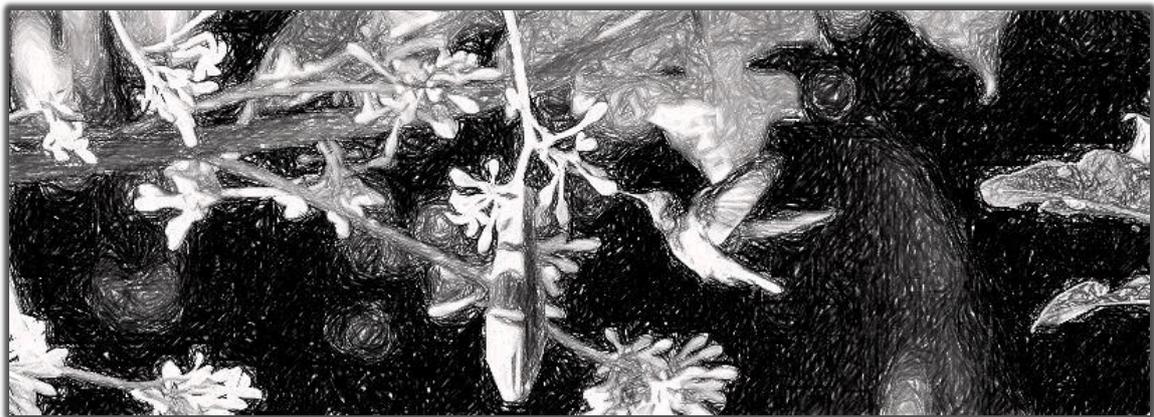


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

Victor Ribeiro Alvares Pimenta

**Estudo comportamental de beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus  
recursos florais em São Carlos, SP, Brasil**



São Carlos - SP  
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

Victor Ribeiro Alvares Pimenta

**Estudo comportamental de beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus  
recursos florais em São Carlos, SP, Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Ecologia e  
Recursos Naturais da Universidade  
Federal de São Carlos, para obtenção  
do título de mestre em Ecologia e  
Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho

São Carlos - SP

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

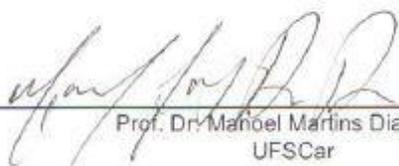
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Victor Ribeiro Alvares Pimenta, realizada em 17/06/2019:



---

Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho  
UFSCar



---

Profa. Dra. Odete Rocha  
UFSCar



---

Profa. Dra. Caroline Zatta Fieker  
Esfera Ambiental

---

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu irmão, que sempre me deram suporte com as escolhas difíceis da minha vida. Vocês foram essenciais para o fechamento destes dois anos difíceis.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer meu orientador, Manoel Martins Dias Filho pela paciência e por ter me auxiliado durante toda etapa deste trabalho. Permitiu-me total liberdade para trabalhar com o que eu mais gosto e ao mesmo tempo me orientou da melhor forma possível. Sempre muito calmo e sereno. Obrigado professor Manoel.

Agradeço ao pessoal do laboratório que também auxiliaram em meus estudos, tanto para coleta de dados, análises estatísticas e me dando força para sempre ir adiante. Dentre eles Matheus, Edvaldo e Monique. Fico grato em conhecê-los e de poder fazer parte de uma equipe tão competente. Faço um agradecimento especial ao Matheus Reis que se empenhou muito em me ajudar, sendo uma peça chave para o fechamento de meu trabalho.

Agradeço à Universidade Federal de São Carlos e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, pois me deram infraestrutura e apoio durante a realização do curso e do estudo de campo. Também, gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa e pelo incentivo à pesquisa.

Um agradecimento enorme para as novas amizades que ficaram marcadas durante estes 2 anos. Rafael, Herena, Baratinha, Edvaldo, pessoal de água vermelha, Rugby São Carlos, Iguanas Rugby Clube, Diogo, Murilo e todos envolvidos. Quero agradecer de uma forma muito especial ao Rafael e seus pais; Eleni e Sebastião, que me ajudaram muito nos últimos meses de curso e são pessoas extremamente bondosas e altruístas.

Por fim um agradecimento gigante à minha família que aguentou meu estresse e nervosismo. Meu pai, Alexandre, sempre me incentivou em qualquer decisão minha. Minha mãe, Sheila, que é uma santa e também sempre me auxiliou com tudo em casa. E meu irmão que também sempre me apoiou. Amo vocês e vocês são tudo na minha vida.

**Resumo:** Beija-flores possuem uma forte relação com as plantas. São animais especializados no consumo de néctar floral e apresentam um papel importante na polinização de plantas neotropicais. A disponibilidade espacial e temporal de flores influencia diretamente nas estratégias de forrageamento exibida por beija-flores, dos quais precisam constantemente procurar e consumir o néctar a fim de satisfazer suas necessidades metabólicas. A relação massa/peso corporal e o estilo de voo pairado resultam nas altas taxas metabólicas, que tornam estes animais bons modelos básicos para estudos comportamentais e energéticos. Este trabalho teve com objetivo geral avaliar a assembleia de beija-flores e seus recursos florais dentro de uma área alterada de Cerrado na Universidade Federal de São Carlos e analisar os comportamentos territorialistas de beija-flores sobre uma mancha de recursos de *Spathodea campanulata*, planta originária da África e vastamente usada como ornamento em centros urbanos.

A Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos é dividida em duas grandes áreas, uma urbana e outra não urbana que contém fragmento de Cerrado natural, plantio de Eucalipto, dois córregos importantes para a região e formações savânicas secundárias em regeneração. Foram realizados dois estudos distintos, um que abrange a área urbana e outro a área não urbana. Em escala local, o ambiente urbano pode levar a um maior número de interações entre beija-flores e plantas, principalmente devido à vasta diversidade e disponibilidade anual de plantas exóticas, porém o ambiente natural alterado ainda apresenta uma maior riqueza de espécies de beija-flores, mesmo com baixas frequências de visitas. Foram identificadas setes espécies de beija-flores sobre *S. campanulata* e registradas 202 interações animal-plantas durante o período de floração desta planta. Enquanto que na região não urbanizada do *Campus*, foram registradas 156 interações entre 10 beija-flores e 11 espécies vegetais ao longo do ano de 2018. *Eupetomena macroura* demonstrou ser uma espécie territorialista e dominante na região; próximo aos recursos florais de *S. campanulata* permaneceu em poleiros durante 53% do tempo e realizou voos durante 38,8%.

Na área de Cerrado do *Campus* os beija-flores realizaram sobretudo *trap-lining* em lugar de territorialismo. O único evento territorialista ocorreu com *E. macroura* sobre os recursos de *Qualea multiflora*, porém ocorreu por pouco tempo. Foram identificadas quatro plantas com síndrome de ornitofilia, porém as maiores frequências de visitas ocorreram em plantas não ornitófilas. A presença de plantas não-ornitófilas em um sistema biológico pode atrair mais beija-flores e indiretamente influenciar na reprodução de plantas ornitófilas, porém neste estudo não foi considerada a fenologia das plantas.

Também o ambiente urbano pode ser uma ótima área de escape para beija-flores, pois disponibiliza recursos abundantes para este grupo.

Beija-flores ocorreram nos ambientes natural e urbano estudados. Sugerem-se estudos integrados para melhor entender a dinâmica entre ambas as assembleias e como beija-flores generalistas podem contribuir para a manutenção da vegetação ornitófila de áreas naturais.

**Palavras-Chave:** Beija-flores, recursos, territorialismo, comportamento, *Spathodea campanulata*.

**Abstract:** Hummingbirds have a strong relationship with plants. They are animals specialized in the consumption of floral nectar and play an important role in the pollination of neotropical plants. The spatial and temporal availability of flowers directly influence the foraging strategies exhibited by hummingbirds which must constantly seek out and consume in order to satisfy their metabolic needs. The body mass / weight ratio and the hovering flight style results in high metabolic rates, which make these animals good basic models for behavioral and energy studies. The objective of this work was to evaluate the assemblage of hummingbirds and their floral resources within an altered Cerrado area at the Federal University of São Carlos and to analyze the territorial behavior of hummingbirds on a resource patch of *Spathodea campanulata*, a plant originated in Africa and widely used as ornament in urban centers.

The Federal University of São Carlos, *Campus* São Carlos is divided into two large areas, one urban and other non-urban, which contains a natural Cerrado fragment, Eucalyptus plantation, gallery forests that holds two important streams to the region and a regenerating secondary savanna formation. Seven species were recorded using the resources of *S. campanulata* and 202 animal-plant interactions were registered during flowering period of this exotic plant, while in the non-urbanized region of the *campus*, 156 interactions were recorded between 10 hummingbirds and 11 plant species throughout 2018. On a larger scale, the urban environment may lead to a greater number of interactions between hummingbirds and plants, mainly due to the wide diversity and annual availability of exotic plants, but the altered natural environment still presents a greater richness of species of hummingbird, even with low frequencies of visits. *Eupetomena macroura* was found to be a territorialist species and dominant on the region.

Searching the resources of *S. campanulata*, it remained in perches nearby the foraging site more frequently (58,3%) than it flew to other locations (38,8%).

In the Cerrado area of the *campus*, the hummingbirds used more trap-lining strategy than territorialism. The only territorialist event occurred with *E. macroura* under *Qualea multiflora* resources, but it occurred for a short period of time. Four plants with ornitofilia syndrome were identified, but the highest frequencies of visits occurred in non-ornithophilous plants. The presence of non-ornithophilous plants in a biological system may attract more hummingbirds and indirectly influence the reproduction of ornithophilous plants. Thus, the urban environment can be a great escape area for hummingbirds as it provides abundant resources for this group. Hummingbirds can be a

bridge between the natural and urban environment, we suggested integrated studies to better understand the dynamics across both communities and how generalist hummingbirds can contribute to the maintenance of the ornithophilous vegetation in natural areas.

**Key-words:** hummingbird, resource, territorialism, behavior, *Spathodea campanulata*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do município de São Carlos, estado de São Paulo, Brasil. Os limites da Universidade Federal de São Carlos dentro do município são mostrados na figura através de linhas pontilhadas.

Figura 2. Número de flores disponíveis por árvore (eixo y) e comportamentos agonísticos de beija-flores (linha pontilhada) registrados em cada mês de floração de *Spathodea campanulata*.

Figura 3. Correlação entre o tempo de visita de beija-flores e o número de flores acessadas em cada visita. A relação pode ser descrita pela função linear  $y = 0.14x + 1.03$ . Intervalo de confiança em azul (95%, bootstrap).

Figura 4. Espécies de beija-flores e suas formas de acesso ao néctar de *Spathodea campanulata*. (a) *Amazilia lactea*, pilhagem. (b) *Eupetomena macroura*, acesso frontal. (c) *Thalurania glaucopis* macho, pilhagem. (d) *Thalurania glaucopis* fêmea, pilhagem.

Figura 5. Mapa de localização da zona urbana de São Carlos, estado de São Paulo, Brasil. O mapa destaca os limites da Universidade Federal de São Carlos e toda ação antrópica ao seu redor.

Figura 6. Mapa hidrográfico da Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos. A área de Cerrado no *campus* é representada pelo tracejado vermelho, enquanto os traços amarelos (A, B e C) delimitam os transectos escolhidos para o estudo.

Figura 7. Espécies de beija-flores registradas na área de Cerrado da Universidade Federal de São Carlos. (a) *Aphanthochroa cirrochloris*, (b) *Amazilia versicolor*, (c) *Hylocharis chrysura* e (d) *Amazilia lactea*.

Figura 8. Flores visitadas por beija-flores no Cerrado da Universidade Federal de São Carlos, cidade de São Carlos, SP, Brasil. (A) *Adenocalyma campicola*, (B) Bignoniaceae, (C) *Hypenia micrantha*, (D) Convolvulaceae, (E) *Camptosema scarlatinum*, (F) *Pyrostegia venusta*.

