâmica. Por esta razão, visto a utilização em diferentes áreas e as limitações na identificação polínica, o presente trabalho propõe uma alternativa para identificar espécies de plantas a partir dos grãos de pólen. Propomos usar dados de tamanho e classificações baseadas em um conjunto de características facilmente percebidas da superfície e da forma dos grãos, para identificar um grupo de plantas em nível de espécie.

## **MÉTODOS**

### **Coleta, análise do material e área de estudo**

Entre os meses de setembro de 2011 a outubro de 2012, semanalmente plantas em período de floração foram fotografadas e coletadas para posterior identificação, seja pela literatura especializada ou com ajuda de um especialista (ver agradecimentos). Grãos de pólen foram coletados de flores encontradas em toda a área, incluindo trilhas, áreas antropizadas, vegetação secundária e pequenos fragmentos florestais (borda e interior) em qualquer estrato florestal e, quando possível, de quatro plantas diferentes. Estes locais estão inseridos dentro do bioma Floresta Ombrófila Mista, nas cidades de Curitiba (25°25'40" S, 49°16'23" W) e Pinhais (25°26'41" S 49°11'33" W) e em duas áreas de ecótono com a Floresta Ombrófila Densa, nas cidades de Campina Grande do Sul (25°18'20" S, 49°03'19" W) e Piraquara (25°26'30"S, 49°03'48"W), situadas no estado do Paraná, sul do Brasil.

Os grãos de pólen foram coletados com auxílio de palitos de madeira individuais para cada flor, evitando assim a contaminação das amostras. O processo foi feito diretamente na planta

quando uma grande quantidade de grãos estava disponível ou através da dissecação das anteras para obtenção do material. Os grãos de pólen de cada planta foram espalhados na superfície de uma lâmina para microscópio, fixado com lamínula e esmalte incolor e anotados a data, local e espécie. No microscópio ótico as lâminas foram analisadas (aumento de 10x) e, ao visualizar em toda a extensão da lâmina qual o formato predominante, 20 grãos, sendo cinco de cada uma das quatro plantas coletadas, foram fotografados (aumento de 40x) com máquina digital KODAK AF – 14 mega pixels sempre no zoom máximo (3x), para manter constante a escala. Para os grãos de pólen escolhidos e fotografados utilizamos uma classificação baseada nas características superficiais e morfológicas dos grãos. A nomenclatura seguiu o proposto por Erdtman (1966), Salgado-Labouriau (1973), Punt *et al.* (2007) e, quando necessário, adaptamos ou criamos nomenclaturas para novas características que utilizamos no processo de classificação.

### **Medidas do grão de pólen**

Para medir os grãos utilizamos o programa ImageJ (Rasband, 2007), onde estabelecemos inicialmente uma escala baseada em uma foto de uma lâmina milimetrada tirada no aumento de 40x no microscópio ótico que serviu como uma constante. Cada grão foi medido de cinco maneiras: comprimento – maior distância entre um polo e outro; largura – diâmetro do grão; perímetro - medida do contorno do grão, sendo que nos grãos triangulares corresponde ao perímetro do triângulo formado pela união dos extremos; área - quantidade de superfície aparente, sendo que nos triangulares corresponde ao triângulo originado pela união dos extremos; assimetria - menor distância entre o eixo da largura e uma das extremidades (Fig. 1). A formação de um triângulo para o perímetro e a área nos grãos de pólen triangulares foi estabelecida para facilitar a obtenção das medidas.

### **Formatos e Características superficiais**

Estabelecemos sete grupos de características externas dos grãos de pólen, sendo que cada uma pode se dividir em três ou mais subgrupos.

#### b.1) Formato

- Mônades (uma única unidade polínica): triangular com pontos definidos (Fig. 2.A1) – triangular com extremidades delimitadas; triangular sem pontos definidos (Fig. 2.A2) – triangular com extremidades não diferenciáveis; retangular (Fig. 2.B) – alongado com os lados retos e paralelos; oval (2.C) – grãos de aspecto circular porém alongado com os lados paralelos, sendo a razão entre o comprimento e a largura  $> 1.0 \mu\text{m}$ ; esfera (Fig. 2.D) – grãos arredondados onde qualquer ponto de sua superfície apresenta a mesma distância do centro, sendo a razão entre o comprimento e a largura  $= 1.0 \mu\text{m}$ ; formato de “D” (Fig. 2.E) – polens de extremidades arredondadas com um lado reto e o outro curvo, lembrando a letra “D”; Crescente (Fig. 2.F) – extremidades arredondadas com as laterais curvas e paralelas, assemelhando-se a lua na fase crescente;
- Tétrades (Figs. 2.G) – formado por quatro unidades com disposição variada.

#### b.2) Secção transversal

A partir da visualização das diferentes posições que o grão de pólen pode estar fixado em todo o campo da lâmina, pode-se prever a sua forma tridimensional. Com isso foi possível classificá-los baseado no formato originado pelo corte central e perpendicular ao maior eixo do grão, sendo denominado de secção transversal: oval (Fig. 3.A), circular (Fig. 3.B) e tétrede (Fig. 3.C).

#### b.3) Superfície

Baseada nas características da superfície do grão de pólen propôs-se cinco categorias: grãos (Fig. 4.A) – composta por inúmeros pontos de diferentes densidades; escamas (Fig. 4.B) – coberto

por estruturas semelhantes a escamas; espinhos (Fig. 4.C) – coberto por estruturas semelhantes a espinhos; colgado-grosso (Fig. 4.D) – colpo no sentido transversal ou longitudinal, que circunda todo o grão; colgado-fino (Fig. 4.E) – o colpo encontra-se no sentido longitudinal e não chega a atingir as extremidades do grão.

#### b.4) Simetria

Quanto ao número de eixos que dividem o grão de pólen em partes iguais: radial (Fig. 5.A) – incontáveis eixos; bilateral - com um eixo (Fig. 5.B); isobilateral - com dois eixos (Fig. 5.C); isotrilateral - com três eixos (Fig. 5.D) e assimétrico (Fig. 5.E) – ausência de eixos de simetria.

#### b.5) Adornos

Adornos correspondem a características que se sobressaem na superfície dos grãos de pólen que podem servir de fator de diferenciação entre os tipos polínicos. Foram identificados cinco tipos: estria – traço contínuo e bem definido no sentido longitudinal do grão (Fig. 6.F); poros – cavidades pontuais e arredondadas (Fig. 3.A.1); gemas – porções arredondadas que sobressaem da parede externa do grão (Fig. 6.C); espinhos – estruturas semelhantes a espinhos (Fig. 6.B); colgado-fino - presença de um colpo no sentido longitudinal que não chega a atingir as extremidades do grão (Fig. 4.E); colgado-grosso - presença de um colpo, seja no sentido transversal ou longitudinal, que circunda todo o grão de pólen (Figs. 6.E e 6.G). Conforme a disposição destes adornos, os grãos classificam-se em: psilado – não apresenta nenhum adorno (Fig. 6.A); ornamentado – cobre totalmente a superfície do grão (Fig. 6.B); equidistante – disposição pontual estando sempre a mesma distância um dos outros (Fig. 6.C); sincolgado – três ramos partindo de um ponto central (Fig. 6.D); longitudinal – acompanhando o eixo do comprimento do grão (6.E); duplo-longitudinal – dispostos em duas retas paralelas no sentido do eixo do comprimento do grão (6.F); transversal – dispostos no sentido perpendicular ao eixo do comprimento do grão (6.G).

#### b.6) Contorno

Definido como a linha que limita o grão de pólen após fixado, podendo ser: com espinhos – circundado por saliências pontiagudas (Fig. 7.A); irregular – o contorno altera em minúsculas elevações e depressões (Fig. 7.B); liso – uma linha simples delimita o grão (Fig.7.C); lobado – o grão é circundado por um conjunto de semicírculos (Fig. 7.D); halo – o grão é envolto por uma camada de células semelhante a parede celular das células vegetais (Fig. 7.E).

#### b.7) Formato das extremidades

Os grãos foram agrupados em quatro categorias conforme o formato das suas extremidades: ausente – não apresentam extremidades (formato de esfera) (Fig. 8.A); arredondada (Fig. 8.B); pontiaguda (Fig. 8.C); plana (Fig. 8.D).

### **Análises**

Espécies que apresentaram diferenciações morfológicas únicas em seus grãos de pólen foram isoladas, pois a presença destas características já possibilitavam a sua diferenciação. As demais foram agrupadas por similaridade das características morfológicas dos grãos ou, quando necessário, por mês de floração, e aplicado funções discriminantes através do programa R (R Development Core Team, 2011), utilizando como variáveis as medidas do comprimento, largura, área, perímetro e o comprimento da assimetria dos grãos. Com isso, gerava-se uma tabela onde as linhas continham o número de grãos de pólen de cada uma das espécies e, a partir disso, baseada no número de correspondências com as espécie presentes nas colunas, determinávamos a porcentagem de discriminação.

## **RESULTADOS**

Foram coletados grãos de pólen de 84 espécies de plantas em 35 famílias (Tabelas 1 – 4). Estas amostras originaram 228 lâminas das quais 1680 grãos foram fotografados, medidos e classificados. Através da classificação baseada nas características morfológicas dos grãos de pólen, formamos 37 subgrupos que apresentavam grãos que compartilhavam das mesmas características. Destes 37 subgrupos de grãos de pólen, 22 espécies (26% do total) foram únicas (isto é, classificação 100% correta utilizando estas características) (Tabela 1). Para as demais espécies, aplicamos funções discriminantes.

### **Funções discriminantes**

Das espécies restantes, agrupadas por similaridade dos grãos de pólen, em 23 a discriminação foi de 100% (27% do total) (Tabela 2). Portanto, este grupo, juntamente com aquelas espécies já identificadas visualmente por características únicas, compõem 54% do total de plantas estando 100% diferenciadas. Entre as demais espécies, 20 apresentaram entre 80 – 99% de discriminação (Tabela 3). Para as 19 espécies restantes (23%), a discriminação foi < 80%. Assim, visando uma maior diferenciação e confiabilidade de identificação, foram reagrupadas por mês em que estavam com flor e reaplicadas as funções discriminantes. Estes novos grupos reuniam espécies com iguais características morfológicas dos grãos mas que sobrepujam no período de floração. Com isso, obtivemos uma diferenciação maior, sendo que em quatro espécies os índices chegaram a 100% e em seis espécies a discriminação foi superior a 80% em determinados meses. As demais, mesmo que ainda estando abaixo de 80% de discriminação, tiveram na sua maioria aumentos significativos (Tabela 4). Quanto a variação intraespecífica dos grãos de pólen, apenas duas espécies (*Musa paradisiaca* e *Tibouchina sellowiana*) apresentaram diferenciações quanto a morfologia e as medidas dos grãos (Fig 9), sendo que, diante disso, foram consideradas como duas espécies cada uma para as análises.

## DISCUSSÃO

Um total de 89% das 84 espécies de plantas analisadas foram bem classificadas pela metodologia aqui proposta. O fato de 22 espécies apresentarem unidades não compartilhadas, isto é, características morfológicas únicas e que já possibilitaram a sua diferenciação e de 23 espécies apresentarem discriminação total (100%) pelas medidas estabelecidas, evidenciam a eficiência da metodologia aqui proposta. A obtenção de uma discriminação menor que 100% mas maior ou igual a 80% foram também consideradas satisfatórias, visto que em uma amostra de 20 grãos, no máximo quatro não seriam identificados (20%).

A discriminação menor que 80% em 19 espécies, pôde ser melhorada quando dentro de cada grupo organizamos as espécies por mês de floração. Com isso, todas as espécies apresentaram um aumento significativo nas porcentagens de diferenciação (Tabela 4), mas ainda com sobreposições que variaram entre duas a quatro espécies dependendo do mês e das espécies com as quais estavam agrupadas.

A criação de categorias de classificação baseadas em adornos e outras características morfológicas, mostrou-se fundamental para agruparmos e identificarmos as espécies. Este fator aliado a pouca sobreposição nas medidas dos grãos de pólen (Tabelas 1 - 4) aumentam a confiabilidade na metodologia. Duas exceções foram encontradas quanto a diferenciação intraespecífica dos grãos de pólen: *Musa paradisiaca* e *Tibouchina sellowiana*. No primeiro caso a variação pode ser fruto dos inúmeros cruzamentos e melhoramentos genéticos que originaram diferentes variedades da espécie para fins comerciais, podendo ocasionar esterilidade (parcial) dos grãos de pólen resultando em grãos férteis e inférteis com tamanhos diferenciados, sendo isto apoiado por Dajoz *et al.* (1991). Segundo o autor, pequenas variações morfológicas são comuns entre grãos de pólen da mesma espécie, sendo induzidas pelo esporófito da planta. No segundo caso, é importante salientar que algumas espécies da Família Melastomataceae apresentam estames

dimórficos (Couto Pereira *et al.*, 2011) e, em algumas espécies, ocorre dimorfismo polínico (Luo *et al.*, 2008). Portanto, a presença de duas variedades de grãos de pólen na espécie *Tibouchina sellowiana* pode ser decorrente de uma simples variação polínica ou, em menor escala, justificada por apresentar estames dimórficos, visto que Hoffmann e Varassin (2011) não encontraram variação nos grãos de pólen dentro da espécie entre os estames, sendo portanto necessário uma análise mais detalhada para a espécie.

A identificação de plantas a partir de grãos de pólen é efetuada na maioria dos casos através da literatura especializada ou pela elaboração de bancos de referência com as espécies focais do estudo, como em Avalos *et al.* (2012). Sendo assim, busca-se por comparação de fotos, desenhos e descrições das características morfológicas, qual espécie determinado grão pertence. A utilização da metodologia aqui apresentada pode servir de apoio ou mesmo substituir esta prática, visto que a utilização das medidas dos grãos pode fornecer maior precisão de identificação e, a partir do momento em que se tem já um banco de dados com as características dos grãos de um conjunto de plantas, o processo de identificação dos grãos desconhecidos torna-se mais rápido.

Metodologia semelhante à nossa foi utilizada para identificação de grãos de pólen fóssil, onde medidas dos grãos de três espécies do gênero *Alnus* (Lacourse e May, 2012) e três do gênero *Picea* (Lindbladh *et al.*, 2002), possibilitaram as suas diferenciações. A exemplo do exposto aqui, no trabalho referente ao gênero *Alnus*, os autores utilizaram funções discriminantes nas medidas dos grãos. Porém, nós realizamos testes com amostras bem menores (cinco grãos de pólen por planta em comparação a 30 grãos por planta) e ainda obtivemos discriminações equivalentes (mais de 80% de discriminação em 75 espécies comparado a 88% obtido entre três espécies). Isso ilustra que a definição do formato predominante dos grãos como base para todo o resto do processo (medições e classificação) melhoram os resultados, visto que o grão de pólen é uma estrutura tridimensional e pode sofrer deformações no momento da fixação.

Esta metodologia pode servir como uma ferramenta a mais em trabalhos focados nos

recursos florais utilizados por beija-flores e que envolvam capturas. Para isso, basta coletar o pólen depositado nos animais e a partir de um banco de dados dos grãos de pólen das plantas do local, identificá-los. Utilizando como exemplo o estudo realizado por Lara (2006) que aborda os recursos florais explorados por beija-flores nas florestas mexicanas, onde ao longo de 12 meses realizou amostragens mensais de quatro dias, sendo dois dedicados a observação de plantas focais dentro de quatro transectos, o que resultou na identificação de oito espécies de plantas visitadas por beija-flores. Pela nossa metodologia, todos os animais capturados poderiam ter tido o pólen coletado e conseqüentemente todas as espécies de plantas as quais eles visitaram e que continham pólen poderiam ter sido identificadas, resultando provavelmente em um número maior de espécies de plantas que não estariam incluídas dentro dos transectos. Com isso, os dados também seriam extrapolados a não apenas ao período de observação, mas contemplando a todo o período de atividade das aves, resultando em um maior conjunto de dados e sendo obtidos com um menor esforço em campo (menor número de pessoas envolvidas e conseqüentemente menos gastos).

A palinologia é uma importante ferramenta para resolver questões taxonômicas, paleontológicas e, mais especificamente, auxiliar na compreensão de questões ecológicas, como as dinâmicas entre polinizadores e plantas. Diante disso, nossos resultados apontam para uma metodologia alternativa e confiável na identificação de plantas a partir do seu material polínico. Sendo assim, esta proposta pode ser empregada isolada ou em conjunto com outras metodologias, servindo de incremento para obtenção de melhores resultados e redução do esforço em campo.

## REFEREÊNCIAS

- Avalos, G., Soto, A. e Alfaro, W. 2012. Effect of artificial feeders on pollen loads of the hummingbirds of Cerro de La Muerte, Costa Rica. *Revista de biologia tropical* 60:65-73.
- Bawa, K. S. 1990. Plant-pollinator interactions in Tropical Rain Forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21:399-422.
- Buzato, S., Sazima, M. e Sazima, I. 2000. Hummingbird pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32:824-841.
- Campo, M. V. 1967. Pollen Classification. *Review of Palaeobotany and Palynology* 3:65-71.
- Carreira, L. M. M. e Barth, O. M. 1986. Morfologia polínica de plantas aquáticas da Amazônia. *Simpósio Internacional do Trópico Úmido. Anais.* 2:79-84.
- Colinvaux, P., De Oliveira, P. E. e Patino, E. M. 1999. Amazon pollen manual and atlas. Harwood Academic Publishers, Amsterdam. 322p.
- Cotton, P. A. 1998. Coevolution in an Amazonian hummingbird-plant community. *Ibis* 140:639-646.
- Culley, T. M., Weller, S. G. e Sakai, A. K. 2002. The evolution of wind of pollination in angiosperms. *Trend in Ecology and Evolution* 17:361-369.
- Dajoz, I., Till-Bottraud I. e Gouyon, P. H. 1991. Evolution of Pollen Morphology. *Science* 253: 66-68.
- Dalsgaard, B., González, A. M. M., Olesen, J. M., Ollerton, J., Timmermann, A., Andersen, L. H., e Tossas, A. G. 2008. Pollination networks and functional specialization: a test using Lesser Antillean plant hummingbird assemblages. *Oikos* 117:789–793.
- Erdtman, G. 1966. Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms. New York: Hafner Publishing Company. 485p.

- Hoffmann, G. M. e Varassin, I. G. 2011. Variação da viabilidade polínica em *Tibouchina* (Melastomataceae). *Rodriguesia* 62:223-228.
- Kaap, R.O. 1969. How to know pollen and spores. W. C. Brown Co, Minnesota University. 249 p.
- Kremp, G. O. W. 1965. Morphologic encyclopedia of palynology: an international collection of definitions and illustrations of spores and pollen. Tucson: University of Arizona. 263p.
- Lacourse, T. e May, L. 2012. Increasing taxonomic resolution in pollen identification: Sample size, spatial sampling bias and implications for palaeoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 182:55-64.
- Lara, C. 2006. Temporal dynamics of flower use by hummingbirds in a highland temperate forest in Mexico. *Ecoscience* 13:23-20.
- Lasprilla, L.R. e Sazima, M. 2004. Interacciones planta-colibrí en tres comunidades vegetales de la parte suroriental del Parque Nacional Natural Chiribiquete, Colômbia. *Ornitologia Neotropical* 15:183-190.
- Lindbladh, M., O'Connor, R. e Jacobson, G. L. J. 2002. Analysis of Pollen Grains for Paleogeological Studies : Classification of from Eastern, 89:1459–1467.
- Luo, Z., Zhang, D. e Renner, S. S. 2008. Why two kinds of stamens in buzz-pollinated flowers? Experimental support for Darwin's division-of-labour hypothesis. *Functional Ecology* 22:794–800.
- McAndrews, J.H., Berti, A. A. e Norris, G. 1973. Key to the Quaternary pollen and spores of the Great Lakes Region. Royal Ontario Museum of Life Sciences Miscellaneous Publication. Toronto. 65 p.
- Melhem, T. S., Makino, H., Silvestre, M. S. F., Cruz, M. A. V. e Jung-Mendaçolli, S. L. 1984. Planejamento para a elaboração da “Flora polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes

do Ipiranga, São Paulo". *Hoehnea* 11:1-7.

Mitchell, R. J., Irwin, R. E., Flanagan, R. J. e Karron, J. D. 2009. Ecology and evolution of plant-pollinator interactions. *Annals of Botany* 103:1355-1363.

Pereira, A. C., Da Silva, J. B., Goldenberg, R., Melo, G. A. R. e Varassin, I. G. 2011. Flower color change accelerated by bee pollination in *Tibouchina* (Melastomataceae). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 206:491–497.

Philbrick, C. T. e Les, D. H. 1996. Evolution of Aquatic Angiosperm Reproductive Systems. *BioScience* 46:813-826.

Punt, W., Hoen, P. P., Blackmore, S., Nilsson, S. e LeThomas, A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 143:1-81.

R Development Core Team. 2011. 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/>.

Rasband, W.S. 2007. ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA. URL <http://imagej.nih.gov/ij/>

Salgado-Labouriau, M. L. 1973. Contribuição à palinologia dos Cerrados. *Academia Brasileira de Ciências*, 273p.

Sick, H. 2001. *Ornitologia brasileira*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 862 p.

Silva, F. H. M. e Santos, F. A. R. 2009. Pollen morphology of the shrub and arboreal flora of mangroves of Northeastern Brazil. *Wetlands Ecology and Management* 17:423-443.

Vasconcellos, N. C. e Freitas, L. 2007. Floral resources for hummingbirds in the arboretum of the Rio de Janeiro Botanical Garden, Brazil. *Davidsonia* 18:3-15.

Tabela 1: Lista das espécies de plantas que apresentam o grão de pólen identificável visualmente através de suas características morfológicas.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>FO</b>	<b>Característica</b>
Acanthaceae	<i>Thunbergia grandiflora</i>	E	Contorno lobado
Agapanthaceae	<i>Agapanthus africanus</i>	D	Contorno irregular e extremidade pontiaguda
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea edulis</i>	D	Contorno liso e extremidades arredondadas
Balsaminaceae	<i>Impatiens walleriana</i>	R	Formato retangular
Bignoniaceae	<i>Podranea ricasoliana</i>	O	Superfície ornamentada por espinhos
Bromeliaceae	<i>Bilbergia amoena</i>	CR	Formato crescente
Bromeliaceae	<i>Quesnelia testudo</i>	E	Poros equidistantes
Cactaceae	<i>Schlumbergera truncata</i>	E	Gemas equidistantes
Caprifoliaceae	<i>Lonicera japonica</i>	CPD	Secção transversal circular e superfície ornamentada por espinhos
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	O	Colpado-fino longitudinal com contorno halo
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i>	O	Estrias duplo-paralelas e extremidades arredondadas
Fabaceae	<i>Mimosa scabrella</i>	TT	Formato de tétrade e secção transversal em tétrade
Gesneriaceae	<i>Sinningia douglassii</i>	O	Estrias duplo-paralelas e extremidades planas
Iridaceae	<i>Gladiolus hortulanus</i>	O	Colpado-fino longitudinal com contorno liso
Lamiaceae	<i>Salvia splendens</i>	O	Colpado-grosso transversal
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	CPD	Secção transversal circular e psilado
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i>	E	Superfície com escamas e contorno do tipo halo
Solanaceae	<i>Cestrum corymbosum</i>	SPD	Secção transversal circular e psilado
Solanaceae	<i>Brugmansia suaveolens</i>	O	Superfície escamada
Theaceae	<i>Gordonia fruticosa</i>	CPD	Secção transversal oval e superfície ornamentada por espinhos
Verbenaceae	<i>Petrea subserrata</i>	SPD	Secção transversal oval e poros equidistantes
Winteraceae	<i>Drimys brasiliense</i>	TT	Tétrade com contorno do tipo halo

Legenda: Formato (FO), Triangular com pontos definidos (CPD), Triangular sem pontos definidos (SPD), Tétrade (TT), Oval (O), Esfera (E), Crescente (CR) e Retangular (R).

Tabela 2: Lista das espécies de plantas que apresentaram discriminação total (100%), obtidas por funções discriminantes dentro dos grupos de similaridade gerado pelas características morfológicas dos polens.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>FO</b>	<b>ST</b>	<b>ES</b>	<b>ET</b>	<b>EP</b>	<b>GE</b>	<b>PO</b>	<b>CF</b>	<b>CG</b>	<b>SU</b>	<b>CO</b>	<b>FE</b>
Asteraceae	<i>Solidago chilensis</i>	E	CI	R	AU	OR	AU	EQ	AU	AU	EP	EP	AU
Bignoniaceae	<i>Cuspidaria convoluta</i>	TT	TT	AS	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AR
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i>	O	CI	2	DL	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Bignoniaceae	<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	E	CI	E	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	HA	AU
Bignoniaceae	<i>Pyrostegia venusata</i>	O	CI	2	DL	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Bromeliaceae	<i>Vriesea carinata</i>	O	CI	2	DL	AU	AU	AU	AU	LO	CG	IR	AR
Cactaceae	<i>Rhipsalis cereuscula</i>	E	CI	R	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	HA	AU
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i>	E	CI	R	AU	OR	AU	AU	AU	AU	EP	EP	AU
Ericaceae	<i>Rhododendron simsii</i>	TT	TT	AS	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AR
Fabaceae	<i>Erythrina crista-galli</i>	SPD	O	3	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	PL
Fabaceae	<i>Erythrina speciosa</i>	SPD	O	3	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	PL
Gesneriaceae	<i>Nematanthus wattsteinii</i>	SPD	O	3	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AR
Liliaceae	<i>Lilium</i> sp	O	CI	2	AU	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Malvaceae	<i>Abutilon amoenum</i>	E	CI	R	AU	OR	EQ	AU	AU	AU	EP	EP	AU
Melastomataceae	<i>Tibouchina sellowiana</i> 1	E	CI	R	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AU
Onagraceae	<i>Fuchsia regia</i>	CPD	O	3	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AR
Piperaceae	<i>Piper</i> sp	O	CI	2	AU	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	SPD	O	3	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AR
Rosaceae	<i>Spiraea thunbergii</i>	O	CI	2	DL	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Rubiaceae	<i>Manettia luteorubra</i>	CPD	O	3	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AR
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i>	O	CI	2	AU	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	SPD	CI	3	AU	AU	AU	EQ	AU	AU	G	LS	AR

Tabela 2: Lista das espécies de plantas que apresentaram discriminação total (100%), obtidas por funções discriminantes dentro dos grupos de similaridade gerado pelas características morfológicas dos polens.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>FO</b>	<b>ST</b>	<b>ES</b>	<b>ET</b>	<b>EP</b>	<b>GE</b>	<b>PO</b>	<b>CF</b>	<b>CG</b>	<b>SU</b>	<b>CO</b>	<b>FE</b>
Verbenaceae	<i>Lantana fucata</i>	SPD	CI	3	AU	AU	AU	EQ	AU	AU	G	LS	AR

Formato (FO), secção transversal (ST), eixos de simetria (ES), estrias (ET), escamas (EC), espinhos (EP), gemas (GE), poros (PO), colpado-fino (CF), colpado-grosso (CG), superfície (SU), contorno (CO), formato das extremidades (FE), triangular sem pontos definidos (SPD), triangular com pontos definidos (CPD), oval (O), esfera (E), tétrade (TT), circular (CI), assimétrico (AS), ausente (AU) ornamentado (OR), equidistante (EQ), longitudinal (LO), duplo-longitudinal (DL), liso (LS), halo (HA), grãos (G), colpado-grosso (CG) arredondada (AR), plana (PL), radial (R), bilateral (1), isobilateral (2) e isotrilateral (3).

Tabela 3: Lista das espécies de plantas que apresentaram discriminação menor que 100% mas  $\geq$  80%, baseado nos resultados das funções discriminantes realizadas nos grupos de espécies com características morfológicas similares dos grãos de pólen. Códigos como em Tabela 2.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>FO</b>	<b>ST</b>	<b>ES</b>	<b>ET</b>	<b>EP</b>	<b>GE</b>	<b>PO</b>	<b>CF</b>	<b>CG</b>	<b>SU</b>	<b>CO</b>	<b>FE</b>
Asteraceae	<i>Wedelia paludosa</i>	E	CI	R	AU	OR	AU	EQ	AU	AU	EP	EP	AU
Bignoniaceae	<i>Tabebuia alba</i>	O	CI	2	DL	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Bromeliaceae	<i>Aechmea distichantha</i>	O	CI	2	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AR
Bromeliaceae	<i>Vriesea friburgensis</i>	O	CI	2	DL	AU	AU	AU	AU	LO	CG	IR	AR
Cannaceae	<i>Canna indica</i>	E	CI	R	AU	OR	AU	AU	AU	AU	EP	EP	AU
Caprifoliaceae	<i>Ipomoea alba</i>	E	CI	R	AU	OR	AU	AU	AU	AU	EP	EP	AU
Commelinaceae	<i>Tripogandra glandulosa</i>	E	CI	R	AU	OR	AU	AU	AU	AU	EP	EP	AU
Fabaceae	<i>Calliandra brevipes</i>	O	CI	1	AU	AU	AU	AU	AU	AU	EC	LS	AR
Fabaceae	<i>Calliandra tweedii</i>	O	CI	1	AU	AU	AU	AU	AU	AU	EC	LS	AR
Iridaceae	<i>Crococsmia crocosmiflora</i>	O	CI	2	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AR
Malvaceae	<i>Abutilon amoenum</i>	E	CI	R	AU	OR	EQ	AU	AU	AU	EP	EP	AU
Malvaceae	<i>Abutilon striatum</i>	E	CI	R	AU	OR	EQ	AU	AU	AU	EP	EP	AU
Malvaceae	<i>Hibiscus sinensis</i>	E	CI	R	AU	OR	AU	AU	AU	AU	EP	EP	AU
Melastomataceae	<i>Tibouchina gracilis</i>	O	CI	2	DL	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> 1	E	CI	R	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AU
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> 2	E	CI	R	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AU
Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i>	SPD	O	3	AU	AU	AU	AU	AU	HE	CG	LS	PO
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	SPD	O	3	AU	AU	AU	AU	AU	HE	CG	LS	PO
Solanaceae	<i>Solanum mauritianum</i>	O	CI	2	DL	AU	AU	AU	AU	LO	CG	LS	AR
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i>	E	CI	R	AU	AU	AU	AU	AU	AU	G	LS	AU

Tabela 4: Lista de espécies de plantas que apresentaram discriminação inferior a 80%. A terceira coluna corresponde a porcentagem de diferenciação dentro do grupo formado por espécies que apresentaram grãos morfologicamente semelhantes. A última coluna contém as maiores discriminações obtidas dentro dos subgrupos formados por meses de floração.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>%</b>	<b>Meses</b>	<b>%</b>
Asteraceae	<i>Chrysolaena platensis</i>	65	Fevereiro e março	50
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia milii</i>	45	Julho e dezembro / janeiro, março maio, junho, agosto e novembro	100 / 95
Fabaceae	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	20	Setembro / outubro	40 / 30
Fabaceae	<i>Cassia leptophylla</i>	50	Abril	65
Fabaceae	<i>Lupinus angustifolius</i>	75	Agosto / setembro e outubro	90 e 80
Fabaceae	<i>Senna neglecta</i>	25	Março e abril / fevereiro	55 / 50
Fabaceae	<i>Senna pendula</i>	50	Maio e agosto	95
Hydrangeaceae	<i>Hydrangea macrophylla</i>	45	Janeiro, março e dezembro / fevereiro	100 / 90
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i>	60	Agosto / março	100 / 75
Melastomataceae	<i>Tibouchina sellowiana</i> 2	70	Agosto e junho	90 / 75
Rosaceae	<i>Rubus sellowii</i>	25	Junho e julho	60 / 50
Rosaceae	<i>Rosa</i> sp	20	Dezembro / janeiro, março e abril	100 / 95
Rosaceae	<i>Pyrus communis</i>	20	Setembro e outubro	25
Solanaceae	<i>Brunfelsia pauciflora</i>	65	Setembro, outubro e novembro	65
Solanaceae	<i>Brunfelsia uniflora</i>	75	Novembro / outubro	95 / 85
Solanaceae	<i>Solanum aculeatissimum</i>	55	Outubro / setembro	75 / 70
Solanaceae	<i>Solanum variabile</i>	65	Novembro / setembro e outubro	95 / 80
Styracaceae	<i>Styrax leprosus</i>	40	Janeiro / fevereiro	95 / 80
Verbenaceae	<i>Duranta vestita</i>	65	Setembro, outubro e novembro	75

Figura 1: Grãos de pólen de A – *Calliandra tweedii*, B – *Lonicera japonica* e C – *Musa paradisiaca*, exemplificando a variável comprimento da assimetria, definida como a menor distância entre o eixo da largura e uma das extremidades. Largura – a; comprimento – b; comprimento da assimetria – c (Aumento 40x).