Figura 9. Análise de Correspondência entre as espécies de beija-flores, considerando sua correlação com as diferentes espécies de plantas cujas flores foram visitadas..

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Espécies de beija-flores que visitaram os recursos florais de *Spathodea campanulata* às margens de represa do Rio Monjolinho, São Carlos, SP. Número de interações, tipo de estratégia utilizada, médias (X-barra)  $\pm$  desvio padrão (DP) do n° de flores visitadas, n° de pilhagens e tempo de forrageamento.

Tabela 2. Número de interações agonísticas entre beija-flores que exercem atividades territorialistas, beija-flores não territorialistas e número de cada tipo de comportamento territorialista.

Tabela 3. Espécies vegetais com as quais os beija-flores interagem e suas características em três diferentes áreas de mata na Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos.

## SUMÁRIO

1. Introdução geral.....	16
2. Capítulo 1: Assembleia de beija-flores que usaram os recursos florais de uma planta exótica, <i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv., em um ambiente alterado no sudeste do Brasil.	
2.1 Introdução.....	19
2.2 Material e Métodos.....	20
2.3 Resultados.....	22
2.4 Discussão.....	27
2.5 Conclusões.....	30
3. Capítulo 2: Beija-flores e seus recursos florais em área alterada de Cerrado, São Carlos, SP, Brasil.	
3.1 Introdução.....	31
3.2 Material e Métodos.....	32
3.3 Resultados.....	35
3.4 Discussão.....	41
3.5 Conclusões.....	42
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

## 1. Introdução geral

Beija-flores (Apodiformes: Trochilidae) são aves com o tamanho corporal reduzido, bico fino e geralmente alongado e podem realizar voo pairado. Este estilo de voo em conjunto com suas características corporais tornam estas aves susceptíveis à perdas de energia e em constante procura por recursos energéticos (Fleming *et al.*, 2014). Dentro do grupo dos vertebrados, desempenham um papel essencial na reprodução das Angiospermas e grande importância ecológica no continente americano, principalmente na região Neotropical (Sazima *et al.*, 1996; Mendonça e Anjos, 2005; Cronk e Ojeda, 2008; Dalsgaard *et al.*, 2009; Maruyama *et al.*, 2016).

Os mecanismos de interações entre beija-flores e plantas é o resultado de uma coevolução mútua onde as plantas oferecem recursos e atrativos para os animais e estes podem atuar como seus polinizadores, transferindo o grão pólen de um indivíduo vegetal para outro. Isto permite a troca de gametas, aumento da eficiência reprodutiva e variabilidade genética da população vegetal (Feisinger, 1983; Engel e Irwin, 2003). A polinização por animais também é considerada um serviço ecossistêmico, pois promove a reprodução de plantas e a manutenção de comunidades vegetais, que serve de base para outros serviços ecossistêmicos como: refúgio, produção de comida, produção de materiais, reciclagem de nutrientes e conservação da biodiversidade (Costanza *et al.*, 1997; Daily *et al.*, 1997).

As diferentes características morfológicas das flores e os recursos disponibilizados por estas refletem na atração de polinizadores específicos, conhecidas como síndromes de polinização (Faegri e Van der Pijl, 1979; Willmer, 2011). A ornitofilia, uma das diferentes síndromes de polinização, é o nome designado às plantas que são polinizadas por aves. Estas plantas em sua maioria possuem: antese diurna, têm flores de coloração quente, com corolas tubulares, são inodoras, produzem néctar volumoso e possuem baixas concentrações de açúcares (Rech *et al.*, 2014). É importante ressaltar que as características morfológicas relacionadas à síndrome da ornitofilia são de origem fenotípicas da família, gênero ou espécie. Portanto a interação planta-polinizador pode apresentar um caráter generalista, diferente do conceito de especificidade entre polinizador e planta (Waser *et al.*, 1996; Maruyama *et al.*, 2013). Beija-flores, por exemplo, são aves amplamente distribuídas em ambientes naturais e urbanos, mostrando flexibilidade no uso de recursos de plantas com síndromes de ornitofilia e quiropterofilia (polinização por morcegos) (Waser *et al.*, 2018; Maruyama

*et al.*, 2019). Os recursos de plantas não ornitófilas podem influenciar na densidade populacional, distribuição e dispersão local de beija-flores (Waser *et al.*, 2018). É importante ressaltar que visitantes florais possuem o interesse apenas na recompensa e não na forma de aquisição da mesma. Estudos discutem sobre o roubo de néctar, quando o animal acessa este recurso sem entrar em contato com o pólen e como isto afeta uma população vegetal (Maruyama *et al.*, 2015; Milet-Pinheiro e Schlindwein, 2009); podemos chamar este evento também de pilhagem. Este acesso ilegítimo à recompensa pode ocorrer devido à buracos na corola realizados principalmente por abelhas ou devido à pétalas separadas, que facilitam a aquisição do recurso (Wille, 1963).

Diante de uma vasta disponibilidade de atrativos florais e qualidade de néctar, os beija-flores exibem diferentes tipos de comportamentos e estratégias para uma melhor eficiência em seu forrageamento, que procura uma elevada aquisição energética por um menor custo (Wolf, 1971; Woodward *et al.*, 2005). Dois fatores importantes estão relacionados com as estratégias de forrageamento escolhidas por beija-flores: a primeira é a morfologia e fisiologia do animal e a segunda o número de flores produzidas por indivíduo vegetal. Plantas capazes de produzir grandes quantidades de flores ou capazes de formar manchas de recursos são muito visitadas por beija-flores territorialistas, já as plantas que produzem poucas flores podem ser mais visitadas por *trap-liners* (Cole *et al.*, 1982; Feinsinger e Cowell, 1978; Snow e Snow, 1986; Araujo-Silva e Bessa, 2010). Com base nestes comportamentos é possível classificar beija-flores de acordo com suas estratégias: beija-flores territorialistas, *trap-liners* e generalistas (Feinsinger e Chaplin, 1975).

O territorialismo pode ser definido como a defesa de uma área por um animal a fim de adquirir os recursos ali presentes de forma restrita (Stiles, 1970). Beija-flores conseguem determinar seus territórios e evitar o acesso ao néctar por outros beija-flores, através de comportamentos de alerta e atividades agressivas (Dearborn, 1998; Camfield, 2006; Araujo-Silva e Bessa, 2011). A estratégia territorialista pode diminuir o fluxo de pólen e o sucesso reprodutivo dos indivíduos vegetais dentro do território (Wolowski *et al.*, 2013), porém não é capaz de influenciar toda uma população de plantas. Um indivíduo vegetal pode ser visitado por diversos beija-flores e outros grupos de polinizadores que usufruem de estratégias de forrageamento diferentes, como o *trap-lining*. Portanto, dentro do cenário geral, o sucesso reprodutivo de uma planta não é afetado apenas por um indivíduo territorialista (Ferreira *et al.*, 2016). O beija-flor territorialista pode abandonar seu território caso os custos de defesa e de manutenção

corporal sejam maiores que seu *input* de energia (Justino, Maruyama e Oliveira, 2012).

Outra estratégia de forrageamento muito usada por estas aves é o *trap-lining*, no qual o beija-flor estabelece rotas lineares de visitação e garante visitas constantes durante o período de floração de um grupo de plantas (Stiles, 1975; Snow e Snow, 1986). Diferente do que ocorre no territorialismo, os beija-flores que utilizam o *trap-lining* acessam flores de plantas diferentes e podem permitir um maior fluxo de pólen. Esse processo é eficiente para uma determinada planta, caso este indivíduo vegetal esteja nas rotas de outros polinizadores que realizam *trap-lining* (Canela e Sazima, 2003; Rech *et al.*, 2014). Beija-flores generalistas se alimentam de uma variedade de recursos em sobreposição e conseguem adaptar sua dieta ao que está disponível no ambiente, podendo adquirir o recurso dentro de territórios com o uso de estratégias furtivas ou quando o defensor do território partilha os recursos ali presentes (Araujo-Silva e Bessa, 2010). O estudo comportamental de polinizadores e a distribuição espacial e temporal de seus recursos pode ajudar a entender a diversidade de interações que ocorrem entre estes organismos e posteriormente a investigação da estrutura de comunidades vegetais em um dado sistema biológico, natural ou urbano. Este conhecimento permite o desenvolvimento de estratégias de conservação florestal e de biomas, assim como uma melhor avaliação de como o ambiente urbano afeta esses tipos de interações e serviços ecossistêmicos.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo principal: (i) avaliar a distribuição espacial e temporal de recursos florais usados por beija-flores e investigar a assembleia de beija-flores ocorrente dentro da área de mata do *Campus* da Universidade Federal de São Carlos; (ii) verificar os comportamentos territorialistas de beija-flores e suas estratégias de forrageamento sobre os recursos florais de *Spathodea campanulata* e (iii) relacionar beija-flores com a disponibilidade espacial e temporal de flores durante o período de floração de *S. campanulata*.

## **Capítulo 1: Assembleia de beija-flores que usam os recursos florais de uma planta exótica, *Spathodea campanulata* P. Beauv., em um ambiente alterado no sudeste do Brasil.**

### **2.1 Introdução**

Devido às características morfológicas, fisiológicas e principalmente pelo estilo de voo dos beija-flores, uma grande quantidade de recursos energéticos é necessária para suprir os gastos de suas altas taxas metabólicas (Wolf e Hainsworth, 1971; Cole *et al.*, 1982; Suarez *et al.*, 1986; Suarez e Gass, 2002; Fleming *et al.*, 2004; Woodward *et al.*, 2005; Gonzáles-Gómez *et al.*, 2015). Para utilização do néctar de flores, esse grupo de aves desenvolveu uma série de estratégias específicas que favorece e maximiza a busca por alimentos (Carpenter, 1978; Makino, 2013; Maruyama *et al.*, 2016).

O conjunto destas estratégias é chamado comportamento de forrageamento e para cada estratégia, uma série de implicações podem determinar a estrutura e assembleia de beija-flores em uma determinada região (Dearnborn, 1998; Wolowski *et al.*, 2013). As principais estratégias de forrageamento usadas por beija-flores são o territorialismo, o *trap-lining* e o comportamento generalista.

O território é definido como um espaço limitado, no qual o indivíduo defensor adquire de forma restrita os recursos ali presentes a fim de satisfazer suas necessidades metabólicas (Stiles, 1970; Fretwell, 1969; Araujo-silva e Bessa, 2010). Dentro desta área a distribuição espacial e temporal de flores pode influenciar os resultados da competição pelo néctar, as escolhas do indivíduo defensor em defender ou não seu território (Cole *et al.*, 1982; Tilman, 1982; Cotton, 1998, Gonzáles-Gómez *et al.*, 2011) e até mesmo no abandono do território (Feinsinger e Cowell, 1978; Mendonças e Anjos, 2006; Grether, 2016).

O grupo dos troquilídeos é bem-sucedido em ambientes urbanos e a flora exótica e abundante destes habitats pode ser fonte importante de recursos para fauna local (Carbó-Ramírez e Zuria, 2011; Winfree, Bartomeus e Cariveau, 2011). Estudos que englobam habitats urbanos podem levar a resultados interessantes sobre as pressões seletivas que mudam os comportamentos e a estrutura da comunidade de aves (Franchin *et al.*, 2009; Mendonça e Anjos 2005; Franco e Marçal-Junior, 2018). Também, a tentativa de descrever e compreender tais comportamentos tem importância para estudos de populações e comunidades, principalmente quando se refere a um grupo polinizador de importância ecológica.

Para avaliar o comportamento e estratégias de forrageamento, relacionados à disponibilidade de flores ao longo de um período de floração, este estudo usou como modelo recursos florais de *Spathodea campanulata* P. Beauv., uma planta exótica, originária da África, ornamental e popularmente conhecida como espatódea, bisnagueira ou *african tuliptree*. O objetivo deste trabalho foi descrever os beija-flores que forrageiam sobre os recursos dessa planta exótica e avaliar sua influência na assembleia de beija-flores: (i) a disponibilidade de flores varia ao longo do período de floração desta espécie? (ii) essa variação influencia nas escolhas de beija-flores em defender um território?

## 2.2 Material e Métodos

### Área de estudo

O estudo foi realizado na margem norte do represamento do Rio Monjolinho (21°59'8,257"S, 47°52'47,406"O), na Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos, localizada no município de São Carlos, SP, Brasil. A região está inserida no Domínio do Cerrado, em cujo entorno há predomínio de pequenas atividades agropecuárias, silvicultura e desenvolvimento urbano. O clima é do tipo Cwa, que segundo Koppen consiste em um clima quente e temperado, com inverno seco e um verão chuvoso (Koppen, 1936; Peel, Finlayson e McMahon 2007). O represamento do Rio Monjolinho está circundado por edificações, bosque de *Pinus sp.*, com sub-bosque em regeneração e uma área alagada, com cobertura vegetal secundária.

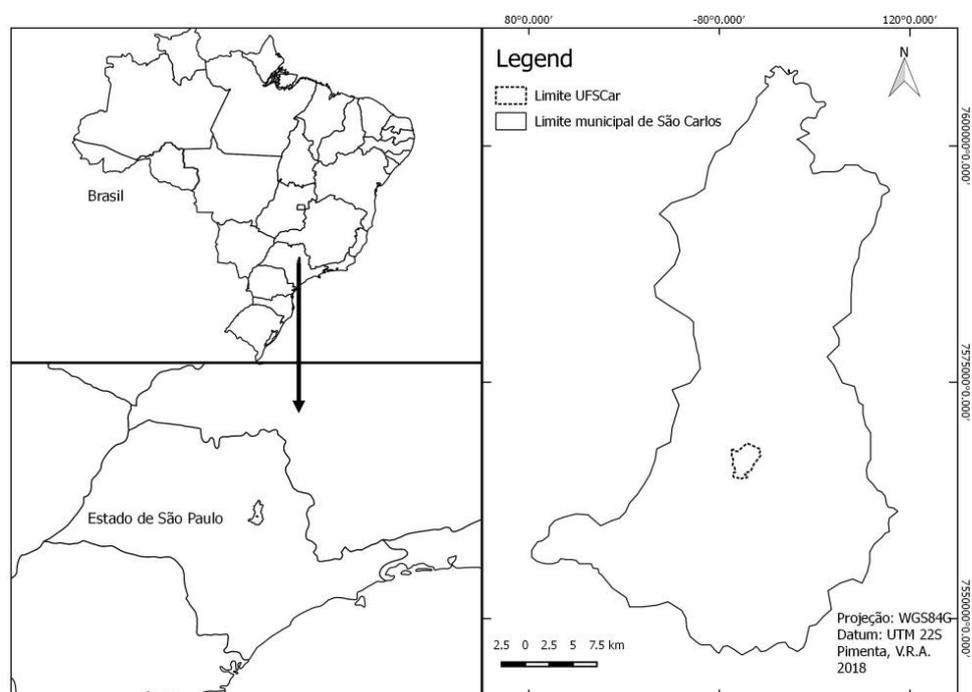
### Coleta de dados

Para a coleta de dados foram feitas observações do tipo animal-focal com a amostragem sequencial (Altman, 1974), priorizando os eventos desde o início de uma interação até o seu final. As espécies de beija-flores foram identificadas com o auxílio de Guia de Campo (Gwynne *et al.* 2010), binóculos (8x42mm) e registros fotográficos; os nomes seguiram o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (Piacentini *et al.*, 2015).

Durante os meses de fevereiro a junho, identificados como o período de floração de *S. campanulata*, foram feitas observações das 07h00 às 10h00 e das 14h00 às 17h00, totalizando 72 horas de esforço amostral, distribuídas em 11 dias de observação. A

população de *Espátódea* está distribuída no *Campus* São Carlos em pequenos aglomerados e alguns indivíduos isolados; o aglomerado em estudo foi escolhido devido à melhor possibilidade de observação de suas flores e sua localização em uma área sem perturbações antrópicas. *S. campanulata* é uma espécie arbórea de grande porte, com período de floração entre os meses de janeiro a julho, com alguns indivíduos podendo iniciar em dezembro e estender sua floração até agosto.

**Figura 1. Mapa de localização do município de São Carlos, estado de São Paulo, Brasil. Os limites da Universidade Federal de São Carlos dentro do município são mostrados na figura através de linhas pontilhadas.**



Suas flores estão dispostas em inflorescências paniculadas, compactas e eretas no final do ramo, podendo produzir até 30 flores por mês (Rangaiah *et al.*, 2004). Em todos os meses foi contabilizado o número de flores por inflorescência, escolhidas 10 ao acaso, e o número total de inflorescências por árvore. O aglomerado escolhido de *S. campanulata* continha cinco indivíduos, dos quais quatro foram incluídos na amostragem.

Para avaliar os comportamentos alimentares, foi anotado o horário da interação,

tempo de visita, número de flores visitadas, espécie visitante, número de pilhagens por interação e comportamento após a interação. Ao final de toda interação mutualística, foram registrados os comportamentos após as visitas: voo, vocalização, uso de poleiro e interação agonística; esta última ocorreu também durante as visitas, o que cessava a alimentação de beija-flores invasores. Caso houvesse interações agonísticas, foi registrado o horário da interação, espécie agressora, espécie subordinada e o tipo de interação agonística. Essas observações foram baseadas nas descrições de Araujo-Silva e Bessa (2010): sentinela (SE), vocalização agressiva (VA), encontro frontal (EF), perseguição linear (PL), perseguição em direções aleatórias (PD) e bicada (BI). A pilhagem ocorreu quando o beija-flor acessava a flor através de buracos na corola e não pela abertura da corola. Também foram registrados os beija-flores que permaneciam em poleiros próximos à mancha de recursos e usando ou não de estratégias territorialistas, os quais foram considerados indivíduos residentes. Espécies não identificadas foram aquelas em que não foi possível visualizar ou identificar por canto, porém sua presença era notada, por isso foram consideradas no estudo e registradas como “espécie não identificada (e.n.i.)”.

As análises estatísticas foram realizadas no PAST Program (Hammer *et al.*, 2001), versão 3.24 (Disponível em abril de 2019). Análises de variância foram usadas para identificar variações no número médio de flores disponíveis durante os meses (Fator 1) e diferenças entre os indivíduos arbóreos mais frequentes (Fator 2). Investigou-se a possibilidade de uma correlação entre (i) tempo de visita e número de flores acessadas por indivíduos; e (ii) disponibilidade de flores e número de encontros agonísticos, através do ajuste de dados à um modelo linear, com o uso de um algoritmo dos Quadrados Mínimos Ordinários

## 2.3 Resultados

### Assembleia de beija-flores

Sete espécies de beija-flores foram identificadas utilizando os recursos de *S. campanulata*: *Amazilia fimbriata* (Gmelin, 1788), *Amazilia lactea* (Lesson, 1832), *Florisuga fusca* (Vieillot, 1817), *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), *Phaethornis pretrei* (Lesson e Delattre, 1839), *Anthracothorax nigricollis* (Vieillot, 1817), *Thalurania glaucopis* (Gmelin, 1788) (Figura 4). *Aphantochroa cirrochloris* (Vieillot, 1818), *Leucochloris albicollis* (Vieillot, 1818) e *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1812)

utilizaram as árvores apenas como poleiro, não se aproveitando dos recursos florais. *E. macroura* e *F. fusca* foram consideradas espécies territorialistas, enquanto as demais observadas utilizaram estratégias não territoriais, como comportamentos generalistas e *trap-lining* (Tabela 1).

**Tabela 1. Espécies de beija-flores que visitaram os recursos florais de *Spathodea campanulata* às margens da represa do Rio Monjolinho, São Carlos, SP. Número de interações, tipo de estratégia utilizada, médias ( $\bar{X}$ -barra)  $\pm$  desvio padrão (DP) do n° de flores visitadas, n° de pilhagens e tempo de forrageamento.**

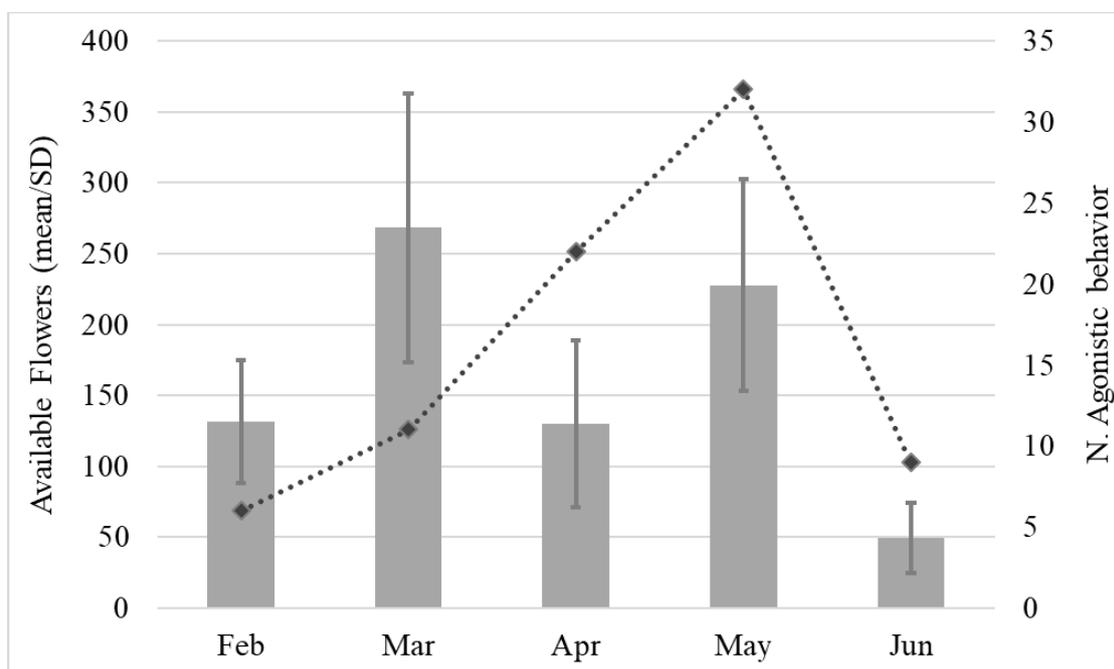
Espécies	N° de interações e Tipo de estratégia		N° de flores visitadas ( $\bar{X} \pm DP$ )	N° de Pilhagens ( $\bar{X} \pm DP$ )	Tempo total de visita ( $\bar{X} \pm DP$ )
	Animal - Planta	Estratégia			
<i>Amazilia lactea</i>	62	Territorialista/ Generalista	190 (3 $\pm$ 1.71)	119 (1.91 $\pm$ 1.35)	865s (13.95 $\pm$ 9.93)
<i>Eupetomena macroura</i>	72	Territorialista	175 (2.43 $\pm$ 1.73)	117 (1.62 $\pm$ 1.22)	884s (12.27 $\pm$ 9.11)
<i>Florisuga fusca</i>	43	Territorialista/ Generalista	152 (3.53 $\pm$ 2.02)	50 (1.16 $\pm$ 1.36)	638s (14.83 $\pm$ 9.09)
<i>Phaethornis pretrei</i>	9	<i>Trap-lining</i>	25 (3.13 $\pm$ 2.95)	16 (2 $\pm$ 1.92)	102s (12.75 $\pm$ 12.41)
<i>Thalurania glaucopis</i>	8	Generalista	26 (2.88 $\pm$ 1.83)	14 (1.56 $\pm$ 0.88)	146s (16.22 $\pm$ 10.3)
<i>Amazilia Fimbrita</i>	6	Generalista	11 (1.83 $\pm$ 2.23)	4 (0.66 $\pm$ 1.21)	31s (5.16 $\pm$ 7.98)
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	2	Generalista	2	2	9s (4.5 $\pm$ 2.12)

### Recursos florais de *S. campanulata*

As espatódeas apresentaram flutuações na quantidade total de flores por árvore durante o período de floração. Destacaram-se os meses de março e maio com maior número de flores. sendo as estimativas de, respectivamente,  $X = 268.22 \pm 94.87$  e  $227.65 \pm 74.55$  flores por indivíduo. Já o mês de junho foi o de menor número de flores

produzidas,  $49.47 \pm 21.53$  flores por árvore (Figura 2). A ANOVA de dois fatores indicou que a média de flores disponíveis foi diferente durante os meses de floração ( $f = 7,744$ ;  $p = 0,002$ ), entretanto a disponibilidade foi similar entre os indivíduos de espatódea estudados ( $f = 1.331$ ;  $p = 0.3014$ ).