Figura 2. Classificação dos grãos de pólen baseados no formato dos grãos. Na primeira e terceira linhas são apresentados desenhos para ilustrar o conceito, na segunda e quarta linhas são apresentadas fotos mostrando um exemplo de cada formato com imagens na mesma escala (40x).

A1- triangular com pontos definidos (*Fuchsia regia*); A2 – triangular sem pontos definidos (*Prunus persica*); B – retangular (*Impatiens walleriana*), C – oval (*Crocasmia crocosmiflora*); D – esfera (*Musa paradisiaca*); E – Formato em “D” (*Bomarea edulis*); F - crescente (*Bilbergia amoena*); G – tétrade (*Mimosa scabrela* à esquerda e *Cuspidaria convoluta* à direita).

Figura 3. Classificação dos grãos de pólen baseados no formato da secção transversal do grão. A primeira linha contém desenhos para ilustrar o conceito, a segunda linha possui fotos mostrando um exemplo de cada formato com imagens na mesma escala (40x). A – oval: pólen de *Petrea subserrata* em seu formato característico (1) e distorcido pela posição do grão na hora da fixação (2); B – circular (*Abutilon rufinerve*) e C – tétrade (*Cuspidaria convoluta*).

Figura 4. Classificação dos grãos de pólen baseados nas características da superfície. Na primeira e terceira linhas são apresentados desenhos que ilustram o conceito, na segunda e quarta linhas são apresentadas fotos mostrando um exemplo de cada superfície com imagens na mesma escala (40x).

A – grãos (*Musa paradisiaca*); B - escamas (*Brugmansia suaveolens*); C – espinhos (*Ipomoea purpurea*); D – colpado-grosso (*Lilium* sp) e E – colpado-fino (*Bomarea edulis*).

Figura 5. Classificação dos grãos de pólen baseados na simetria. Acima figuras para ilustrar o conceito, abaixo, fotos mostrando um exemplo de cada simetria com imagens na mesma escala (40x). A – radial (inúmeros eixos) em *Hedychium coronarium*; B – bilateral (*Bilbergia amoena*); C – isobilateral (*Podranea ricasoliana*); D – isotrilateral (*Fuchsia regia*) e E - assimétrico (ausência de eixos) em *Cuspidaria convoluta*.

Figura 6. Classificação baseada na disposição dos adornos (estrias, poros, espinhos, gemas, colpado-fino e colpado-grosso) na superfície dos grãos de pólen. Na primeira e terceira linha desenhos para ilustrar o conceito, na segunda e quarta linha fotos mostrando um exemplo de cada com imagens na mesma escala (40x). A – psilado (*Hedychium coronarium*); B – ornamentado (espinhos), *Ceiba speciosa*; C – equidistante (com gemas), *Abutilon rufinerve*; D – sincolpado, *Eugenia involucrata*; E – longitudinal (colpado-grosso), *Cassia leptophylla*; F - duplo-longitudinal (estrias), *Jacaranda puberula* e G - transversal (colpado-grosso), *Salvia splendens*.

Figura 7. Classificação dos grãos baseados nas características do contorno do pólen quando fixado (“I” indica o interior e “E” o exterior do grão). Na primeira linha desenhos para ilustrar o conceito, na segunda linha fotos mostrando um exemplo de cada com imagens na mesma escala (40x). A – espinhos (*Tripogandra glandulosa*); B - irregular (*Agapanthus africanus*); C – liso (*Hedychium coronarium*); D – lobado (*Thunbergia grandiflora*), E – halo (*Pithecoctenium crucigerum*).

Figura 8. Classificação dos grãos de pólen baseado no formato das extremidades. Na primeira linha desenhos para ilustrar o conceito, na segunda linha fotos mostrando um exemplo de cada com imagens na mesma escala (40x). A – ausente (*Rhipsalis cereuscula*); B - arredondada (*Lupinus angustifolius*); C – pontiaguda (*Agapanthus africanus*) e D – plana (*Erythrina crista-galli*).

Figura 9. Diferenciação intraespecífica nos grãos de pólen das espécies *Musa paradisiaca* (•) e *Tibouchina sellowiana* (▲) representada pela relação entre comprimento e largura dos grãos de pólen ( $\mu\text{m}$ ).

Figura 1

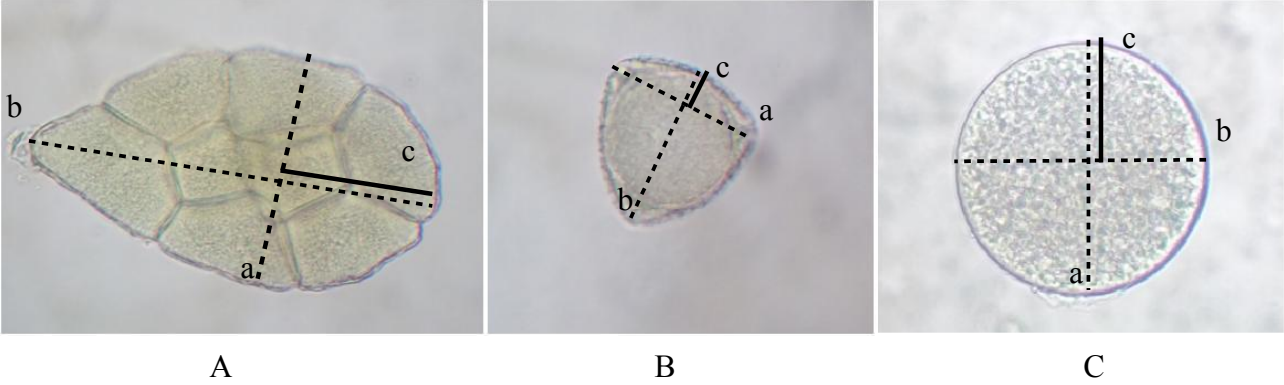


Figura 2

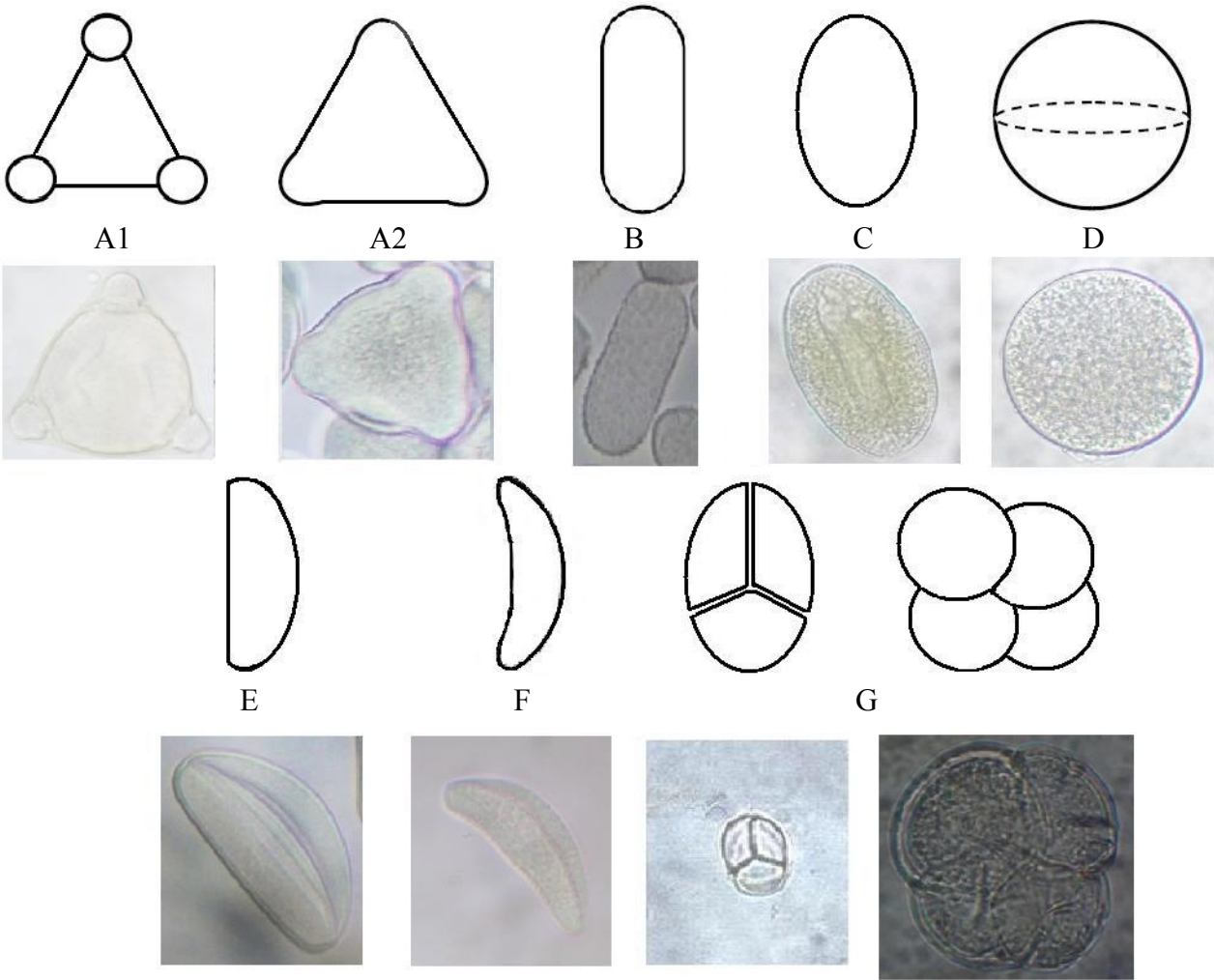


Figura 3

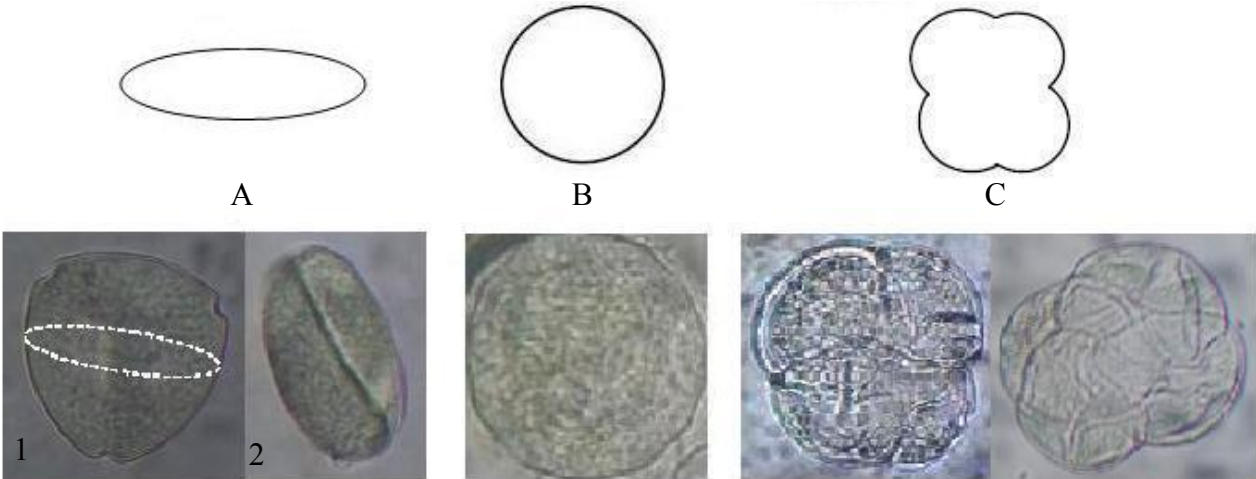
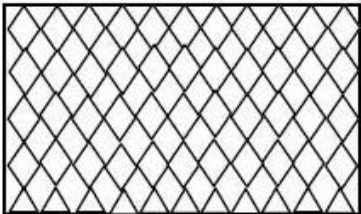


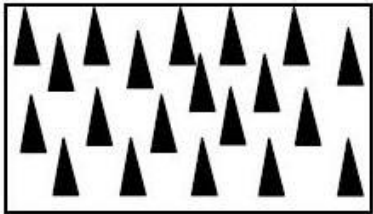
Figura 4:



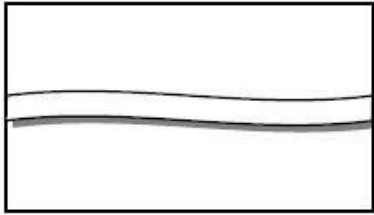
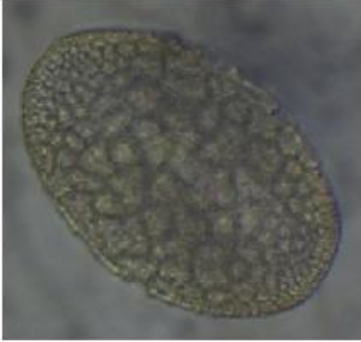
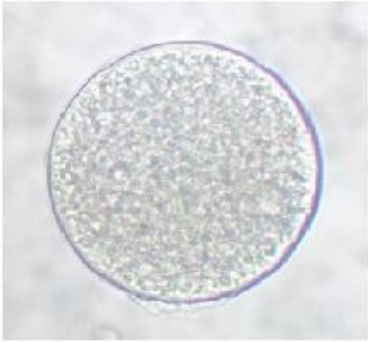
A