**Figura 2. Número de flores disponíveis por árvore (eixo y) e comportamentos agonísticos de beija-flores (linha pontilhada) registrados em cada mês de floração de *Spathodea campanulata*.**



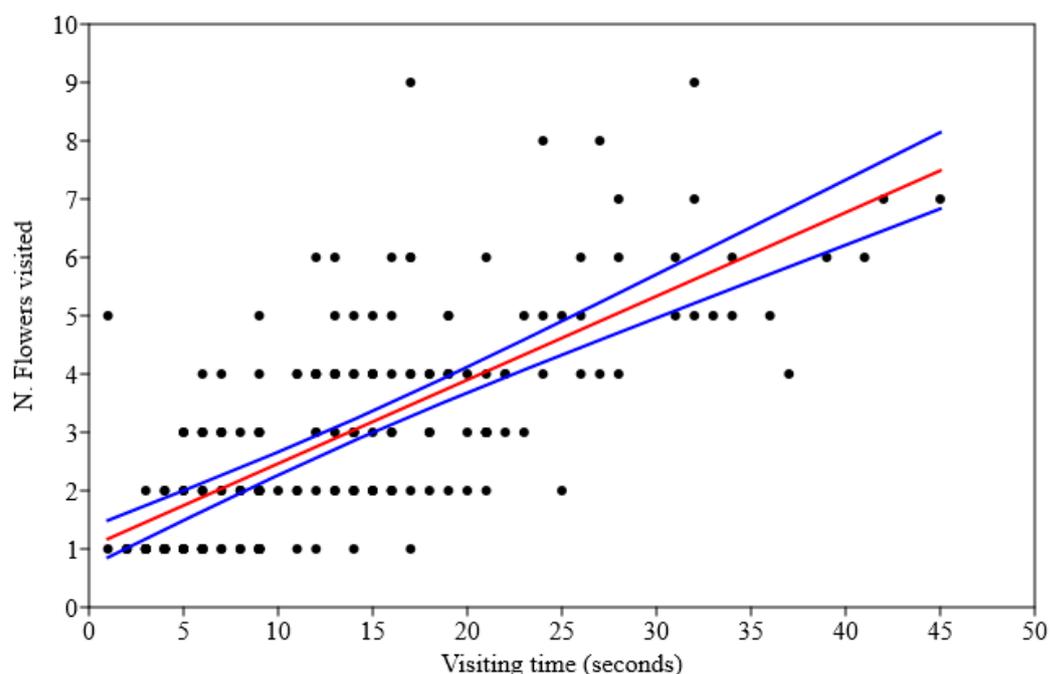
### Comportamento alimentar

As maiores frequências de interações animal-planta foram de *E. macroura* ( $f = 35,6\%$ ), *A. lactea* ( $30,7\%$ ) e *F. fusca* ( $21,3\%$ ), totalizando  $87,3\%$  de todas as 202 interações observadas. Foram contabilizadas 581 visitas florais individuais, das quais  $55,41\%$  foram pilhagens (Tabela 1). Considerando as três espécies mais frequentes, apenas *F. fusca* efetuou um maior número de acessos frontais ao invés de pilhagem (Tabela 1). O maior número de interações entre beija-flores e *S. campanulata* ocorreram próximos às 10h00 e 16h00.

O tempo de visita e o número de flores visitadas apresentaram uma correlação positiva, forte e significativa ( $r = 0.71$ .  $r^2 = 0,51$ ,  $p = 0.0001$ ; figura 3). As duas

variáveis derivadas do número de flores visitadas, acesso frontal e pilhagem, também apresentaram correlações positivas e significativas com o tempo de visita ( $r = 0.56$  e  $p < 0.001$ ,  $r = 0.48$  e  $p < 0.001$ , respectivamente).

**Figura 3. Correlação entre o tempo de visita de beija-flores e o número de flores acessadas em cada visita. O modelo pode ser descrito pela função linear  $y = 0.14x + 1.03$ . Intervalo de confiança em azul (95%, bootstrap).**



### Comportamentos territoriais

*A. lactea* frequentemente voava para outro local após forragear, com um total de 51 voos observados (81%), o que indica um predomínio do uso de estratégias generalistas. De forma diferente, *E. macroura* permaneceu maior tempo em poleiro próximo à mancha (58,3%), comparado a voos realizados para outros locais (38,8%), demonstrando fortes evidências de uma espécie territorialista. *F. fusca* apenas permaneceu em poleiro quando *E. macroura* se encontrava ausente, apontando que seu territorialismo é perturbado por espécies dominantes. *P. pretrei* realizou visitas rápidas e regularmente voou para outra direção, característica da estratégia de forrageamento do tipo *trap-lining*. Os demais beija-flores usufruíram dos recursos de *S. campanulata* de forma generalista, enquanto a espécie territorialista se encontrava ausente ou julgando

não necessária a defesa do território.

Durante o período de observação foram registrados 80 comportamentos agonísticos, dos quais a vocalização agressiva foi mais frequente ( $f = 0.44$ ,  $n = 80$ ) e o encontro frontal foi o comportamento menos ocorrente ( $f = 0.025$ ,  $n = 80$ ). O número total de flores aparentou exercer relação com o número de interações nos meses de floração, porém os resultados estatísticos desta relação não foram significativos ( $r = 0.43$ ;  $p = 0.46$ ) (Figura 2).

**Tabela 2. Número de interações agonísticas entre espécies de beija-flores (territorialistas e subordinadas) e relação entre o número total de cada tipo de comportamento territorialista, observados em *Spathodea campanulata*.**

Espécie territorialista (Espécie subordinada)	Comportamento territorialista						Total
	EF	BI	PD	PL	SE	VA	
<b><i>E. macroura</i></b>							<b>60</b>
<i>A. lactea</i>	0	4	0	7	3	4	
<i>F. fusca</i>	1	2	1	8	0	2	
<i>T. glaucopis</i>	0	0	0	2	0	1	
<i>C. flaveola</i>	0	1	0	0	0	0	
e.n.i.	0	0	0	1	4	19	
<b><i>F. Fusca</i></b>							<b>16</b>
<i>E. macroura</i>	0	1	0	0	0	0	
<i>A. lactea</i>	1	1	1	6	0	2	
<i>P. pretrei</i>	0	0	1	0	0	0	
e.n.i.	0	0	0	0	0	3	
<b><i>A. lactea</i></b>							<b>4</b>
e.n.i.	0	0	0	0	0	4	
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>35</b>	<b>80</b>

\*Comportamentos territorialistas: EF; encontro frontal; BI: bicada; PD: perseguição em direção aleatória; PL: perseguição linear; SE: sentinela; VA: vocalização agressiva.

Uma hierarquia de dominância foi observada com relação aos comportamentos agressivos e de subordinação efetuados por cada espécie. *E. macroura* foi considerada a espécie territorialista dominante devido às maiores frequências ( $f = 0.75$ ,  $n = 80$ ) e variedade de comportamentos agonísticos, enquanto *F. fusca* e *A. lactea*, apesar de exibirem tais comportamentos, foram rapidamente dominadas por *E. macroura* (Tabela 2). Outras espécies consideradas territorialistas pela literatura também usaram dos

recursos da planta, porém exibindo comportamentos generalistas, que foi o caso de *A. nigricollis*, *T. glaucopis* e *A. fimbriata*.

## 2.4 Discussão

### Assembleia de beija-flores

As sete espécies que forragearam em *S. campanulata* são comuns a diversos ambientes neotropicais incluindo ambientes urbanos (Mendonça e Anjos, 2006; Previatto *et al.*, 2013; Mendes *et al.*, 2018). Estas espécies correspondem a 46,7% do grupo dos troquilídeos registrados nos últimos 15 anos na Universidade Federal de São Carlos e áreas adjacentes, incluindo o Parque Ecológico de São Carlos (Batisteli *et al.*, em preparação).

A introdução de plantas exóticas em áreas com vegetação nativa pode causar impactos negativos para a fauna local, principalmente devido à substituição de uma alta diversidade nativa pela baixa diversidade exótica (Bell *et al.*, 2003). Entretanto os recursos de plantas exóticas são muito utilizados em ambientes urbanos pela vida silvestre, o que pode tornar estas áreas refúgios ou áreas para forrageamento, especialmente para aves (Mörtberg e Wallentinus, 2000; Corletti, 2005; Mendonça e Anjos, 2006; Franco e Marçal-Junior, 2018). No ambiente urbano, *S. campanulata* pode ocorrer em grupos ou indivíduos isolados, o que pode favorecer tanto beija-flores territorialistas, quanto aqueles que usam outras estratégias.

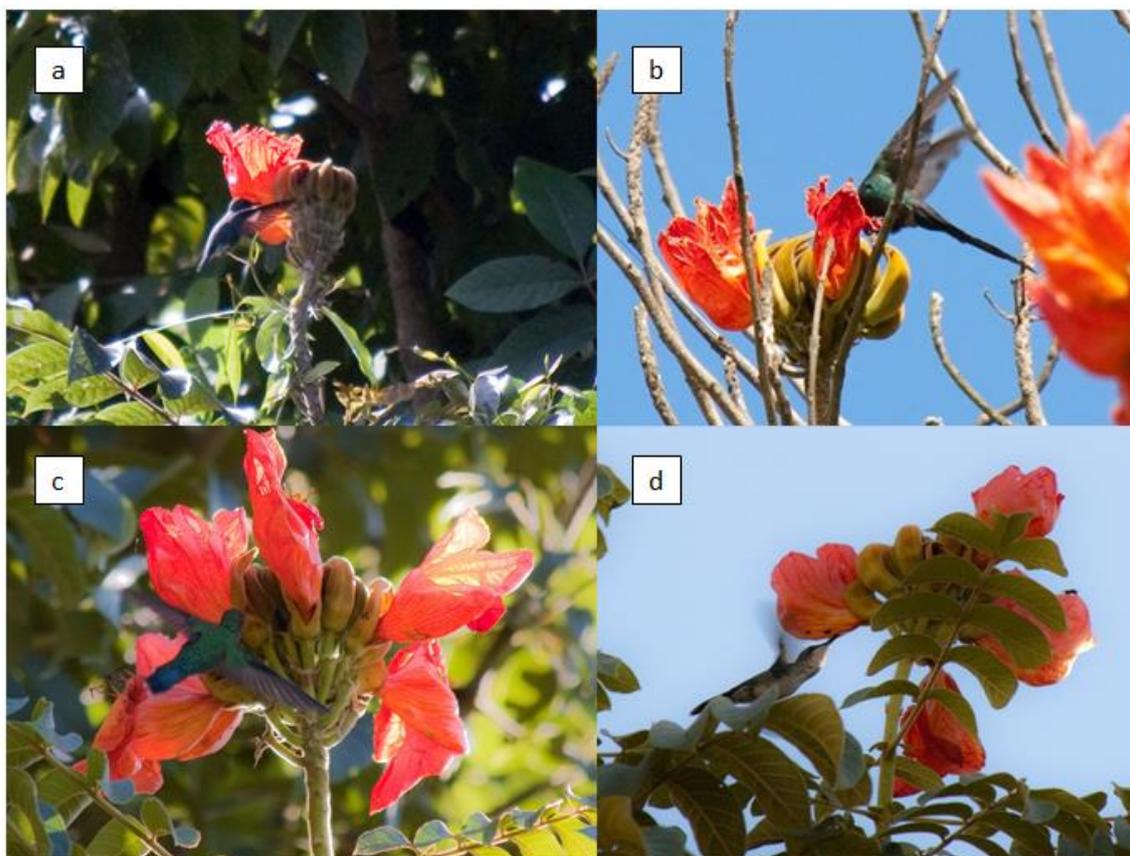
### Recursos florais de *Spathodea campanulata*