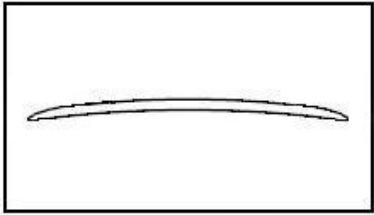
B



C



D



E

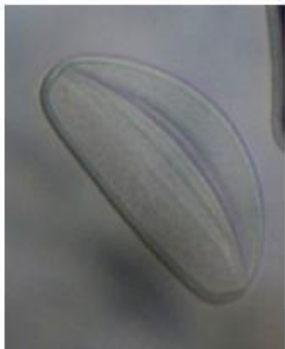


Figura 5

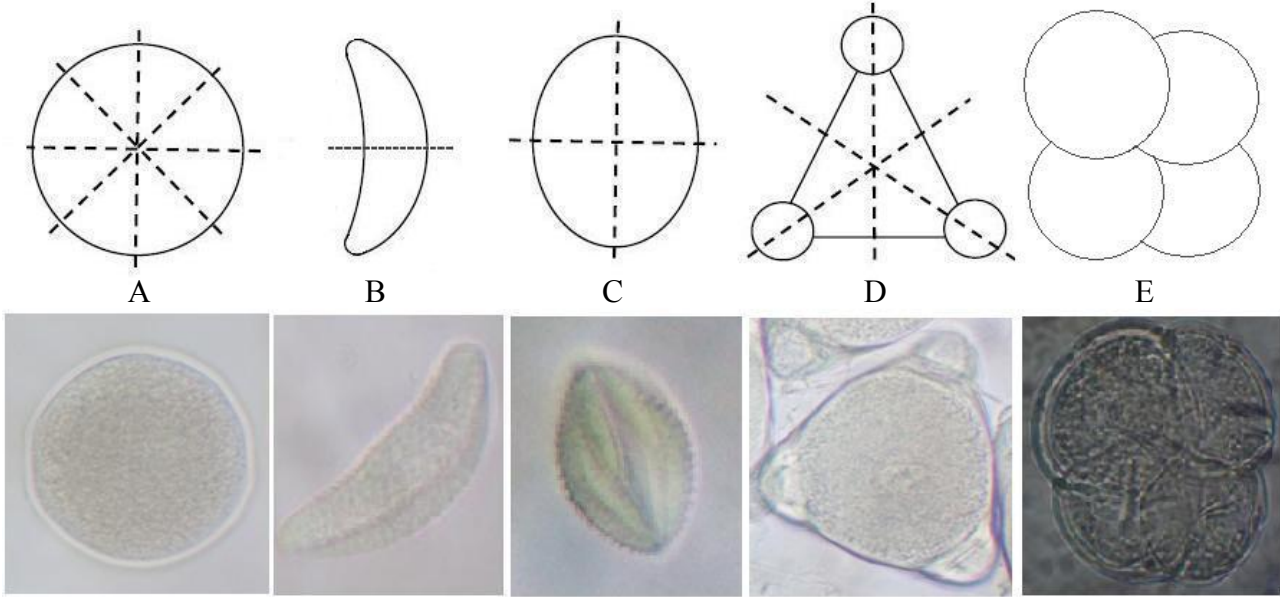


Figura 6

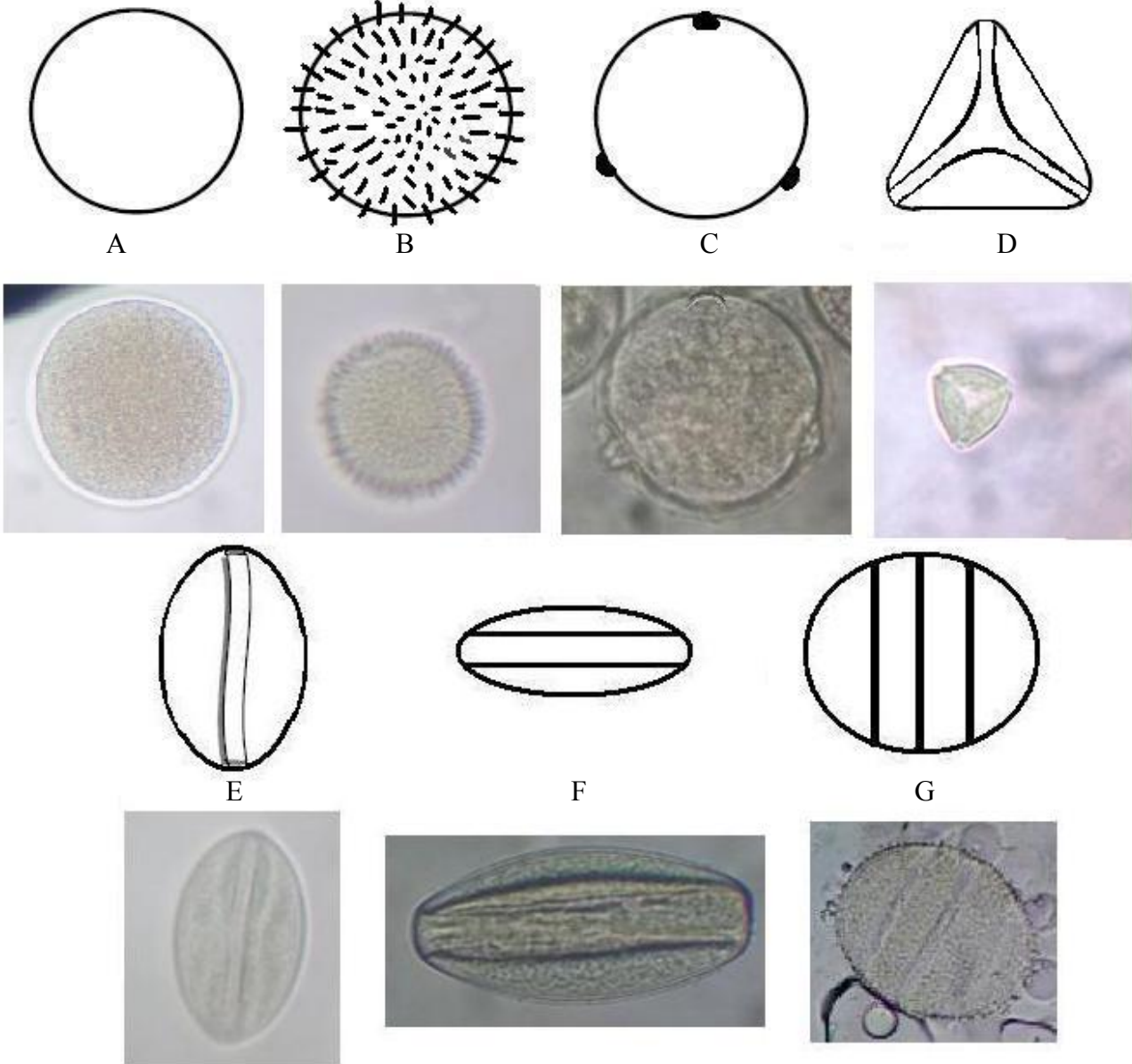


Figura 7

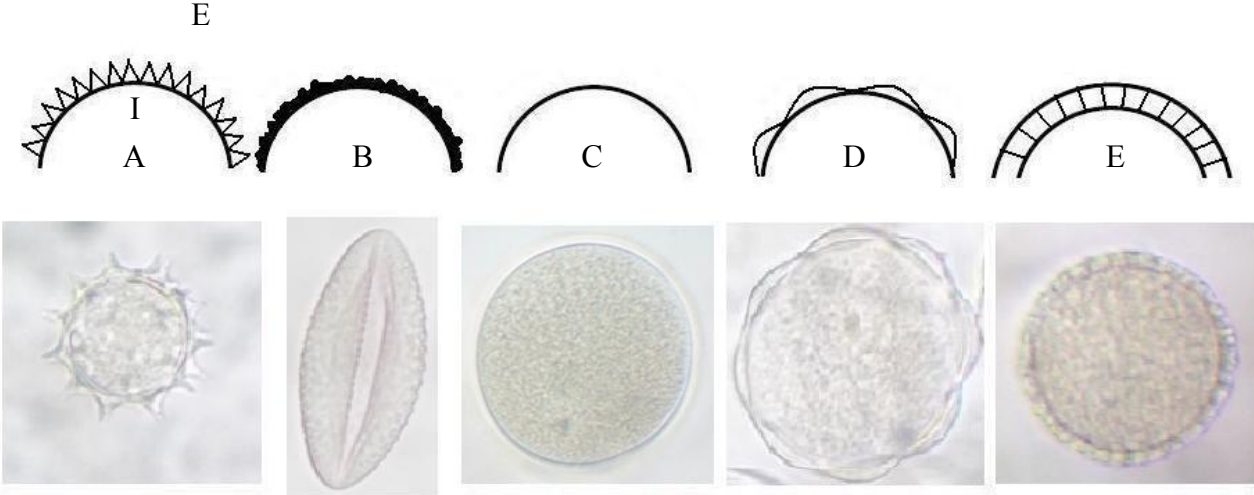
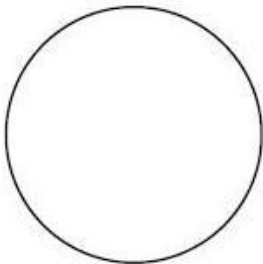


Figura 8



A



B



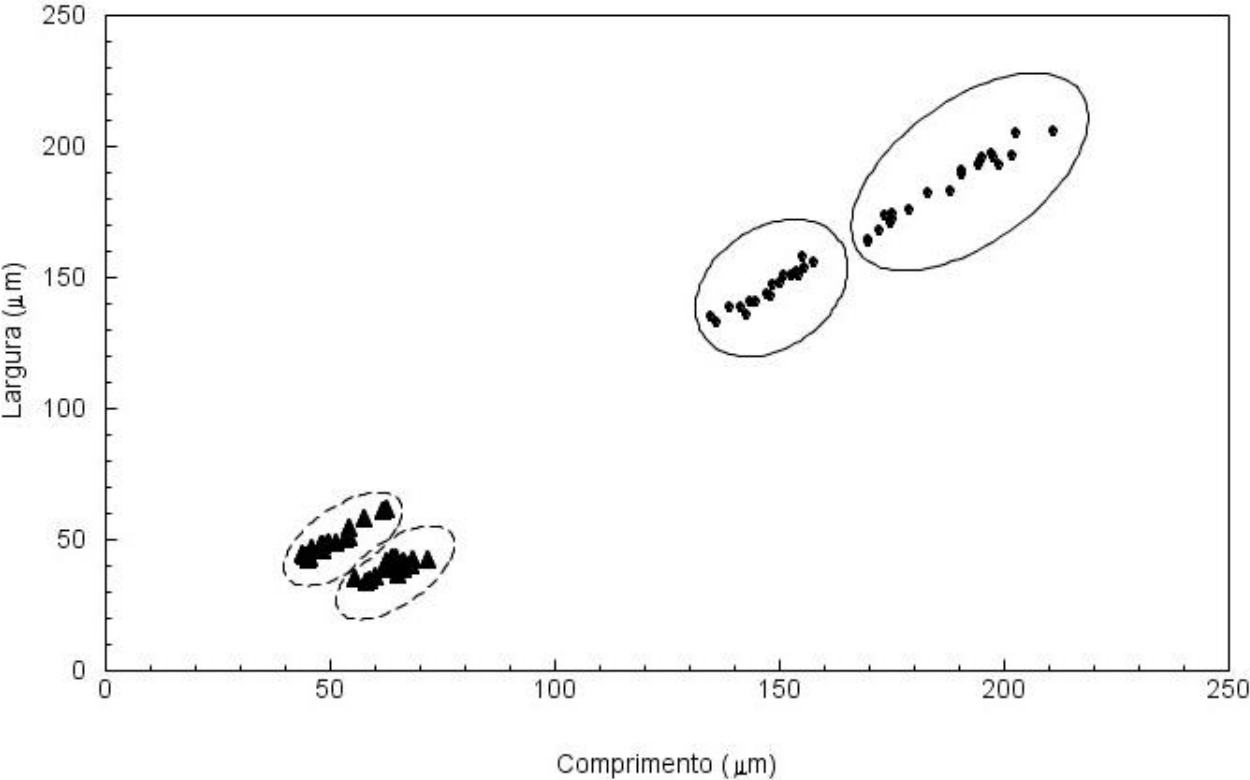
C



D



Figura 9:



**CAPÍTULO II – COMPETIÇÃO? SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS ALIMENTARES ENTRE  
ESPÉCIES DE BEIJA-FLORES NO SUL DO BRASIL**

## RESUMO

Beija-flores (família Trochilidae) são o principal grupo de vertebrados polinizadores, graças a sua constante busca por néctar. Portanto, uma separação espaço-temporal de forrageamento é esperada em espécies simpátricas e, beija-flores morfologicamente diferentes, tendem a sobrepôr menos nas plantas utilizadas. Visto isso, testamos a relação entre sobreposição de recursos florais utilizados pelas aves com a sobreposição temporal e a diferenciação morfológica das espécies de beija-flores. Para isso, utilizamos a metodologia citada no capítulo anterior, onde capturamos beija-flores no período de setembro de 2011 a outubro de 2012 em uma chácara no município de Piraquara para coleta de pólen, marcação e morfometria. Utilizamos Índices de Similaridade de Soresen para testar a sobreposição de recurso alimentar através das plantas identificadas pelo pólen e, pela diferença entre o peso e o comprimento do bico, avaliamos a diferenciação morfológica entre as espécies. Através de dados de captura dos anos de 2004 a 2012, obtivemos pelo mesmo índice a sobreposição temporal dos beija-flores. Regressões lineares foram aplicadas para testar a relação entre sobreposição de nicho alimentar, diferenciação morfológica e sobreposição temporal. Capturamos 1432 beija-flores pertencentes a 13 espécies e identificamos 53 espécies de plantas pelo pólen contido nos animais. Nossos resultados mostram uma ausência de relação entre a sobreposição de nicho alimentar com diferenciação morfológica e sobreposição de nicho alimentar com a sobreposição temporal das espécies, sendo que mesmo naqueles meses onde houve algum indício de relação entre as variáveis, esta foi mínima. Além disso, em menos de 50% dos beija-flores foram encontrados grãos de pólen e, quando estavam presentes, ocorriam em pouca quantidade. Isto pode sugerir que beija-flores podem não estar atuando eficientemente como polinizadores ou que algum fator comportamental pode estar interferindo neste resultado. A partilha de recursos florais foi identificada entre todas as espécies, assim como uma tendência generalista de exploração, o que nos leva a concluir que o néctar não é um fator limitante para a comunidade em questão.

Palavras-chave: Beija-flor, sobreposição de nicho, sobreposição temporal, similaridade morfológica, polinização.

## ABSTRACT

Hummingbirds (Family Trochilidae) are perhaps the most important pollinator among the vertebrates. Also, when potentially competing species are sympatric and share available resources, we expect that resource use be spatially or temporally separate to avoid competition. We tested for competitive interactions by examining the relationship between plants used by birds and morphology and behavior of the hummingbirds and in which we predicted some form of competitive exclusion. We identified pollen (Chapter 1) taken from hummingbirds from September 2011 to October 2012 on a rural residence near the city of Piraquara, in the southern Brazilian state of Paraná. We measured food niche overlap as similarity (Sorensen's Index) in flowers species visited by the hummingbirds. We tested for competitive exclusion using the relationship between species similarity (as the difference in weight or bill length for each pair of species) and niche (flower use) overlap (similarity). We also tested for temporal competitive exclusion using hummingbird captures from the years 2004 – 2012 and niche overlap. We predicted that similar sized species, or species with greater temporal overlap, would have statistically less niche overlap. We captured 1432 hummingbirds of 13 species, from which 53 species of plants were identified from the pollen grains taken from the birds. Surprisingly, we found no evidence of competitive exclusion and niche overlap was common and unrelated to bird size or time during which the resource was used. Also surprisingly, about half the birds captured had no pollen and often, when pollen was present, it comprised very few species. This suggests that hummingbirds may not be effective pollinators as previously thought. The sharing of floral resources was identified among all species, as well as a general trend of exploitation, which leads us to conclude that the nectar is not a limiting factor for the community and consequently, does not support the idea of niche partitioning.

Key Words: Hummingbird, niche overlap, temporal overlap, morphological similarity, pollination.

## INTRODUÇÃO

Beija-flores (família Trochilidae) são o principal grupo de agentes polinizadores vertebrados de angiospermas, atraídos às plantas pela oferta de néctar (Cotton, 1998a; Buzato *et al.*, 2000; Sick, 2001). A diversidade e a abundância de plantas utilizadas como recursos pelas aves são os principais fatores que afetam a distribuição, a diversidade e o nicho ocupado pelas várias espécies de beija-flores (Stiles, 1981; Cotton, 1998b e 2007; Abrahamczyk e Kessler, 2010). Além disso, a fenologia das plantas pode influenciar nos eventos migratórios, onde picos de abundância de beija-flores podem corresponder a picos de floração de plantas de sua maior preferência (Stiles, 1985).