Os comportamentos territoriais ocorrem de acordo com a quantidade de flores e a forma como estes recursos estão distribuídos no ambiente; com alteração na disponibilidade de recursos, os beija-flores territorialistas podem abandonar a área e utilizar outras estratégias (Feinsinger e Cowell, 1978; Mendonça e Anjos, 2006; Chaves e Alves, 2010; Justino, Maruyama e Oliveira, 2012). Sugere-se que a ocorrência de outras espécies vegetais que florescem durante o ano inteiro, como *S. campanulata*, característica das principais plantas ornamentais, concomitantemente com espécies sazonais, torna favorável a atividade e estabelecimento de beija-flores em ambientes urbanos.

Neste estudo não foi avaliada a qualidade (volume e concentração) do néctar de

*S. campanulata*, mas apenas a quantidade e a ocorrência de flores ao longo do período de floração da planta. De acordo com Rangaiah *et al.* (2004) as concentrações de açúcares e o volume de néctar em flores de *S. campanulata* variam com horário do dia e luminosidade solar, concentrações estas que se aproximam de 9% às 6h00 e aumentam gradativamente até 25% das 8h00 às 14h00, corroborando com os horários de pico de atividade deste estudo. As diferentes qualidades de néctar podem definir o tempo que o polinizador gasta em uma planta (Klinkhamer, 2001).

**Figura 4. Espécies de beija-flores e suas formas de acesso ao néctar de *S. campanulata*. (a) *Amazilia lactea*, pilhagem. (b) *Eupetomena macroura*, acesso frontal. (c) *Thalurania glaucopis* macho, pilhagem. (d) *Thalurania glaucopis* fêmea, pilhagem.**



*S. campanulata* possui altas concentrações de aminoácidos em sua solução de néctar (Bahadur, *et al.*, 1986), os quais são também aproveitados pelos beija-flores. Sendo assim, a quantidade de flores disponíveis em um ambiente determina o tipo de estratégia de forrageamento que um beija-flor pode utilizar, porém, a qualidade do recurso e a taxa de reabastecimento pode expressar melhor os diversos tipos e escolhas de

comportamentos defensivos e a economia energética de uma espécie. Neste estudo, a quantidade de flores esteve correlacionada significativamente com o tempo gasto em cada interação e com o número de flores visitadas, porém não teve relação significativa com as interações agonísticas, indicando que outras variáveis, em adição à quantidade e qualidade do néctar, determinam as diversas estratégias e interações entre beija-flores. *A. lactea* apresentou comportamentos de alta plasticidade, pois é considerada uma espécie territorialista e também aproveita outras fontes de recursos florais. *E. macroura*, dado seu tamanho corporal e agressividade, tem estratégias territorialistas, como já observado em outros estudos (Antunes, 2003; Toledo e Moreira, 2008; Justino, Maruyama e Oliveira., 2012).

Entender as respostas da assembleia de beija-flores às variações espaciais e temporais de recursos demanda uma questão anterior: a disponibilidade de flores varia ao longo dos meses pesquisados? As análises de variância indicaram que as diferenças na disponibilidade de flores ao longo dos meses de floração foram estatisticamente significativas. Porém, estas análises não mostraram diferenças entre os indivíduos vegetais estudados mês a mês, o que é uma resposta esperada de uma população sobre as mesmas condições climáticas e ambientais.

### **Forrageamento e interações agonísticas**

Além da presença de espécies territorialistas afetar as escolhas de outros indivíduos pela procura por alimentos (Powers e Conley, 1994; Sandlin, 2000), o comportamento de beija-flores durante e após a interação animal-plantas pode nos dizer muito sobre as estratégias de forrageamento do grupo (Wolf e Hainsworth, 1971). Neste estudo, a maioria das interações agonísticas foi indireta e sem contato físico. Comportamento de sentinela, vocalizações e perseguições, representaram 86% de todas as interações. Isso pode indicar que os recursos de *S. campanulata* podem não ter valor energético significativo para o uso de comportamentos que dispendam mais energia e riscos, tais como encontros frontais e bicadas (Antunes, 2003; Camfield, 2006). É possível que a variedade de espécies vegetais próximas à mancha de recursos exerça papel importante na assembleia de beija-flores e em seu comportamento de forrageamento.

O uso da vocalização agonística com intuito de apenas afastar invasores e não premeditar uma perseguição (Ewald e Brainsfield, 1987; Kodric-Brown e Brown,

1978), em conjunto com a premissa de que a presença de uma espécie dominante dentro de um território ameaça mais facilmente as espécies de menor *rank* de uma hierarquia de dominância (Krebs e Davies, 1996; Araujo-Silva e Bessa, 2010), são indicadores da dinâmica de interações entre espécies territorialistas e não territorialistas. Porém, esta dinâmica se relaciona com a qualidade do néctar da planta, taxa de reposição e demandas energéticas de cada beija-flor da interação. Um beija-flor territorialista pode optar em dividir os recursos ali presentes, caso exista abundância destes; porém havendo escassez do recurso, o defensor pode optar por defender ou abandonar o território. Nesta última opção abre-se espaço para outras espécies mais generalistas usufruírem do recurso. Uma evidência desta dinâmica ocorreu com *F. fusca* que foi uma espécie dominante por um pequeno período de tempo, apenas quando *E. macroura* se apresentou ausente da área de estudo.

## 2.5 Conclusões

- A disponibilidade de recursos de *S. campanulata* variou ao longo de seu período de floração, porém não exerceu influências significativas nas interações agonísticas da assembleia de beija-flores estudada. Dentro deste contexto local, deve haver outras variáveis que exercem influências mais fortes sobre esta assembleia de beija-flores, tais como outras espécies vegetais, manchas de recursos e diferentes qualidades de néctar.

- Constantemente *E. macroura* defendeu a mancha de recursos em estudo, demonstrando ser uma forte espécie territorialista que subjugou o restante da assembleia de beija-flores. Este tipo de comportamento afeta as escolhas de forrageamento de outras espécies.

- A presença de um ambiente rico em recursos florais variados, mesmo em áreas urbanas, pode servir como refúgio para a fauna silvestre, incluindo aves.

## Capítulo 2: Beija-flores e seus recursos florais em área alterada de Cerrado, em São Carlos, SP, Brasil.

### 3.1 Introdução

O Domínio do Cerrado ocupa uma área de aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup> na região da América do Sul e é considerada a maior savana tropical e a mais rica em biodiversidade (Silva e Bates, 2002), que pertence à classificação global de *hotspot* para a conservação da biodiversidade (Myers *et al.*, 2000). No Brasil abrangia cerca de 25% do território nacional e atualmente apenas 7% do bioma natural encontram-se divididos entre reservas naturais ou áreas de manejo. No estado de São Paulo a vegetação original do cerrado cobria 14% do total, porém foi drasticamente reduzida a 0.81%, os quais estão distribuídos entre 81 fragmentos florestais (Durigan *et al.*, 2007) cercados por pastos, áreas urbanizadas, agricultura e reflorestamentos de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*

Alguns estudos vêm demonstrando que estes fragmentos florestais de cerrado possuem grande importância para a preservação de comunidades animais e também para a manutenção da diversidade da flora original (Ribeiro e Walter, 1998; Felfili e Felfili, 2001; Silva e Soares, 2002; Dornfeld e Fonseca-Gessner, 2005; Machado e Oliveira, 2015). Ainda, há muitos aspectos a serem estudados em relação à biodiversidade destes fragmentos e interações com o ambiente urbano.

Os beija-flores possuem uma relação íntima com os vegetais devido a um dos principais recursos florais disponibilizados, o néctar. As flores ornitófilas apresentam características morfológicas e fisiológicas que atraem visitas a fim de que estes animais consigam entrar em contato com o pólen e transferi-lo para outras flores da mesma espécie, realizando o processo de polinização. Este é um processo natural e é considerado um serviço ecossistêmico básico para os interesses humanos e para a conservação da biodiversidade (Costanza *et al.*, 1997).

A síndrome de polinização para beija-flores ocorre quando as flores apresentam aspectos florais conspícuos como flores de cores quentes (laranja e vermelho), inodoras, corola longa e tubular, antese diurna e néctar abundante e diluído (Cronk e Odeja, 2008). No Cerrado, cerca de apenas 3% de todas as espécies de plantas apresentam tais características especializadas para a polinização por beija-flores (Justino, Maruyama e Oliveira, 2012). Entretanto, estas aves possuem grande flexibilidade no uso de recursos florais, visitando tanto flores ornitófilas quanto flores não ornitófilas, assim

contribuindo para a dinâmica de interações animal-plantas para o Cerrado (Mendonça e Anjos, 2005; Maruyama *et al.*, 2019).

Este estudo teve como objetivo investigar a assembleia de beija-flores presentes na área de cerrado da Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos e seus recursos florais, além de avaliar os aspectos florais das plantas visitadas por beija-flores.

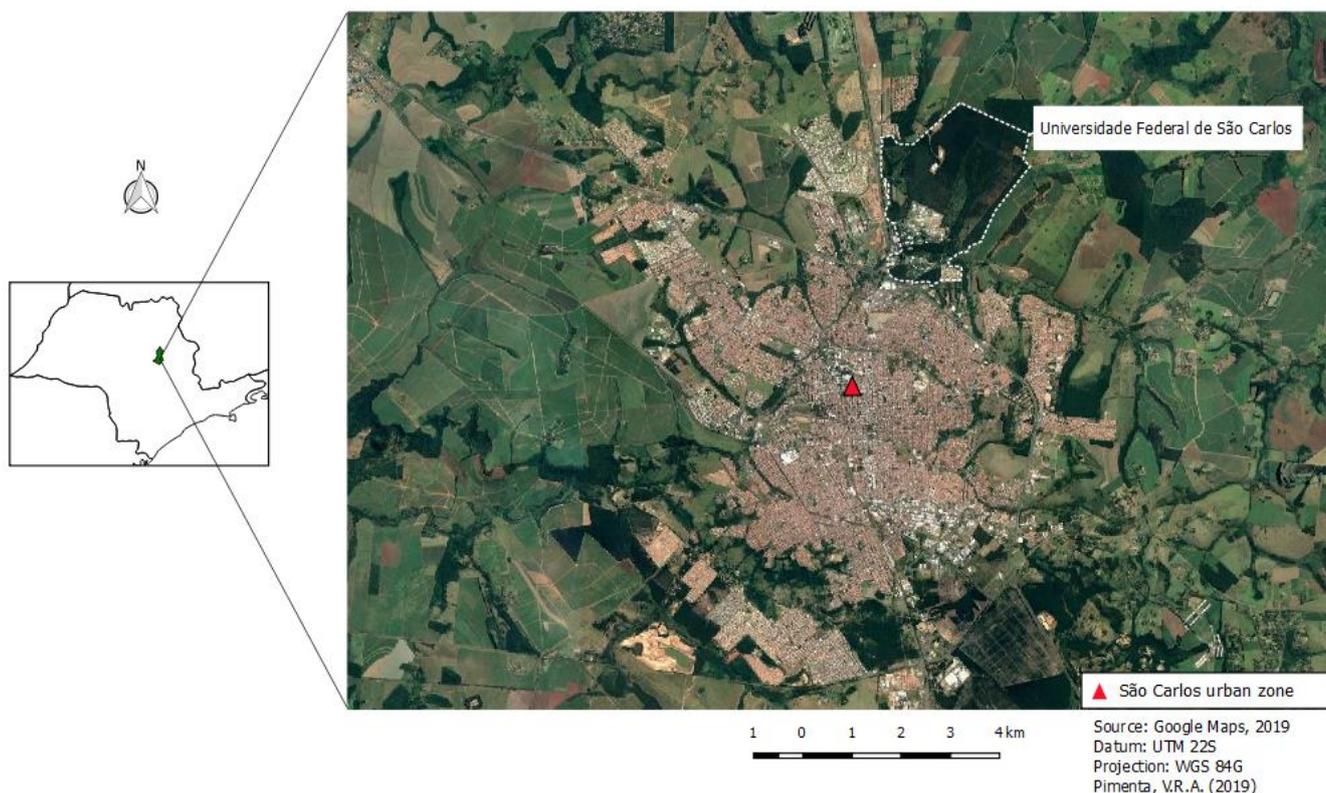
### 3.2 Material e métodos

#### Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área remanescente de cerrado na Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos, SP, Brasil (Figura 5). A região está inserida dentro do domínio do Cerrado e envolta por atividades humanas como crescimento urbano, atividades de agricultura e silvicultura, industrialização e a presença de pequenos fragmentos florestais. Segundo Köppen o clima é do tipo Cwa, que consiste em um inverno seco e um verão chuvoso (Köppen, 1930; Peel, Finlayson e McMahon, 2007).

O *Campus* possui uma área total de aproximadamente 643 ha, dos quais 115 ha são de área urbana e 528 ha são áreas não urbanas dadas como: áreas naturais em regeneração, matas secundárias, plantio de *Eucalyptus sp.* Três córregos são encontrados no território do *Campus*: o Córrego do Monjolinho, responsável por drenar a jusante à área urbana de São Carlos; seu afluente, o Córrego Fazzari cuja nascente é localizada no *Campus*, próxima ao represamento Mayaca; Córrego do Espreado, afluente do rio Monjolinho (Figura 6).

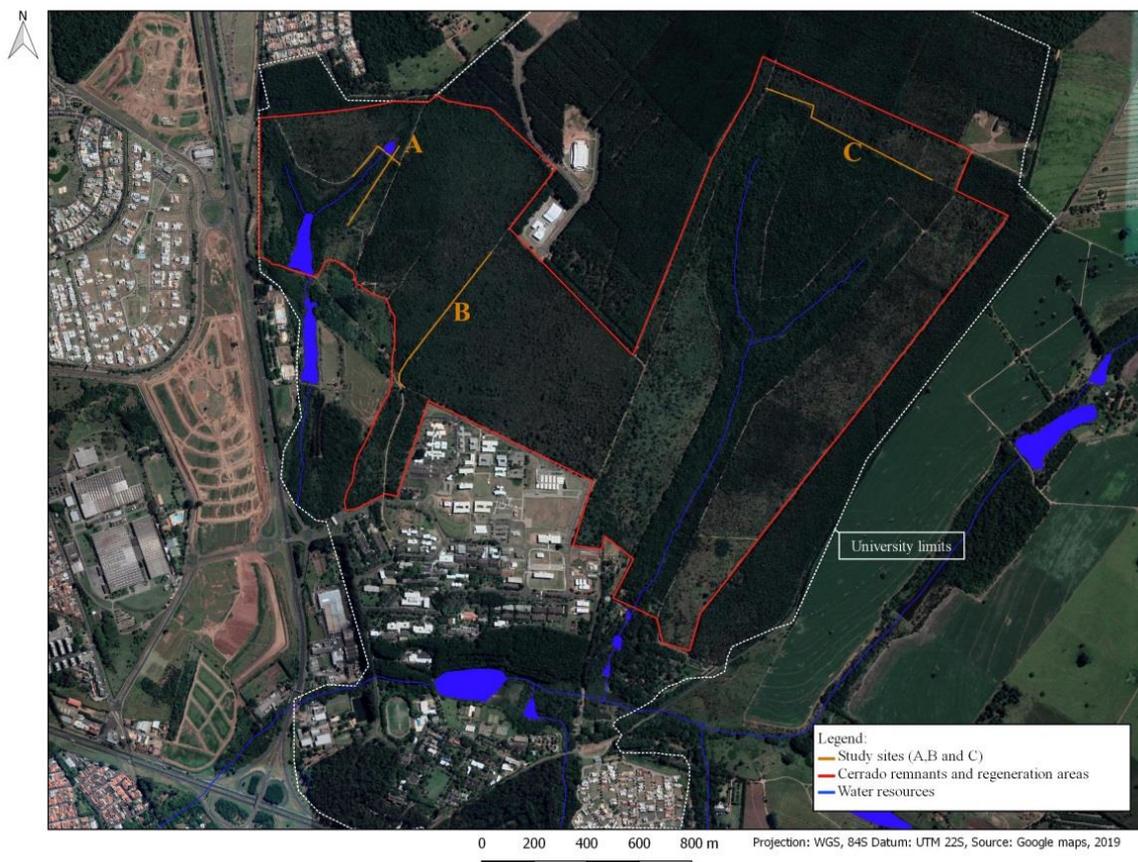
**Figura 5. Mapa de localização da zona urbana de São Carlos, estado de São Paulo, Brasil. O mapa destaca os limites da Universidade Federal de São Carlos e ação antrópica ao seu redor.**



A área não urbanizada do *Campus* possui duas fitofisionomias pertencentes ao Domínio do Cerrado: cerrado *sensu stricto* e mata de galeria; também ocorrem áreas com vegetação em regeneração. O cerrado *sensu stricto* é predominante no *campus* e composto principalmente por estratos arbóreo-arbustivo e estratos herbáceo-graminoso, matas de galeria ocorrem, respectivamente, ao longo do córrego Fazzari. , Em levantamentos anteriores próximos ao *Campus* São Carlos, já foram identificadas mais de 100 espécies vegetais em matas ciliares (Silva e Costa, 1994), 212 espécies de aves (Motta-Junior e Vasconcellos, 1996); dentre elas 18 endêmicas do Cerrado; e 46 espécies de mamíferos (Motta-Junior, Talamoni e Vasconcellos, 1996). Recentemente, novos levantamentos e estudos relacionados à fauna e flora deste remanescente de cerrado estão em andamento com resultados que agregam muito valor à região (Dias *et*

al., em preparação, com registro de cerca de 300 espécies de aves).

**Figura 6. Mapa hidrográfico da Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos. A área de Cerrado no *Campus* é representada pelo tracejado vermelho, enquanto os traços amarelos (A, B e C) delimitam os transectos escolhidos no estudo.**



### Coleta de dados

Foram delimitados três transectos de aproximadamente 700 metros cada (nomeados A, B e C) dentro da área de cerrado (Figura 6). O transecto A é caracterizado pela presença de mata de galeria do córrego Fazzari, uma área de cerrado secundária e Eucalyptus com sub-bosque de cerrado. O transecto B possui uma formação savânica secundária e o transecto C apresenta cerrado *stricto sensu* típico denso.

Os transectos foram monitorados das 7h00 as 10h00 e 14h00 as 17h00. Inicialmente foram identificadas as plantas com potencial de visita e posteriormente foi

definido o tempo de observação para cada planta (40 minutos). Quando ocorreram mais de duas espécies vegetais diferentes em cada ponto de observação, todas foram observadas concomitantemente. Portanto, o esforço amostral em cada planta foi diferente devido à metodologia, que segue a observação focal de Altman (1974). Foram totalizadas 96 horas de observação durante os meses de fevereiro a junho e outubro a dezembro de 2018.

A identificação das espécies vegetais ocorreu através da coleta de ramos férteis, fotografia e comparação com o SpeciesLink – INCT - Herbário Virtual da Flora e dos Fungos (acessado em 20 de fevereiro de 2019). Neste estudo foram consideradas apenas espécies visitadas por beija-flores. As plantas visitadas foram avaliadas e registrou-se a coloração da corola, hábito da planta e uma breve quantificação do número de flores (pequeno, médio ou grande). A identificação dos beija-flores ocorreu através de registros acústicos e visuais com o auxílio de binóculos 8x42mm e guia de campo (Gwynne *et al.*, 2010).

Foi empregada a análise multivariada *Correspondence Analysis* (CA), ou análise de correspondência, como método de ordenação de dados de contagem de espécies e suas associações. A matriz de dados corresponde à contagem de visitas de cada espécie de beija-flor em cada uma das plantas, de modo que os resultados indicam as associações mais fortes entre aves e plantas, bem como a similaridade entre os beija-flores em termos de plantas visitadas. O resultado é apresentado em um gráfico bidimensional com a distância entre os pontos (espécies) calculada a partir do sistema de coordenadas da Análise de Correspondência, indicando maior similaridade entre espécies de beija-flores ou associação mais forte entre aves-plantas de acordo com a proximidade espacial.

### 3.3 Resultados

Foram registradas 10 espécies de beija-flores: *Amazilia lactea* (Lesson, 1832), *Amazilia versicolor* (Vieillot, 1818), *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), *Phaethornis pretrei* (Lesson & Delattre, 1839), *Colibri serrirostris* (Vieillot, 1816), *Hylocharis chrysura* (Shaw, 1812), *Florisuga fusca* (Vieillot, 1817), *Heliomaster squamosus* (Temminck, 1823), *Aphanthochroa cirrochloris* (Vieillot, 1818) e *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1812) (Figura 7).

**Figura 7. Espécies de beija-flores registradas na área de Cerrado da Universidade Federal de São Carlos. (a) *Aphanthochroa cirrochloris*, (b) *Amazilia versicolor*, (c) *Hylocharis chrysura* e (d) *Amazilia lactea*.**



Todas as espécies de beija-flores usaram a estratégia de forrageamento *trap-lining*, com exceção de *E. macroura* que, sobre os recursos de *Qualea multiflora* (Mart.), apresentou estratégias territorialistas. Durante o territorialismo foram registradas 8,9% de todas as interações animal-planta deste estudo. Beija-flores considerados mais especializados como *H. squamosus*, *A. cirrochloris* e *C. serrirostris* foram pouco frequentes.

Ocorreram no total 156 interações animal-planta, que envolveram onze espécies vegetais (Figura 8), das quais apenas quatro apresentaram características ornitófilas (Faegri e Pijl, 1979), sendo elas *Pyrostegia venusta*, *Ananas ananassoides*, *Camptosema scarlatinum* e *Hypenia micranta* (Tabela 3).

**Figura 8.** Flores visitadas por beija-flores no cerrado da Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos. (A) *Adenocalyma campicola*, (B) Bignoniaceae, (C) *Hypenia micrantha*, (D) Convolvulaceae, (E) *Camptosema scarlatinum* e (F) *Pyrostegia venusta*.