A utilização de recursos por espécies de beija-flores pode ser influenciada por diversos fatores, como padrões temporais de atividade, micro habitats (diferentes extratos florestais, por exemplo), correspondência entre morfologia do bico e as características das flores e interações interespecíficas (Wolf *et al.*, 1976). Comportamentos territorialistas e diferentes estratégias de forrageamento podem permitir a coexistência das espécies dentro da comunidade, sendo fruto da competição entre os indivíduos, gerando uma potencial ou aparente partilha de recursos alimentares (Feinsinger e Colwell, 1978).

Na obtenção de recursos alimentares beija-flores percebem o arranjo espacial das flores (Hurly, 1996; Bateson *et al.*, 2003), a variação na qualidade do néctar (Bacon *et al.*, 2010) e a disponibilidade temporal do recurso, deslocando-se dentro e entre habitats (Montgomerie e Gass, 1981). Um grande número de espécies de beija-flores realizam migrações latitudinais (Phillips *et al.*, 1975; Calder e Jones, 1989; Levey e Stiles, 1994) e altitudinais (Hobson *et al.*, 2003; Fraser *et al.*, 2008). No Brasil, exemplos de migrações altitudinais ocorrem na Serra da Mantiqueira e Serra do Mar, onde beija-flores vivem e se reproduzem nas estações mais quentes entre 700 - 1400m e migram para altitudes inferiores no inverno (Sick, 2001). Migrações altitudinais podem ser influenciadas pela abundância do recurso (Lara, 2006), mudanças climáticas associadas ao aumento

do fotoperíodo sazonal (Navarro, 1992), ou a combinação de ambos (Wethington e Russell, 2003; Cotton, 2007).

Considerando os deslocamentos realizados pelas espécies e os fatores que os influenciam, se recursos alimentares (florais) interferem, espécies que os compartilham, devem exibir padrões semelhantes de migração e, espécies que usam recursos alimentares diferentes, devem ter padrões de migração diferentes. Por outro lado, se outros fatores como o clima influenciam mais do que a disponibilidade de alimento, todas as espécies devem mostrar padrões semelhantes. Também, pela perspectiva do alimento, espécies de beija-flores morfologicamente semelhantes devem utilizar recursos mais parecidos sendo que, por exemplo, o tamanho do bico pode influenciar no tipo de recurso a ser explorado. A utilização de mesmas fontes alimentares pode gerar situações em que a competição influencia o uso do recurso, causando uma separação espaço-temporal de forrageamento ou situações de partilha dos recursos disponíveis entre as espécies.

Com isso, a partir da possibilidade de que os recursos florais utilizados pelas aves são um fator limitante e que as espécies competem ou partilham o recurso disponível, espera-se que entre espécies de beija-flores com (1) padrões temporais semelhantes possuem menor sobreposição no uso do recurso e, conseqüentemente, espécies com padrões temporais diferentes tendem a utilizar recursos semelhantes (dentro das limitações fenológicas da planta); (2) se espécies com sobreposição temporal utilizam recursos diferentes, tendem a apresentar uma maior diferenciação morfológica, sendo também esperado o oposto, onde espécies com sobreposição temporal e que utilizam recursos semelhantes, tendem a assemelhar-se morfológicamente. A maioria dos estudos sobre competição ou partilha de recursos em espécies de beija-flores são a base de observações. Neste estudo as espécies de plantas utilizadas pelos beija-flores foram identificadas pelos grãos de pólen depositados nas aves, possibilitando uma maior amostragem de plantas visitadas por eles em um menor esforço de campo. Com isso, podemos saber quais espécies de plantas os beija-flores estão visitando a nível sazonal e quais são compartilhadas entre eles.

## MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área antropizada composta por pequenos fragmentos florestais e vegetação secundária no município de Piraquara (25°31'17"S, 49°05'33"W), estado do Paraná, sul do Brasil. A vegetação é caracterizada pelo ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Ombrófila Densa (Reginato e Gondemberg, 2007).

### Capturas

Entre setembro de 2011 e outubro de 2012, foram realizadas capturas semanais de beija-flores, iniciadas pela manhã (em torno das 7:00 horas) e estendidas até atingir a captura de 10 indivíduos (incluindo ambos os sexos) de cada espécie visualizada no dia ou o mais próximo possível deste número, variando conforme a abundância de indivíduos naquele dia. Para a captura das aves foram utilizadas quatro armadilhas instaladas em áreas abertas próximas a pequenos fragmentos florestais, contendo no seu interior um bebedouro com uma solução de 20% de açúcar em água de poço. Bebedouros foram mantidos cheios e limpos com o máximo de três dias entre os abastecimentos. Quando um beija-flor entrava na armadilha para tomar água, uma corda era puxada, deixando cair a porta, capturando a ave. A utilização de bebedouro no local se faz desde 2004, com isso, todas as espécies de beija-flores registradas no decorrer do estudo visitaram os bebedouros. Nos dias de capturas durante incursões pela área, espécies de plantas que eram observadas recebendo visitas de beija-flores eram identificadas, assim como seus visitantes. Estes dados não entraram nas análises estatísticas, apenas citamos (Tabela 1).

Para avaliar a sobreposição no uso de recursos florais e quais espécies são visitadas, coletamos grãos de pólen aderidos ao corpo de todos os animais capturados com palitos de madeira individuais para cada ave. O pólen foi fixado em lâminas para serem analisadas ao microscópio. Os

animais foram anilhados com anéis metálicos fornecidos pelo CEMAVE, pesados com balança digital de precisão e fotografados ao lado de uma régua utilizada como escala para que o comprimento do bico fosse medido posteriormente através do programa ImageJ (Rasband, 2007). No dias de amostragem, evitamos recapturas por uma marca no alto da cabeça feita em todos os animais capturados.

No microscópio ótico as lâminas contendo o material coletado dos beija-flores foram analisadas (aumento de 10x) e quando localizados grãos de pólen, estes foram fotografados (aumento de 40x) com máquina digital KODAK AF – 14 mega pixels sempre no zoom máximo (3x), para manter exata a escala. Os grãos de pólen foram medidos e classificados com base nas suas características morfológicas seguindo a metodologia proposta no capítulo anterior (Chupil e Roper, 2013).

## **Análises**

Os grãos de pólen extraídos dos beija-flores foram agrupados pelas nove variáveis de características do pólen (a exemplo do capítulo anterior) e reunidos em grupos juntamente com as espécies de plantas que compartilhavam essas mesmas características (espécies identificadas no capítulo anterior). Ocorrendo isso, concluía-se que estes grãos tratavam-se da espécie vegetal com a qual estavam agrupados (Fig. 1). Na presença de um grande adensamento de pontos, primeiramente logaritimizávamos os valores visando um maior espaçamento gráfico dos pontos e, caso isso não fosse suficiente, aplicávamos a análise de Componentes Principais.

Uma vez identificadas quais plantas os beija-flores visitaram, calculamos em cada mês a sobreposição no uso de recursos alimentares aplicando o Índice de Similaridade de Soresen:  $IS = 2c / a + b$ , onde  $a$  e  $b$  correspondem ao número de espécies de plantas identificadas em um par de espécies de beija-flores e  $c$  o número de espécies de plantas em comum entre o par analisado. Para esta análise utilizamos os dados obtidos no período de setembro de 2011 e outubro de 2012.

A distribuição anual dos beija-flores foi usada para testar se espécies semelhantes temporalmente tendem a sobrepor menos quanto ao recursos alimentares utilizados. A similaridade temporal entre as espécies foi calculada utilizando o mesmo índice, onde  $a$  e  $b$  correspondem ao número de capturas por data de amostragem e  $c$  o número de capturas em comum do par analisado. Somente para este índice, utilizamos dados dos anos de 2004 a 2012, sendo incluído aqueles animais com no mínimo 10 capturas por mês. Os resultados dos índices foram transformados em porcentagens e aplicado regressões lineares em cada mês para testar a relação entre distribuição temporal e sobreposição de recurso alimentar das aves.

Para testar a relação entre sobreposição de recurso alimentar e diferenciação morfológica, utilizamos o comprimento do bico e o peso como diferencial morfológico entre as espécie. A partir disso, aplicamos regressões lineares entre a diferença destas medidas em cada par de espécies e a porcentagem de sobreposição no uso do recurso dentro de cada mês. Dados obtidos entre setembro de 2011 e outubro de 2012 foram utilizados para o cálculo de diferenciação morfológica, assim como para sobreposição de recursos alimentares. Para as análises utilizamos os programas R (R Development Core Team, 2011) e JMP (JMP Version 6, 2007).

A partir dos dados obtidos entre setembro de 2011 e outubro de 2012, estimamos a abundância de beija-flores ao longo do ano pelo número de capturas semanais, sendo classificados em incomum (uma ave), pouco comum (duas a cinco aves), moderadamente comum (seis a nove aves) e comum (10 ou mais aves). Quando uma espécie era vista, mas não capturada, considerava-se como apenas uma ocorrência (incomum). As espécies que foram registradas em todas as amostragens ao longo do ano, foram consideradas como residentes.

## **RESULTADOS**

Foram capturados 1431 indivíduos em 13 espécies de beija-flores entre setembro de 2011 e

outubro de 2012 em um total de 46 dias de capturas (Fig. 2). *Stephanoxis lalandi*, *Amazilia lactea* (apenas uma captura cada) e *Amazilia fimbriata* (seis capturas) não foram incluídos nas análises pelo baixo número de capturas. A distribuição anual das espécies de beija-flores obtida com base nos dados semanais do período de setembro de 2011 a outubro de 2012, incluindo animais capturados e visualizados, sugere que cinco espécies são residentes (*Leucochloris albicollis*, *Amazilia versicolor*, *Eupetomena macroura*, *Colibri serrirostris* e *Thalurania glaucopis*). A espécie *Clytolaema rubricauda* apresentou registros irregulares durante o ano, tendo uma maior abundância entre os meses de março e abril. A partir do mês de março, *Calliphlox amethystyna*, *Florisuga fusca* e *Anthracothorax nigricollis* deixam a área retornando a partir do final de agosto. No período de ausência das espécies anteriores, mais especificamente entre maio e agosto, *Amazilia fimbriata*, *Amazilia lactea* e *Stephanoxis lalandi* passaram a ser registradas (Fig. 2).

Lâminas referentes a todos os beija-flores capturados (n = 1431) foram analisadas, das quais 626 (44%) continham pólen, somando 1229 grãos medidos e classificados. Destes, 1004 grãos (82%) foram identificados em 53 espécies de plantas pertencentes a 23 famílias (Tabela 1), os 225 restantes (18%) foram agrupados por similaridade de características e medidas dando origem a 61 possíveis espécies de plantas as quais não coletamos o pólen mas as aves visitaram.

Salvo 11 espécies de plantas que apresentaram apenas uma amostra de pólen identificada, nenhuma outra foi visitada exclusivamente por uma única espécie de beija-flor (Tabela 1). Apenas *Aechmea distichantha* e *Fuchsia regia* foram visitadas por todas as espécies, seguida por *Vriesea friburgensis* visitada por 10 espécies.

A sobreposição do uso de plantas foi observada em todos os meses. Porém, dos 347 pareamentos de espécies de beija-flores, apenas 25 apresentaram mais que 50% de similaridade de plantas visitadas. Para o cálculo de similaridade de sobreposição temporal foram utilizados os dados de 2917 beija-flores capturados entre 2004 e 2012: *Amazilia versicolor* (n = 633), *Anthracothorax nigricollis* (n = 128), *Calliphlox amethystyna* (n = 41), *Chlorostilbon lucidus* (n = 273), *Colibri*

*serrirostris* (n = 168), *Eupetomena macroura* (n = 56), *Florisuga fusca* (n = 122), *Leucochloris albicollis* (n = 1300) e *Thalurania glaucopis* (n = 196). Com base nesses dados, dos 36 pareamentos de espécies de beija-flores, a sobreposição ficou abaixo de 25% em 16, enquanto que os demais apresentaram uma porcentagem maior ou igual a 25%. A maior similaridade temporal foi entre *Anthracothorax nigricollis* e *Florisuga fusca* (51%) seguida por *Anthracothorax nigricollis* e *Chlorostilbon lucidus* (46%), enquanto a menor entre *Calliphlox amethystina* e *Leucochloris albicollis* (5%).

As regressões lineares entre as sobreposições temporais e de recursos utilizados pelos beija-flores foram significativas e negativas, como previstos sob a hipótese de partilha temporal, somente nos meses de maio e outubro (Figs 3 – 4), sendo que nos demais meses não apresentaram relação. A sobreposição de recursos alimentares também foi independente da morfologia das espécies, salvo os meses de fevereiro para o comprimento do bico e setembro para comprimento do bico e peso (Figs 5 - 6).

## DISCUSSÃO

Através da nova metodologia de identificar as plantas visitadas por beija-flores através dos grãos de pólen, descobrimos que há muita sobreposição de uso das plantas além de muita sobreposição temporal na maioria das espécies de beija-flores. Estes resultados indicam que, apesar do comportamento agonístico bem comum em beija-flores, há muita partilha de recursos florais (néctar) e que estes não são limitantes para a coocorrência das espécies.

Uma baixa sobreposição de recursos florais utilizados por beija-flores foram documentados por Wolf *et al.* (1976) e Cotton (1998a), ocorrendo apenas em períodos de escassez de recursos onde os indivíduos eram forçados a utilizar aquilo que estava disponível. Estes resultados, mesmo que contrapondo aos nossos no aspecto de poucas e pontuais sobreposições ao longo do ano, podem

ajudar a explicar esta maior sobreposição de recursos florais utilizados pelas aves, visto que a área é antropizada e espécies de plantas tipicamente ornitófilas não são abundantes (Tabela 1), os beija-flores exploram aquilo que está a sua disposição o ano todo, sendo que quando ocorre um aumento na disponibilidade de um recurso de maior preferência pelas aves (como a floração de determinadas bromélias), todas as espécies passam a explorá-lo sobrepondo ainda mais seus nichos alimentares.

Resultados mais semelhante aos nossos foram obtidos por Buzato e Sazima (2000), onde sobreposições entre as 15 espécies de beija-flores estudadas, inclusive entre espécies de subfamílias distintas (Trochilinae e Phaethornithinae) foram recorrentes ao longo do ano, estando ligada, entre outros fatores, ao comportamento generalista de algumas espécies, como em *Leucochloris albicollis*. Esta expansão quanto ao número de espécies de plantas exploradas pode ser interpretada como uma forma de enfrentar as oscilações da disponibilidade de recurso ao longo do ano. Extrapolando esta maior exploração de recursos a não somente a diferentes espécies de plantas, observamos beija-flores alimentando-se de frutos maduros de *Diospyros kaki* (*Leucochloris albicollis* e *Eupetomena macroura*) e alimentando-se nas fendas do tronco de *Mimosa scabrella* (*Thalurania glaucopis*). Segundo Sick (2001), as aves buscam a “fumagina”, composta pelo acúmulo de fungos e excretas de pulgões localizado na parte inferior dos galhos que é almejado por diferentes espécies de aves e com maior facilidade por beija-flores, devido a capacidade de pairar em voo.