**Tabela 3. Espécies vegetais com as quais os beija-flores interagem e suas características em três diferentes áreas de mata na Universidade Federal de São Carlos, Campus São Carlos.**

Espécie vegetal	Corola	Nº de flores	Hábito	Transecto
<b>Bignoniaceae</b>				
<i>Adenocalyma campicola</i> (Pilg.)	Amarela	Pequeno	Herbácea	A
<i>Pyrostegia venusta</i> * (Ker Gawl.)	Laranja	Grande	Trepadeira	B
Bignoniaceae	Violeta	Grande	Herbácea	A
<b>Bromeliaceae</b>				
<i>Ananas ananassoides</i> * (Baker.)	Lilás	Médio	Herbácea/Terrícola	A, B, C
<b>Caryocaraceae</b>				
<i>Caryocar brasilienses</i> (Cambess.)	Branca	Grande	Arbórea	A, B, C
<b>Convolvulaceae</b>				
Convolvulaceae	Branca	Grande	Trepadeira	A
<b>Fabaceae</b>				
<i>Bauhinia unguolata</i> (L.)	Branca	Médio	Arbustiva	A
<i>Camptosema scarlatinum</i> * (Mart. ex Benth.)	Vermelha	Pequeno	Herbácea	A
<b>Lamiaceae</b>				
<i>Hypania micrantha</i> * (Benth.)	Vermelha	Pequeno	Herbácea	A, C
<b>Volchysiaceae</b>				
<i>Qualea multiflora</i> (Mart.)	Branca	Grande	Arbórea	A
<i>Vochysia cinnamomea</i> (Pohl.)	Amarela	Grande	Arbórea	A

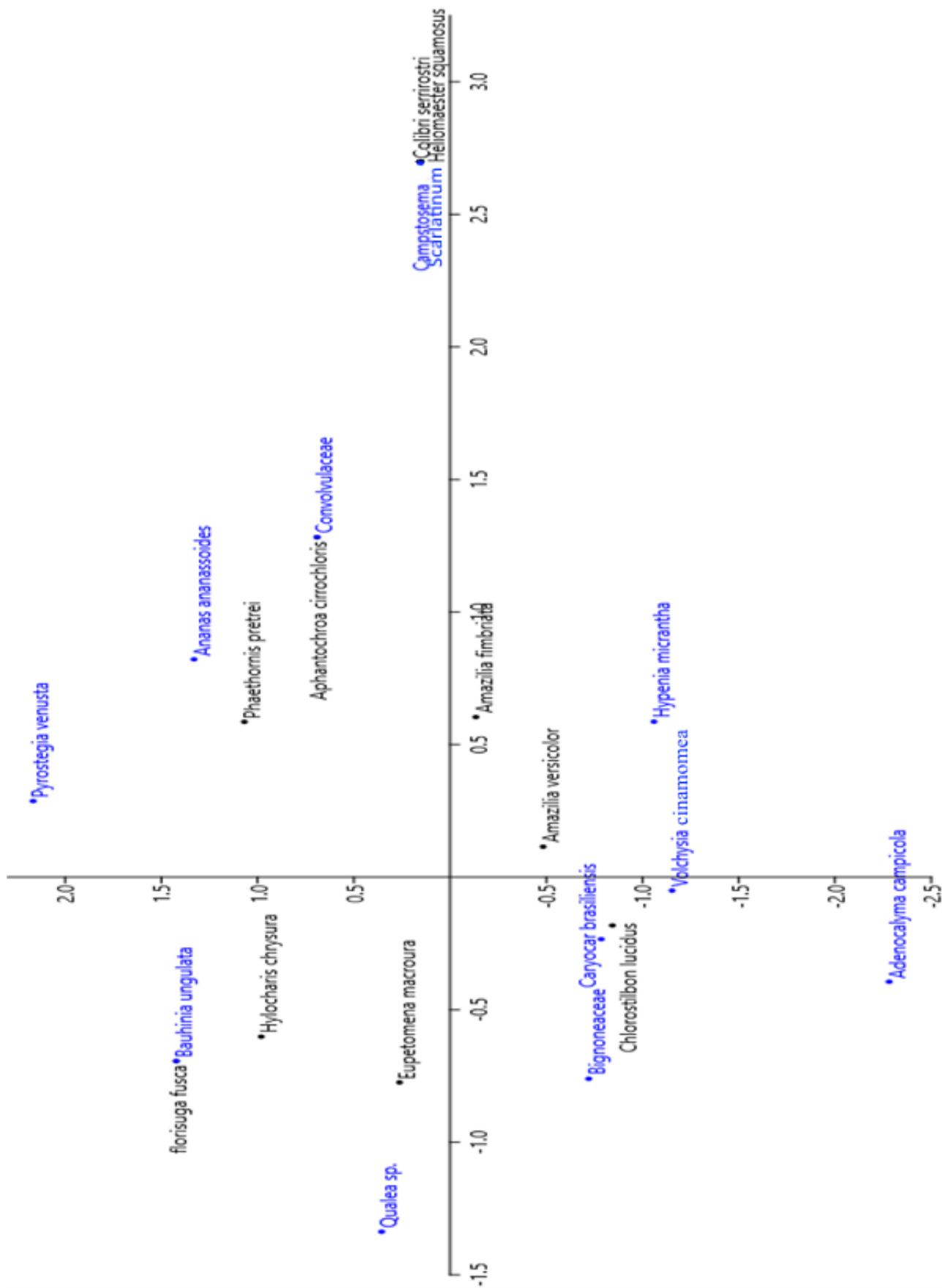
\*Plantas com síndromes de polinização voltada para beija-flores (Faegri e Pijl, 1979; Galetto *et al.*, 1994).

O transecto A apresentou quase todas as plantas visitadas por beija-flores e 66% do total de interações entre beija-flores e vegetais. Foram registrados seis indivíduos de *Caryocar brasiliensis* (Cambess) no transecto B, onde se verificou o maior número de interações ( $f = 14.7\%$ ,  $n = 156$ ). No transecto C foram identificadas apenas três espécies vegetais, pouco visitadas pelos beija-flores estudados: *C. brasiliensis*, *A. ananassoides* e *H. micrantha*.

*Bauhinia unguolata* teve o maior número de interações (f = 16.6%, n =156) e variedade de visitantes: *H. chrysur*, *F. fusca*, *E. macrou*, *A. fimbriata* e *P. pretrei*. Assim como para *C. brasiliensis*, também foi registrada alta frequência de interações (f = 22.4%, n = 156) e espécies visitantes diferentes, cinco no total: *H. chrysur*, *C. lucidus*, *P. pretrei*, *E. macrou*, *A. versicolor* e *A. fimbriata*.

De acordo com a Análise de Correspondência, é possível notar pelo gráfico da Figura 9 que espécies como *E. macrou*, *A. fimbriata* e *A. lactea* apresentam maior distância das espécies vegetais e posicionamento mais central em relação a elas no plano bidimensional, indicando que aves fazem do uso de muitos recursos sem se associar fortemente a um deles. Contrariamente, nota-se uma forte associação em termos de uso de recursos entre *F. fusca* e *B. unguolata*; entre *C. lucidus* e *C. brasiliensis*; similaridade entre as espécies *C. serrirostris* e *H. squamosus*, sendo ambas associadas à planta *C. scarlatinum*.

Figura 9. Análise de Correspondência entre as espécies de beija-flores, considerando sua correlação com diferentes plantas cujas flores foram visitadas.



### 3.4 Discussão

A assembleia de beija-flores inventariada neste estudo foi bem similar a descrita no estudo prévio de Motta-Junior, Talamoni e Vasconcellos (1996). *A. fimbriata*, *F. fusca* e *A. cirrochloris*, que são espécies adicionais, são também comuns ao meio urbano, principalmente dentro do *Campus* (Dias *et al.*, em preparação). O estudo de Barbosa-Filho e Araújo (2013) identificou em um fragmento urbano de Cerrado sete espécies de beija-flores e 15 espécies vegetais, distribuídas em 9 famílias. Neste mesmo estudo, as plantas visitadas por beija-flores eram principalmente arbóreas e dentre as espécies ornitófilas ocorrentes houve uma alta representatividade de plantas herbáceas. No cerrado da Universidade Federal de São Carlos, as espécies vegetais que interagiram com beija-flores foram em sua maioria, hábitos arbustivas e herbáceas, principalmente devido à presença de espécies da família Fabaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae e Lamiaceae, grupos que possuem relações ecológicas importantes com beija-flores (Buzato *et al.*, 2000, Machado e Oliveira, 2015).

A principal estratégia de forrageamento observada foi o *trap-lining*, que é incomum para beija-flores da subfamília Trochilinae, mas também registrado para espécies territorialistas por Coelho e Barbosa, (2003). Estes autores sugerem que o uso do *trap-lining* pode favorecer o fluxo de pólen entre os indivíduos da população local de uma planta e aumentam seu sucesso reprodutivo, com maior produção de frutos e sementes. Na literatura há dados sobre a importância das estratégias de forrageamento de potenciais polinizadores e a influência dos fluxos gênicos relacionados a essas estratégias (Snow e Snow, 1986; Linhart, 1973; Woloski *et al.*, 2013, Ferreira *et al.*, 2016).

### 3.5 Conclusões

O cerrado remanescente da Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos possui bases funcionais para futuras atividades de conservação e manutenção. Essas bases são corroboradas pela presença de matas de galeria no *Campus* e no entorno próximo, inseridas no cerrado.

Apesar do tamanho relativamente pequeno, esse fragmento de cerrado oferece abrigo para a fauna silvestre e para a estabilização da comunidade vegetal, sendo capaz

de atrair diversas espécies de beija-flores que são polinizadores importantes da flora ornitófila.

Beija-flores são aves bem adaptadas ao ambiente urbano e também aos recursos disponibilizados por plantas exóticas, que podem ser abundantes. A assembleia urbana de beija-flores pode ter grande importância na polinização de plantas nativas, favorecendo a disseminação de espécies ornitófilas.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes, A.Z. Partilha de néctar de *Eucalyptus* spp., territorialidade e hierarquia de dominância em beija-flores (Aves: Trochilidae) no sudeste do Brasil. **Ararajuba**, p. 39-44, 2003.
- Araujo-Silva, L.E.; Bessa, L. Territorial behavior and dominancy hierarchy of *Anthracothorax nigricollis* Vieillot 1817 (Aves: Trochilidae) on food resources. **Revista Brasileira de Ornitologia**. v. 18, n. 2, p. 89-96. 2010.
- Altman, J. Observational study of behos avior: sampling methods. **Behavior**. v. 49, n. 3/4, p. 227-267. 1974.
- Bahadur, B.; Chaturvedi, A.; Swamy, N.R. Nectar types in Indian plants. **Proceedings: Plant Sciences**, v. 96, n. 1, p. 41-48, 1986.
- Barbosa-Filho, W.G.; Araujo, A.C. de. Flowers visited by hummingbirds in an urban Cerrado fragment, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 4, p. 21-27, 2013.
- Bell, C.E.; Wilen, C.A.; Stanton, A.E. Invasive plants of horticultural origin. **Hortscience**, v. 38, n. 1, p. 14-16, 2003.
- Buzato, S; Sazima, S; Sazima, I. Hummingbird-Pollinated floras at three Atlantic Forest Sites. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p.824-841. 2000.
- Chaves, F.G.; Alves, Maria A.S. Optimal foraging theory: premises and critiques from bird studies. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 369-380. 2010.
- Camfield, A.F. Resource value affects territorial defense by Broad-tailed and Rufous hummingbirds. **Journal of Field Ornithology**, v. 77, n. 2, p. 120-125. 2006.
- Canela, M.B.F.; Sazima, M. *Aechmea pectinata*: a hummingbird-dependent bromeliad with inconspicuous flowers from the rainforest in South-eastern Brazil. **Annals of Botany**, 92, 731-737. 2003.
- Carbó-Ramírez, P.; Zuria, I. The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 3, p. 213-222, 2011.
- Carpenter, F.L.A. spectrum of nectar-eater communities. *American Zoologist*, v. 18, n. 4, p. 809-819, 1978.
- Coelho, C.P.; Barbosa, A.A.A. Biologia reprodutiva de *Palicourea macrobotrys* Ruiz & Pavon (Rubiaceae): um possível caso de homostilia no gênero *Palicourea* Aubl. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, p. 403-413, 2003.