Entre as 58 espécies de plantas visitadas por beija-flores, apenas *Fuchsia regia* e *Aechmea distichantha* foram frequentadas por todas as espécies (com exceção de *Amazilia lactea* que apenas foi capturado uma vez e nunca mais observado). Porém, um fator que pode ser levado em conta, é o período de floração longo em ambas e a elevada abundância de indivíduos na área, nesse caso mais especificamente em *Aechmea*, permitindo uma maior disponibilidade de flores para as aves (Observações pessoais). Em quatro espécies de plantas (*Jacaranda puberula*, *Erythrina crista-galli*, *Erythrina speciosa* e *Podranea ricasoliana*) foram observados beija-flores atuando como pilhadores

de néctar, onde perfuravam a corola para ter acesso a este recurso. Supomos que este comportamento justifique as poucas amostras de grãos de pólen destas espécies identificadas nos beija-flores, mesmo com elevada frequência de visitas observadas em campo nas espécies do gênero *Erythrina*. (Observações pessoais). Por outro lado, tivemos a presença de grãos de pólen de plantas atípicas, como algumas espécies de Melastomataceae, Solanaceae, Myrtaceae e Rosaceae. A visita nestas plantas pode ser identificado como comportamento oportunista das aves, assim como foi levantado por Abreu e Vieira (2004), podendo ser justificado pela simples proximidade com outras plantas com frequência maior de visitaçã, sendo uma tentativa de explorar recursos variados ou influenciado pela captura de artrópodes que sejam atraídos pelas flores dessas espécies.

Segundo Abrahamczyk e Kessler (2010), o número de flores disponíveis no ambiente é de maior relevância para a comunidade de beija-flores do que a diversidade de espécies de plantas. Isto corrobora com nossos resultados, visto que a presença de flores ao longo do ano mesmo que não apresentando em sua grande maioria características ligadas a ornitofilia, garantem um recurso alimentar para as aves, nos levando a conclusão de que os recursos florais não são um fator limitante para a ocorrência das espécies de beija-flores na área.

É esperado que espécies que utilizam recursos semelhantes venham a evitar a coexistência para reduzir a competição (Ornelas, 2002). Diante disso, apenas nos meses de maio e outubro obtivemos resultados significativos para esta relação. Porém, em maio, os resultados podem ser questionados devido ao  $n$  pequeno e alguns outliers (41% da variabilidade em sobreposição de recursos alimentares sendo explicado por sobreposição temporal dos beija-flores). Já em outubro, 13% da relação foi explicada, o que é muito pouco. Nos demais meses a sobreposição de recursos alimentares e a sobreposição temporal das aves foram independentes, que sustenta a ideia de que não há divisão temporal para evitar competição.

A relação mutualística entre plantas e beija-flores vem sendo considerada por vários autores como sendo fruto de uma coevolução entre ambos, onde um se beneficia dos recursos (néctar) e o

outro do auxílio de um agente para o transporte do pólen. Sendo assim, estes fatores teriam contribuindo ao longo do tempo para modelar características dos organismos envolvidos, onde bicos de determinadas espécies teriam vantagens na exploração de determinados tipos de flores (Stiles, 1985; Kodrik-Brown *et al.*, 1984). Nossos resultados mostram uma ausência de relação entre a diferenciação morfológica e a sobreposição de recursos, com exceção de dois meses. Em fevereiro a relação foi respondida por apenas 7% (comprimento do bico) e em setembro por 12% (comprimento do bico) ou 13% (peso), indicando que mesmo que haja alguma tendência em partilhar recursos entre espécies morfológicamente semelhantes, é mínima. Diante disso, todas as espécies de beija-flores utilizaram uma grande variedade de espécies de plantas sem nenhuma segregação detectável, visto que beija-flores morfológicamente semelhantes teoricamente explorariam recursos semelhantes e, para reduzir a competição entre si, teriam evoluído para fenologias diferentes o que também não foi apoiado por nossos resultados.

Entre as 1431 lâminas analisadas, em menos de 50% (626) foram observados grãos de pólen e, na maioria das vezes, estando restritos a poucas unidades. Este fator mostra-se controverso, visto que beija-flores são tidos como o principal grupo de vertebrados polinizadores (Cotton, 1998a; Buzato *et al.*, 2000; Vasconcellos e Freitas, 2007) e, sendo assim, esperaríamos um número maior de grãos depositados nos animais. Um fator que pode estar associados a esses resultados, seria o fato de que a maioria das espécies de plantas encontradas na região não apresentam características morfológicas ligadas a polinização ornitófila (Tabela 1), dificultando assim o depósito de pólen nas aves. Com isso, os beija-flores estariam alimentando-se do néctar mas transportando apenas eventualmente os grãos. Segundo Sick (2001), devido ao contato contínuo com as flores e conseqüentemente com suas substâncias viscosas que acabam aderindo ao corpo, beija-flores limpam-se constantemente, seja em banhos ou através de raspagens com os próprios tarsos. Este comportamento, mesmo que interfira em pequena escala, pode acarretar a retirada de grãos de pólen que estejam aderidos nas aves.

Baseada na distribuição anual das espécies de beija-flores durante o período de setembro de 2011 a outubro de 2012, com exceção de *Leucochloris albicollis* e *Thalurania glaucopis*, todas as demais espécies apresentaram redução na abundância a partir do mês de abril, sendo que *Calliphlox amethystina*, *Chlorostilbon lucidus*, *Florisuga fusca* e *Anthracothorax nigricollis* emigram nesse período e retornam a partir de final de agosto, quando as demais espécies também aumentam em número. Este período de maior abundância coincide com a floração da maioria das espécies de plantas na área (Figura 7), seguindo o proposto por Stilles (1980) e Montgomerie e Gass (1981).

Nossos resultados mostram uma alta sobreposição temporal e de recursos alimentares entre todas as espécies de beija-flores. Além disso, nenhuma tendência pôde explicar a sobreposição de recursos alimentares, seja ela baseada na distribuição anual ou na diferenciação morfológica das aves. Quanto as flores, várias espécies estão sendo exploradas e compartilhadas como fontes de alimento pelos beija-flores e, mesmo havendo expressões competitivas referentes a defesa de territórios e de recursos, isso não impede a coexistência das espécies, podendo ocorrer apenas uma divisão espaço-temporal de forrageamento, como citado por Stiles (1985) e Hutto (1992). Por fim, o fato de 14 espécies de beija-flores terem sido registradas e grande parte delas sobrepor temporalmente ao longo do ano, demonstram que o néctar não é um recurso limitante para a ocorrência de beija-flores na área.

## REFERÊNCIAS

- Abrahamczyk, S., e Kessler, M. 2010. Hummingbird diversity, food niche characters, and assemblage composition along a latitudinal precipitation gradient in the Bolivian lowlands. *Journal of Ornithology* 151:615–625.
- Abreu, C. R. M. e Vieira, M. F. 2004. Os beija-flores e seus recursos florais em um fragmento florestal de Viçosa, sudeste brasileiro. *Lundiana* 5:129–134.
- Bacon, I. E., Hurly, T. A. e Healy, S. 2010. Both the past and the present affect risk-sensitive decisions of foraging rufous hummingbirds. *Behavioral Ecology* 21:626–632.
- Bateson, M., Healy, S. e Hurly, T. A. 2003. Context-dependent foraging decisions in rufous hummingbirds. *Proceedings of the Royal Society Biological Science* 270:1271–1276.
- Buzato, S., Sazima, M. e Sazima, I. 2000. Hummingbird pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32:824-841.
- Calder III, W. A. e Jones, E. G. 1989. Implications of recapture data for migration of the Rufous Hummingbird (*Selasphorus rufus*) in the Rocky Mountains. *The Auk* 106:488–489.
- Cotton, P. A. 1998a. Coevolution in an 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.
- Faegri K e van der Pijl L. 1980. *The principles of pollination ecology*. New York: Pergamon Press. 244p.

- Feinsinger, P. e Colwell, R. K. 1978. Community organization among Neotropical nectar-feeding birds. *American Zoologist* 18: 779-795.
- Fraser, K. C., Kyser, T. K., e Ratcliffe, L. M. 2008. Detecting Altitudinal Migration Events in Neotropical Birds Using Stable Isotopes. *Biotropica* 40:269–272.
- Hobson, K. A., Wassenaar, L. I., Milá, B., Lovette, I., Dingle, C., e Smith, T. B. 2003. Stable isotopes as indicators of altitudinal distributions and movements in an Ecuadorean hummingbird community. *Oecologia* 136:302-308.
- Hurly, T. A. 1996. Spatial memory in rufous hummingbirds: memory for rewarded and non-rewarded sites. *Animal Behavior* 51:177–183.
- Hutto, R. L., 1992. Habitat distributions of migratory land- bird species in western Mexico. Pages 221-239 in J. M. Hagan & D. W. Johnston (eds.). *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- JMP, Version 6. 2007. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007.
- Kodric-Brown, A., Brown, J. H., Byers, G. S., e Gori, D. F. 1984. Organization of a tropical island community of hummingbirds and flowers. *Ecology* 65:1358–1368.
- Lara, C. 2006. Temporal dynamics of flower use by hummingbirds in a highland temperate forest in Mexico. *Ecoscience* 13:23-20.
- Levey, D. J. e Stiles, G. 1994. Variabilidad de recursos, habitat y movimientos estacionales en aves neotropicales: implicaciones para la evolución de la migración a larga distancia. *Bird Conservation International* 4:109-113.
- Montmerie, R. D. e Gass., C. L. 1981. Energy limitation of hummingbird populations in tropical and temperate communities. *Oecologia* 50:162–165.
- Navarro, A. G. 1992. Altitudinal distribution of birds in the Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico.

The Condor 94:29-39.

- Ornelas, J .F., Ordano, M., Hernández, A., Carlos López, J., Mendoza, L., & Perroni, Y. 2002. Nectar oasis produced by *Agave marmorata* Roezl. (Agavaceae) lead to spatial and temporal segregation among nectarivores in the Tehuacán Valley, México. *Journal of Arid Environments* 52:37–51.
- Phillips, R., Miller, L. H., e Jean, T. 1975. The Migrations oh allen's and other hummingbirds. *The Condor* 77:196–205.
- R Development Core Team. 2011. 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/>.
- Rasband, W. S. 2007. ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA. URL <http://imagej.nih.gov/ij/>
- Reginato, M. e Goldenberg, R. 2007. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. *Hoehnea* 34:349-364.
- Sick, H. 2001. *Ornitologia brasileira*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 862 p.
- Stiles, F. G. 1980. The annual cycle in a tropical wet forest hummingbirds community. *Ibis* 122:322-343.
- Stiles, F. G. 1981. Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68:323–351.
- Stiles, F. 1985. Seasonal patterns and coevolution in the hummingbird-flower community of a Costa Rican Subtropical Forest. *Ornithological Monographs* 36:757-787.
- Vasconcellos, N. C. e Freitas, L. 2007. Floral resources for hummingbirds in the arboretum of the

Rio de Janeiro Botanical Garden, Brazil. *Davidsonia* 18:3-15.

Wethington, S. M., e Russell, S. M. 2003. The Seasonal Distribution and Abundance of Hummingbirds in oak Woodland and riparian communities in Southeastern Arizona. *The Condor* 105:484–495.

Wolf, L. L., Stiles, F. G., e Hainsworth, F. R. 1976. Ecological organization of a tropical, highland hummingbird community. *The Journal of Animal Ecology* 45:349–379.

Tabela 1: Lista de espécies de plantas visitadas por beija-flores. A letra “V” simboliza apenas visualizações de visitas e o “X” espécies de plantas identificadas pelo pólen. A presença de um asterisco ao lado do nome da planta indica que esta espécie apresenta características morfológicas ligadas à ornitofilia: flores de coloração conspícua (frequentemente vermelho ou amarelo), antese diurna, ausência de odor, corola tubular e às vezes curvada e néctar rico em sacarose (Faegri e van der Pijl, 1980).

<b>Espécie</b>	<b>AF</b>	<b>AV</b>	<b>AN</b>	<b>CA</b>	<b>CL</b>	<b>CR</b>	<b>CS</b>	<b>EM</b>	<b>FF</b>	<b>LA</b>	<b>SL</b>	<b>TG</b>
<b>Família Agapanthaceae</b>												
<i>Agapanthus africanus</i>		X	X				X					
<b>Família Balsaminaceae</b>												
<i>Impatiens walleriana</i>		X					X	X				
<b>Família Bignoniaceae</b>												
<i>Cuspidaria convoluta</i>			X									
<i>Jacaranda puberula</i>		X						V		X		X
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>					X					X		
<i>Podranea ricasoliana</i>					X							
<i>Pyrostegia venusata*</i>			X				V	V	X	X		
<b>Família Bromeliaceae</b>												
<i>Aechmea distichantha*</i>	X	X	X	V	X	X	X	X	X	X	V	X
<i>Bilbergia amoena*</i>										V		
<i>Quesnelia testudo*</i>		X								X		
<i>Vriesea carinata*</i>					X	X						
<i>Vriesea friburgensis*</i>		X	V	V	X	X	X	X	X	X		X
<b>Família Cannaceae</b>												
<i>Canna indica*</i>					X		X	X				
<b>Família Caprifoliaceae</b>												
<i>Lonicera japonica</i>		V	X		V	V	X	V	V	X		V
<b>Família Convolvulaceae</b>												
<i>Ipomoea alba</i>							X					

Legenda: AF – *Amazilia fimbriata*, AV – *Amazilia versicolor*, AN – *Antracothorax nigricollis*, CA – *Callyphlox amethystyna*, CL – *Chlorostilbon lucidus*, CR – *Clytolaema rubricauda*, CS – *Colibri serrirostris*, EM – *Eupetomena macroura*, FF – *Florisuga fusca*, LA – *Leucochloris albicollis*, SL – *Stephanoxis lalandi* e TG – *Thaluranis glaucopis*.  
continua

Tabela 1: Lista de espécies de plantas visitadas por beija-flores. A letra “V” simboliza apenas visualizações de visitas e o “X” espécies de plantas identificadas pelo pólen. A presença de um asterisco ao lado do nome da planta indica que esta espécie apresenta características morfológicas ligadas à ornitofilia: flores de coloração conspícua (frequentemente vermelho ou amarelo), antese diurna, ausência de odor, corola tubular e às vezes curvada e néctar rico em sacarose (Faegri e van der Pijl, 1980).

<b>Espécie</b>	<b>AF</b>	<b>AV</b>	<b>AN</b>	<b>CA</b>	<b>CL</b>	<b>CR</b>	<b>CS</b>	<b>EM</b>	<b>FF</b>	<b>LA</b>	<b>SL</b>	<b>TG</b>
<i>Ipomoea purpurea</i>		X	X				X		X	X		
<b>Família Euphorbiaceae</b>												
<i>Euphorbia milli</i>					X					X		X
<i>Euphorbia pulcherrima</i>		X	X		X	X		X		X		
<b>Família Fabaceae</b>												
<i>Bauhinia forficata</i>		X					X		X	X		X
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>		X					X					
<i>Calliandra brevipes</i>								X				
<i>Calliandra twiedii</i>		X		V	X	V	X	X	V	X		X
<i>Cassia leptophylla</i>		X										
<i>Erythrina crista-galli*</i>					X		X	X		X		
<i>Erythrina speciosa*</i>	V	V	V				V	V	V	V		V
<i>Mimosa scabrella</i>							V					V
<i>Senna neglecta</i>		X	X		X	X	X		X	X		
<i>Senna pendula</i>												X
<b>Família Gesneriaceae</b>												
<i>Nematanthus wattsteinii*</i>		X	X		X	X	X		X	X		
<b>Família Hydrangeaceae</b>												
<i>Hydrangea macrophylla</i>					X			X				
<b>Família Iridaceae</b>												
<i>Crocasmia crocosmiflora</i>		X	X		X	X	X			X		X
<i>Gladiolus hortulanus</i>		X						X				

Legenda: AF – *Amazilia fimbriata*, AV – *Amazilia versicolor*, AN – *Antracothorax nigricollis*, CA – *Callyphlox amethystyna*, CL – *Chlorostilbon lucidus*, CR – *Clytolaema rubricauda*, CS – *Colibri serrirostris*, EM – *Eupetomena macroura*, FF – *Florisuga fusca*, LA – *Leucochloris albicollis*, SL – *Stephanoxis lalandi* e TG – *Thaluranis glaucopis*.  
continua

Tabela 1: Lista de espécies de plantas visitadas por beija-flores. A letra “V” simboliza apenas visualizações de visitas e o “X” espécies de plantas identificadas pelo pólen. A presença de um asterisco ao lado do nome da planta indica que esta espécie apresenta características morfológicas ligadas à ornitofilia: flores de coloração conspícua (frequentemente vermelho ou amarelo), antese diurna, ausência de odor, corola tubular e às vezes curvada e néctar rico em sacarose (Faegri e van der Pijl, 1980).

<b>Espécie</b>	<b>AF</b>	<b>AV</b>	<b>AN</b>	<b>CA</b>	<b>CL</b>	<b>CR</b>	<b>CS</b>	<b>EM</b>	<b>FF</b>	<b>LA</b>	<b>SL</b>	<b>TG</b>
<b>Família Lamiaceae</b>												
<i>Salvia splendens*</i>			X		X		X	X		X		V
<b>Família Malvaceae</b>												
<i>Abutilon amoenum</i>							X			X		
<i>Abutilon rufinerve</i>								X				
<i>Abutilon striatum</i>	X						X	X		X	V	
<i>Hibiscus sinensis</i>		X	X	X	X		X	X		X		
<b>Família Melastomataceae</b>												
<i>Tibouchina gracilis</i>		X						X				
<i>Tibouchina sellowiana</i>		X	X		X		X	X	X	X		X
<b>Família Musaceae</b>												
<i>Musa paradisiaca</i>				X	X	V	X	V	V	X		X
<b>Família Myrtaceae</b>												
<i>Eugenia uniflora</i>					V			V				
<b>Família Onagraceae</b>												
<i>Fuchsia regia*</i>	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	V	X
<b>Família Rosaceae</b>												
<i>Manettia luteorubra*</i>					X		X	X		X		X
<i>Prunus persica</i>		X					X			X		
<i>Pyrus communis</i>		X					X	X				
<i>Rubus sellowii</i>							X	X				
<b>Família Musaceae</b>												
Legenda: AF – <i>Amazilia fimbriata</i> , AV – <i>Amazilia versicolor</i> , AN – <i>Antracothorax nigricollis</i> , CA – <i>Callyphlox amethystyna</i> , CL – <i>Chlorostilbon lucidus</i> , CR – <i>Clytolaema rubricauda</i> , CS – <i>Colibri serrirostris</i> , EM – <i>Eupetomena macroura</i> , FF – <i>Florisuga fusca</i> , LA – <i>Leucochloris albicollis</i> , SL – <i>Stephanoxis lalandi</i> e TG – <i>Thaluranis glaucopis</i> .												continua

Tabela 1: Lista de espécies de plantas visitadas por beija-flores. A letra “V” simboliza apenas visualizações de visitas e o “X” espécies de plantas identificadas pelo pólen. A presença de um asterisco ao lado do nome da planta indica que esta espécie apresenta características morfológicas ligadas à ornitofilia: flores de coloração conspícua (frequentemente vermelho ou amarelo), antese diurna, ausência de odor, corola tubular e às vezes curvada e néctar rico em sacarose (Faegri e van der Pijl, 1980).

<b>Espécie</b>	<b>AF</b>	<b>AV</b>	<b>AN</b>	<b>CA</b>	<b>CL</b>	<b>CR</b>	<b>CS</b>	<b>EM</b>	<b>FF</b>	<b>LA</b>	<b>SL</b>	<b>TG</b>
<i>Musa paradisiaca</i>				X	X	V	X	V	V	X		X
<b>Família Myrtaceae</b>												
<i>Eugenia uniflora</i>					V			V				
<b>Família Onagraceae</b>												
<i>Fuchsia regia*</i>	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	V	X
<b>Família Rosaceae</b>												
<i>Manettia luteorubra*</i>					X		X	X		X		X
<i>Prunus persica</i>		X					X			X		
<i>Pyrus communis</i>		X					X	X				
<i>Rubus sellowii</i>							X	X				
<b>Família Solanaceae</b>												
<i>Brunfelsia pauciflora</i>			X		X		X					X
<i>Brunfelsia uniflora</i>						X		X	X			X
<i>Solanum aculeatissimum</i>		X										
<i>Solanum mauritianum</i>					X		X	X				
<i>Solanum variabile</i>		X										
<b>Família Styracaceae</b>												
<i>Styrax leprosus</i>		X	X		X	X	X	X		X		
<b>Família Theaceae</b>												
<i>Gordonia fruticosa</i>							V	V	X	V		
<b>Família Verbenaceae</b>												
<i>Duranta vestita</i>		X		X		X	X	X	X	X		X

Legenda: AF – *Amazilia fimbriata*, AV – *Amazilia versicolor*, AN – *Antracothorax nigricollis*, CA – *Callyphlox amethystyna*, CL – *Chlorostilbon lucidus*, CR – *Clytolaema rubricauda*, CS – *Colibri serrirostris*, EM – *Eupetomena macroura*, FF – *Florisuga fusca*, LA – *Leucochloris albicollis*, SL – *Stephanoxis lalandi* e TG – *Thalurania glaucopis*.

continua

Tabela 1: Lista de espécies de plantas visitadas por beija-flores. A letra “V” simboliza apenas visualizações de visitas e o “X” espécies de plantas identificadas pelo pólen. A presença de um asterisco ao lado do nome da planta indica que esta espécie apresenta características morfológicas ligadas à ornitofilia: flores de coloração conspícua (frequentemente vermelho ou amarelo), antese diurna, ausência de odor, corola tubular e às vezes curvada e néctar rico em sacarose (Faegri e van der Pijl, 1980).

<b>Espécie</b>	<b>AF</b>	<b>AV</b>	<b>AN</b>	<b>CA</b>	<b>CL</b>	<b>CR</b>	<b>CS</b>	<b>EM</b>	<b>FF</b>	<b>LA</b>	<b>SL</b>	<b>TG</b>
<i>Lantana camara</i>									X			
<i>Lantana fucata</i>		X					X					
<i>Petrea subserrata</i>		V			V							
<b>Família Zingiberaceae</b>												
<i>Hedychium coronarium</i>	X	X	X		X		X			X		

Legenda: AF – *Amazilia fimbriata*, AV – *Amazilia versicolor*, AN – *Antracothorax nigricollis*, CA – *Callyphox amethystyna*, CL – *Chlorostilbon lucidus*, CR – *Clytolaema rubricauda*, CS – *Colibri serrirostris*, EM – *Eupetomena macroura*, FF – *Florisuga fusca*, LA – *Leucochloris albicollis*, SL – *Stephanoxis lalandi* e TG – *Thaluranis glaucopis*.

Figura 1: Diferenciação entre espécies e agrupamentos por similaridade baseados nas medidas do comprimento e largura dos grão de pólen classificados com as mesmas características. O conjunto de pontos superiores representam grãos de polens de *Erythrina speciosa* e o conjunto inferior *Erythrina crista-galli*. No agrupamento inferior nota-se quatro grãos (▲) que correspondem a polens extraídos de beija-flores. Por estarem contidos dentro do agrupamento de *Erythrina crista-galli* e compartilharem das mesmas características morfológicas, tratam-se portanto desta espécie.

Figura 2: Abundância de beija-flores no período de 10 de setembro de 2011 a 04 de outubro de 2012, estimada pelo número de animais capturados. Quando uma espécie foi vista, mas não capturada, contabilizamos como incomum. Uma ave vista ou capturada (—); duas a cinco aves capturadas (▬); seis a nove aves capturadas (▨); 10 ou mais aves capturadas (■). AMFI – *Amazilia fimbriata*, AMLA – *Amazilia lactea*, AMVE – *Amazilia versicolor*, ANNI – *Antracothorax nigricollis*, CAAM – *Callyphlox amethystyna*, CHLU – *Chlorostilbon lucidus*, CLRU – *Clytolaema rubricauda*, COSE – *Colibri serrirostris*, EUMA – *Eupetomena macroura*, FLFU – *Florisuga fusca*, LEAU – *Leucochloris albicollis*, STLA – *Stephanoxis lalandi* e THGL – *Thaluranis glaucopis*.

Figura 3: Regressões lineares entre a porcentagem de sobreposição de uso de recurso e a sobreposição temporal dos beija-flores. Entre os seis primeiros meses apenas maio apresentou resultados estatisticamente significantes ( $p < 0.05$ ) com 43% de variabilidade. Nos demais meses a sobreposição mostrou-se independente da fenologia das espécies, implicando na ausência de relação entre as variáveis.

Figura 4: Regressões lineares entre a porcentagem de sobreposição de uso de recurso e a sobreposição temporal dos beija-flores. Entre estes meses apenas outubro apresentou resultados

estatisticamente significantes ( $p < 0.05$ ) mas com apenas 13% de variabilidade. Nos demais meses a sobreposição mostrou-se independente da fenologia das espécies, implicando na ausência de relação entre as variáveis.

Figura 5: Regressões lineares ente a porcentagem de sobreposição de recurso e a diferenciação morfológica dos beija-flores, representada pela diferença do comprimento do bico e o peso com inclinações negativas. Apenas os meses de fevereiro e setembro apresentaram resultados significativos ( $p < 0.05$ ).

Figura 6: Regressões lineares ente a porcentagem de sobreposição de recurso e a diferenciação morfológica dos beija-flores, representada pela diferença do comprimento do bico e o peso com inclinações positivas (exceto nos meses de outubro para peso e dezembro para comprimento do bico) . Todos os resultados apontam para uma ausência de relação entre as variáveis.

Figura 7: Fenologia das espécies de plantas registradas na área (e proximidades) cujo pólen foi coletado e utilizado como referência para a identificação do material depositado nos bicos dos beija-flores. (\*) - *Bougainvillea glabra*, *Calliandra teedii*, *Fuchsia regia*, *Hibiscus sinensis*, *Rosa* sp, *Impatiens walleriana*, *Lonicera japonica*, *Rhododendron simsii*, *Salvia splendens* e *Wedelia paludosa*; (■) - *Abutilon rufinerve*, *Brunfelsia pauciflora*, *Caesalpinia peltophoroides* e *Cuspidaria convoluta*; (●) - *Pyrostegia venusata*, *Rhipsalis cereuscula* e *Pyrus communis*; (▲) - *Solanum aculeatissimum* e *Abutilon amoenum*; (◆) - *Cestrum corymbosum*, *Quesnelia testudo* e *Spiraea thunbergii*.

Figura 1:

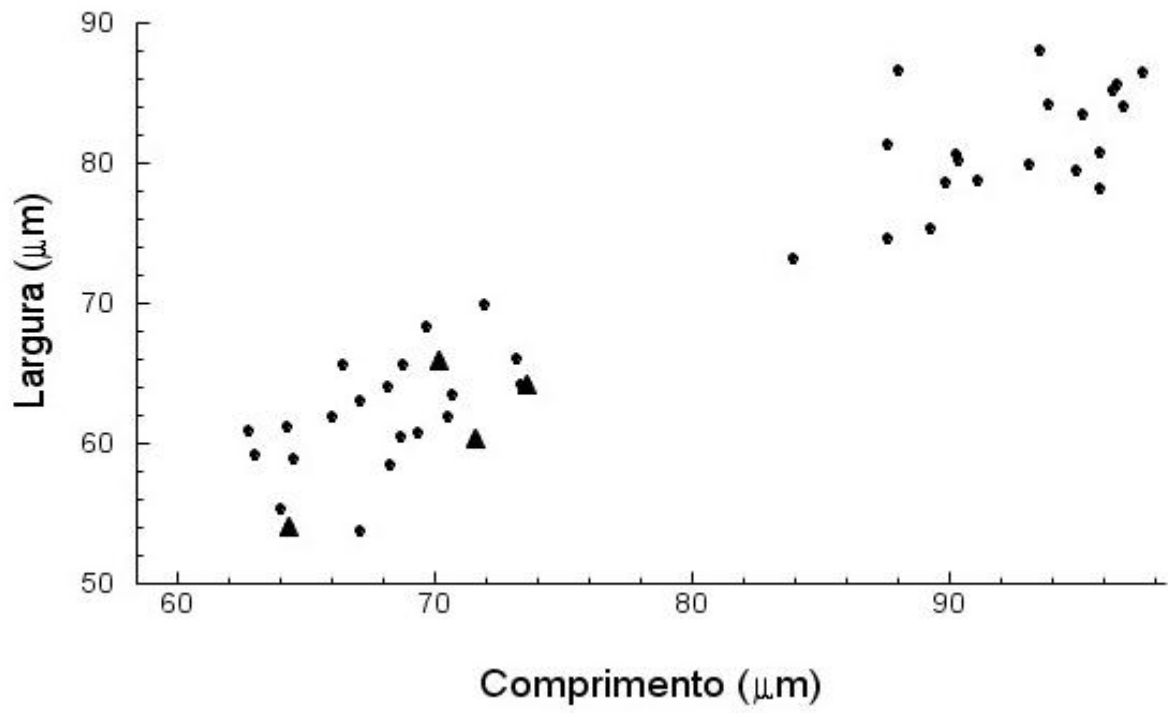


Figura 2:

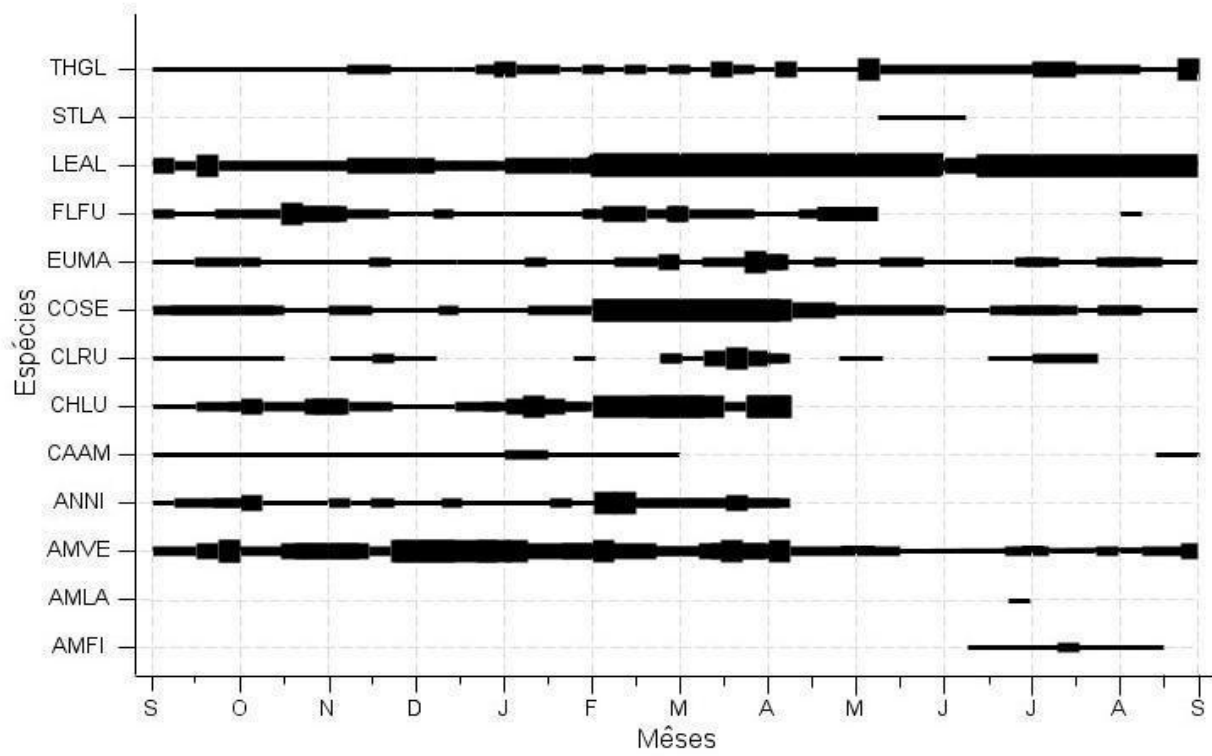


Figura 3

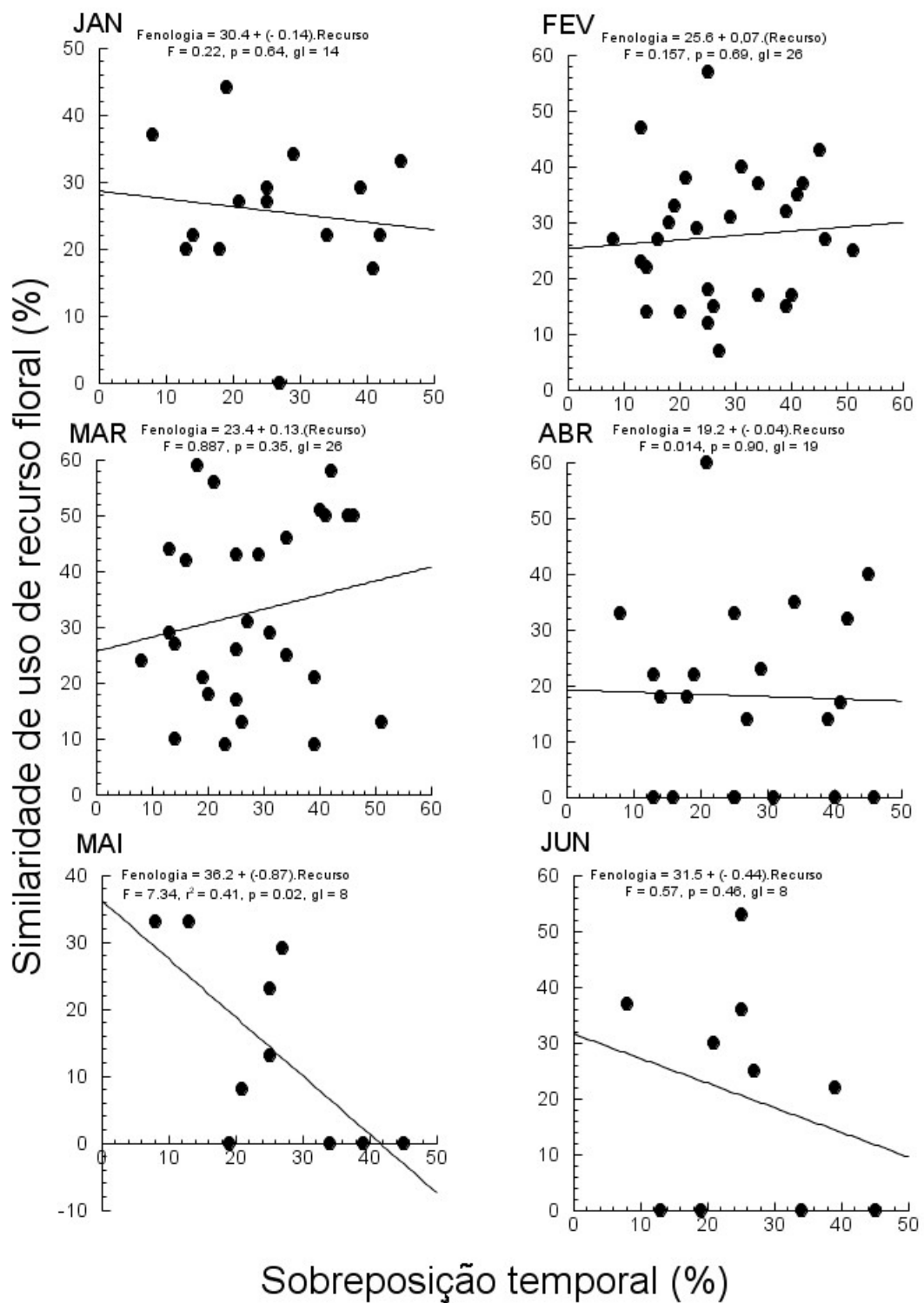


Figura 4:

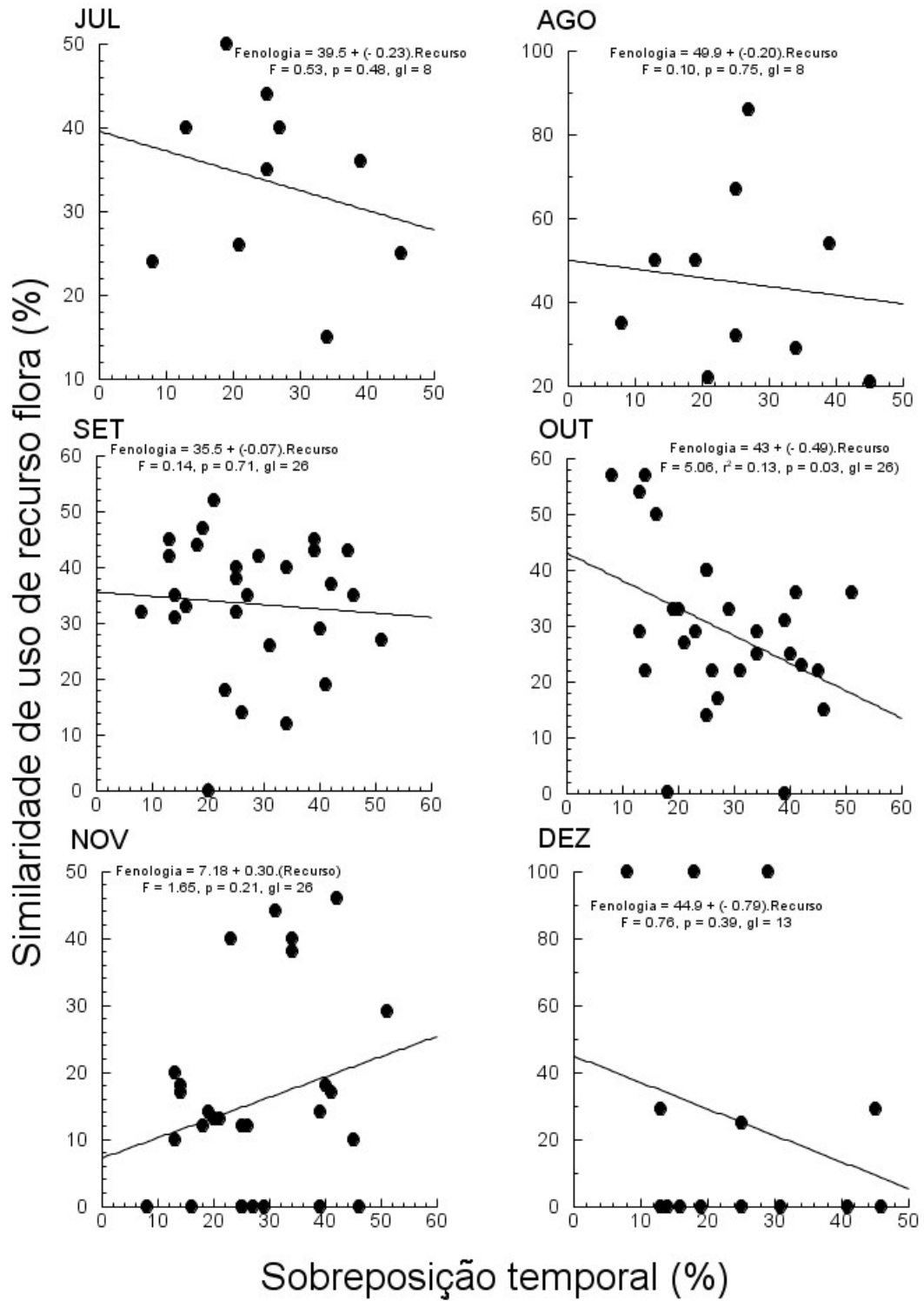


Figura 5

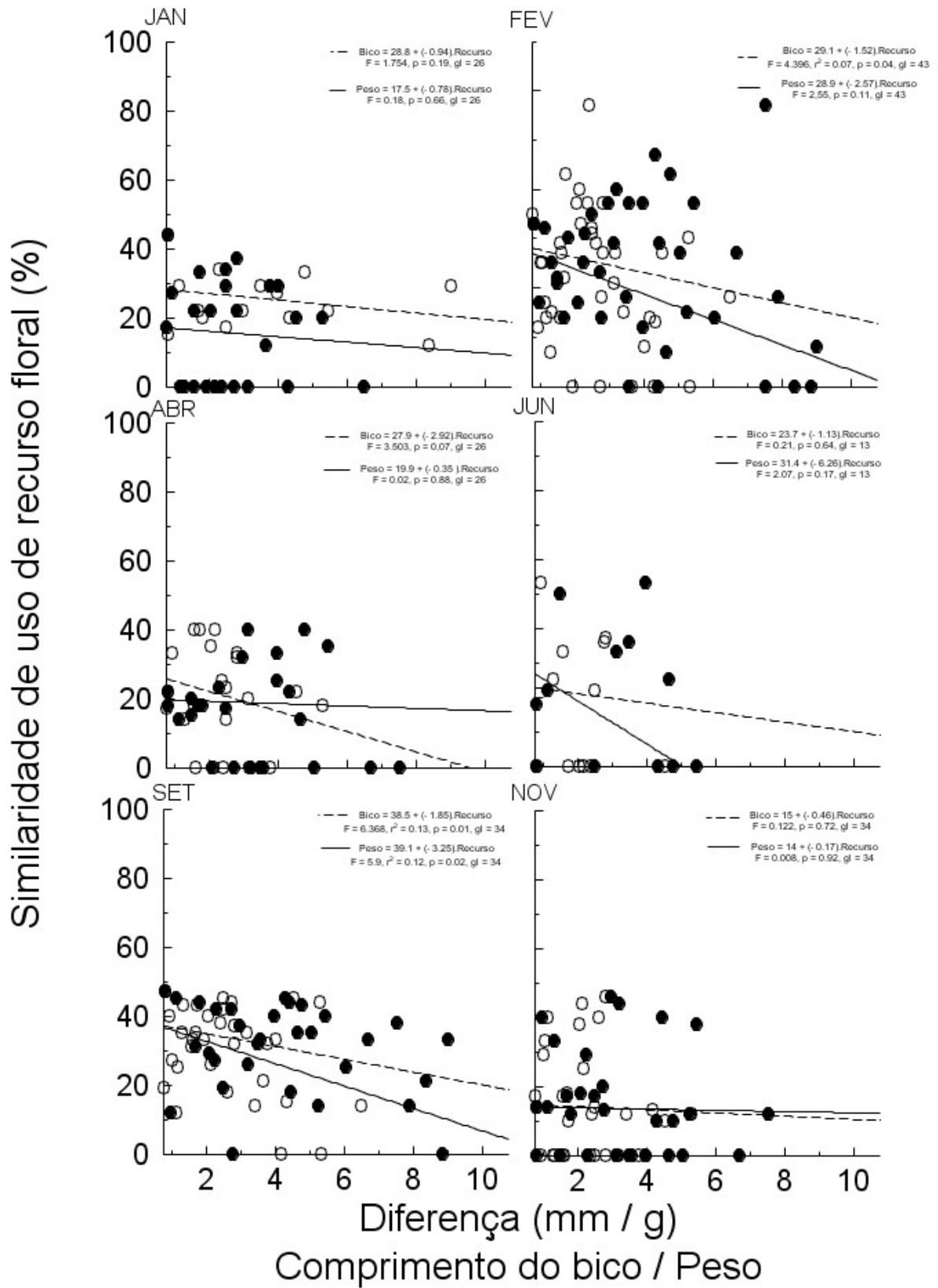


Figura 6

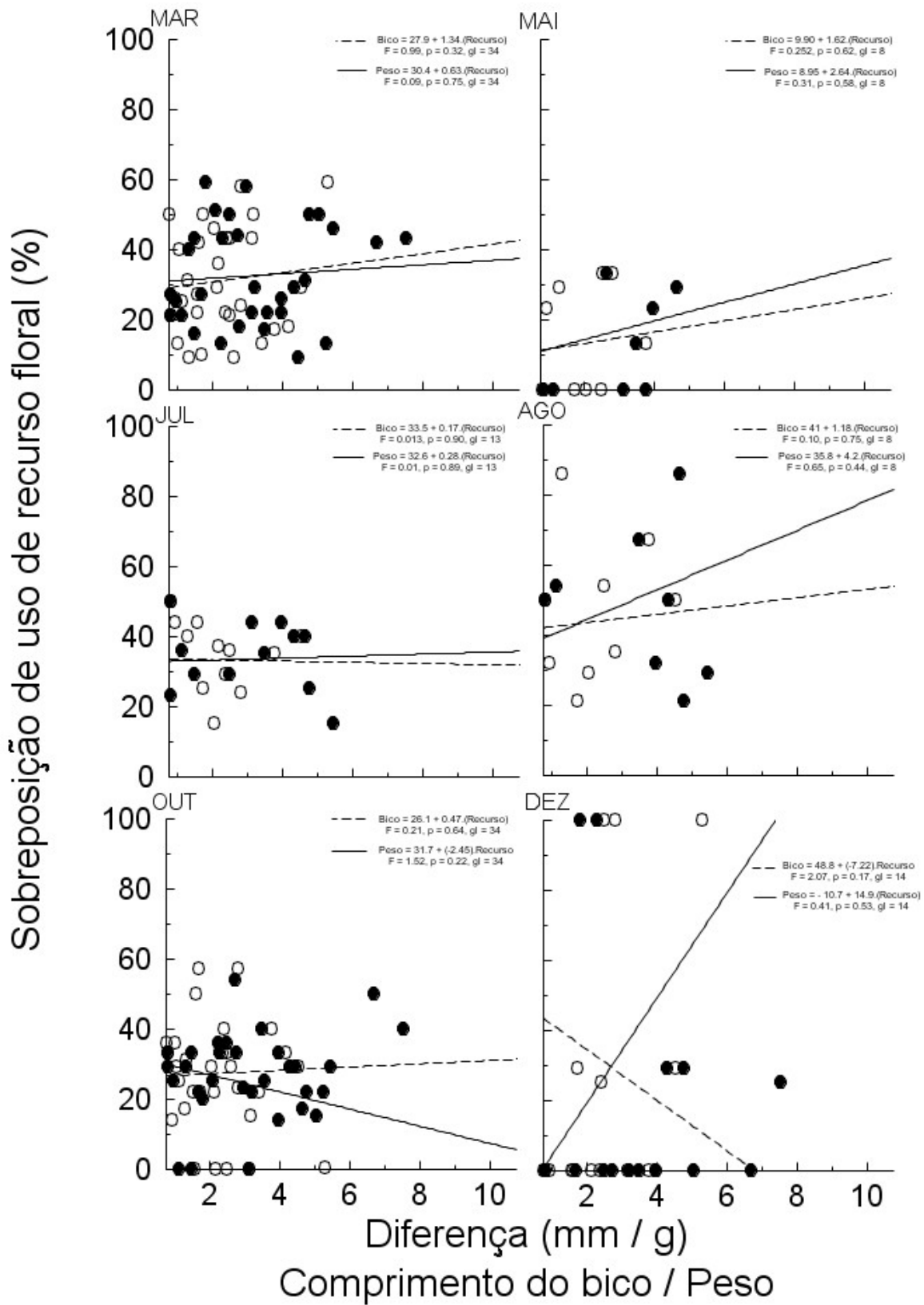


Figura 7