- Corlett, R.T. Interactions between birds, fruit bats and exotic plants in urban Hong Kong, South China. **Urban Ecosystems**, v. 8, n. 3-4, p. 275-283, 2005.
- Cotton, P.A. Coevolution in an Amazonian hummingbird-plant community. **Ibis**, v. 140, n. 4, p. 639-646, 1998.
- Cole, S.; Hainsworth, F.R.; Kamil, A.C.; Mercier, T.; Wolf, L.L. Spatial learning as an adaptation in hummingbirds. **Science**, v. 217, n. 4560, p. 655-657, 1982.
- Costanza, R.; D'arge, R.; Groot, R.; Farber, S.; Grosso, M., Hansen, B.; Limberg, K.; Naeem, S.; O'Neil, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; Belt, M. van den. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253, 1997.
- Cronk, Q.; Ojeda, I. Bird-pollinated flowers in an evolutionary and molecular context. **Journal of experimental botany**, v. 59, n. 4, p. 715-727. 2008.
- Dalsgaard, B.; González, A.M.M.; Olesem, J.M.; Ollerton, J.; Timmermann, A.; Andersen, L.H., Tossas, A.G. Plant-hummingbird interactions in West Indies: floral specialization gradients associated with environment and hummingbird size. **Occologia**. v. 159, p. 757-766. 2009.
- Daily, G.C. *et al.* **Nature's services**. Island Press, Washington, DC, 1997.
- Dearborn, D. C. Interspecific Territoriality by a Rufous-Tailed Hummingbird (*Amazilia tzacatl*): Effects of Intruder Size and Resource Value 1. **Biotropica**, v. 30, n. 2, p. 306-313. 1998.
- Dornfeld, C.B.; Fonseca-Gessner A.A. Fauna de Chironomidae (diptera) associada á *Salvinia sp.* e *Myriophyllum sp.* num reservatório do córrego do Espraiado, SÃO Carlos, São Paulo, Brasil. **Entomol. Vect.**, v. 12, n. 2, p. 181-192. 2005.
- Durigan, G.; S., Marinez F. de; Franco, G. A. D. C. Threats to the Cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 355-363, 2007.
- Engel, C.; Irwin R.E. Linking pollinator visitation rate and pollen receipt. **American Journal of Biology**, v. 90, n.11, p. 1612-1618. 2003.
- Ewald, P.W.; Bransfield, R. J. Territory quality and territorial behavior in two sympatric species of hummingbirds. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 20, n. 4, p. 285-293, 1987.
- Faegri, K.; Pijl, L. van der. **The principles of pollination ecology**. 3rd ed. London, Pergamon Press, 244pp. 1979.
- Feinsinger, P.; Chaplin, S.B. On the relationship between wing disc loading and

- foraging strategy in hummingbirds. **The American Naturalist**, v. 109, n. 966, p. 217-224. 1975.
- Feinsinger, P.; Cowell, R.K. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. **American Zoology**. v. 18, p. 779-795. 1978.
- Feinsinger, P. Variable nectar secretion in *Heliconia* species pollinated by hermit hummingbirds. **Biotropica**. v.15, n. 1, pp. 48-52. 1983.
- Felfili, M.C.; Felfili, J.M. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu stricto da Chapada Pratinha, **Brasil. Acta Bot. Bras.**, v. 15, n. 2, p.243-254. 2001.
- Ferreira, C.; Maruyama, P.K.; Oliveira, P. E. Convergence beyond flower morphology? Reproductive biology of hummingbird-pollinated plants in the Brazilian Cerrado. **Plant Biology**, v. 18, n. 2, p. 316-324, 2016.
- Fleming, P.A.; Bakken, B.H.; Lotz, C.N.; Nicolson, S.W. Concentration and temperature effects on sugar intake and preferences in a sunbird and a hummingbird. **Functional Ecology**, v. 18, n. 2, p. 223-232, 2004. Maruyama, P.K. *et al.* Pollination syndromes ignored: importance of non-ornithophilous flowers to Neotropical savanna hummingbirds. **Naturwissenschaften**, v.11, p. 1061-1068, 2013.
- Franchin, A.G.; Oliveira, G.M.; Melo, C.; Tomé, C.E.R.; Marçal Junior, O. Avifauna do Campus Umuarama, Universidade Federal de Uberlândia (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 6, n. 2. 2009.
- Franco, F.F.; Marçal-Junior, O. Influence of urbanization on the distribution and defense strategies of the Burrowing Owl *Athene cunicularia* in the city of Uberlândia, southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2018.
- Fretwell, S.D. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. **Acta biotheoretica**, v. 19, n. 1, p. 45-52, 1969.
- Galetto, L.; Bernardello, L. M.; Juliani, H. R. Characteristics of secretion of nectar in *Pyrostegia venusta* (Ker-Gawl.) Miers (Bignoniaceae). **New Phytologist**, v. 127, n. 3, p. 465-471, 1994.
- Grether, B. Resource Quality and Defense: Feeding Behaviors and Female Territoriality in Two Species of Tropical Hummingbird. **Independent Study Project Collection**. 2016.
- González-Gómez, P.L.; Ricote-Martinez, N., Razeto-Barry, P.; Cotóras, I.S.; Bozinovic,

- F. Thermoregulatory cost affects territorial behavior in hummingbirds: a model and its application. **Behavioral ecology and sociobiology**, v. 65, n. 11, p. 2141-2148, 2011.
- González-gómez, P. L.; Bozinovic, F.; Vásquez, R. A. Flexibility of foraging behavior in hummingbirds: The Role of Energy constraints and cognitive abilities. **The auk**. v. 128, n.1, p.36-42. 2015.
- Gwynne, J. A.; Ridgely, R. S., Argel, M.; & Tudor, G. **Guia Aves do Brasil: Pantanal e Cerrado. In Guia Aves do Brasil: Pantanal e Cerrado**. Horizonte Geográfico. 2010.
- Justino, D.G.; Maruyama, P.K.; Oliveira, P.E. Floral resource availability and hummingbird territorial behaviour on a Neotropical savanna shrub. **Journal of Ornithology**, v. 153, n. 1, p. 189-197, 2012.
- Klinkhamer, P.G.L.; De Jong, T.J.; Linnebank, L.A. Small-scale spatial patterns determine ecological relationships: an experimental example using nectar production rates. **Ecology Letters**, v. 4, n. 6, p. 559-567, 2001.
- Kodric-Brown, A.; Brown, J.H. Influence of economics, interspecific competition, and sexual dimorphism on territoriality of migrant rufous hummingbirds. **Ecology**, v. 59, n. 2, p. 285-296, 1978.
- Krebs, J.R.; Davies, N.B.A. modelagem de sinais: ecologia e evolução. Introdução à Ecologia Comportamental. **Atheneu Editora São Paulo**, 1996.
- Köppen, W.; Geiger, R. **Hand-buch der Klimatologie, Vol 1, part C**. Berlin: Gebrüder Born-traeger, 1936.
- Linhart, Y.B. Ecological and behavioral determinants of pollen dispersal in hummingbird-pollinated Heliconia. *American Naturalist*, p. 511-523, 1973.
- Machado, A.O.; Oliveira, P.E. Diversidade beta de plantas que oferecem néctar como recurso floral aos beija-flores em cerrados do Brasil Central. **Rodriguésia**, n. 66, v.1, p. 1-19. 2015.
- Makino, T.T. Longer visits on familiar plants?: testing a regular visitor's tendency to probe more flowers than occasional visitors. **Naturwissenschaften**, v. 100, n. 7, p. 659-666, 2013.
- Maruyama, P.K.; Oliveira, G.M.; Ferreira, C.; Dalsgaard, B.; Oliveira, P.E. Pollination syndromes ignored: importance of non-ornithophilous flowers to Neotropical savanna hummingbirds. **Naturwissenschaften**, v.11, p. 1061-1068, 2013.

- Maruyama, P.K.; Vizenin-Bugoni, J.; Dalsgaard, B.; Sazima, I.; Sazima, M. Nectar robbery by a hermit hummingbird: association to floral phenotype and its influence on flower and network structure. **Oecologia**, v. 178, n. 3, pp. 783-793. 2015.
- Maruyama, P.K.; Vizenin-Bugoni, J.; Sonne, J.; González, A.M.M.; Schleuning, M.; Araujo, A.C.; Cardona, J.; Cardona, P.; Cotton, P.A.; Kohler, G.; Lara, C.; Malucelli, T.; Marín-Gómez, O.H.; Ollerton, J.; Rui, A.M.; Timmermann A.; Varossin, I.G.; Zanata, T.B.; Rahbek, C.; Sazima, M.; Dalsgaard, B.. The integration of alien plants in mutualistic plant–hummingbird networks across the Americas: the importance of species traits and insularity. **Diversity and Distributions**, v. 22, n. 6, p. 672-681. 2016.
- Maruyama, P.K.; Bonizário, C.; Marcon, A.P.; D'Angelo, G.; Silva, M.M., Silva Neto, E.N.; Oliveira, P.E.; Sazima, I; Sazima, M.; Vizenin-Bugoni, J.; Anjos, L., Rui A.M.; Marçal Junior, O. Plant-hummingbird interaction networks in urban areas: Generalization and the importance of trees with specialized flowers as a nectar resource for pollinator conservation. **Biological Conservation**, v. 230, p. 187-194, 2019.
- Mendes, C.L.S.; Coelho, T.S.; Silva, J.F.; Souza, R.M.F. Levantamento de beija-flores (Trochilidae) no município de Manhuaçu, Minas Gerais. **Anais do Seminário Científico da FACIG**, n. 3, 2018.
- Mendonça, L.B.; Anjos, L. Beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus recursos florais em uma área urbana do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.49, n.1, p. 51-59. 2005.
- Mendonça, L.B.; Anjos, D. Feeding behavior of hummingbirds and perching birds in *Erythrina speciose* Andrews (Fabaceae), flowers in an urban area, Londrina, Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 23, n. 1, p. 42-29. 2006.
- Milet-Pinheiro, P.; Schlindwein, C. Pollination in *Jacaranda rugosa* (Bignoniaceae): euglossine pollinators, nectar robbers and low fruit set. **Plant Biology**, v. 11, n. 2, p. 131-141, 2009.
- Mörtberg, U.; Wallentinus, H. Red-listed forest bird species in an urban environment—assessment of green space corridors. **Landscape and Urban planning**, v. 50, n. 4, p. 215-226, 2000.
- Motta-Junior, J. C.; Talamoni, S. A.; Vasconcellos, L.A. da S. Levantamento dos mamíferos do campus da Universidade Federal de São Carlos, estado de São Paulo. **An Sem Reg Ecol**, v. 7, p. 173-182, 1996.

- Myers, N.; Mittermeier R.A.; Mittermeier C.G.; Fonseca G.A.B.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000.
- Peel, M.C.; Finlayson, B.L.; McMahon, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and earth system sciences discussions**, v. 4, n. 2, p. 439-473. 2007.
- Previatto, D. M.; Mizobe, R. S.; Posso, S. R. Birds as potential pollinators of the *Spathodea nilotica* (Bignoniaceae) in the urban environment. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 4, p. 737-741, 2013.
- Powers, D. R.; Conley, T. M. Field metabolic rate and food consumption of two sympatric hummingbird species in southeastern Arizona. **The Condor**, v. 96, n. 1, p. 141-150, 1994.
- Ramírez, P.C.; Zuria, Z. the value of small urban greenspace ofr birds in a Mexican city. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 3, p. 213-222. 2011.
- Rangaiah, K.; Purnachandra Rao, S.; Solomom Rajuh, A. Bird-pollination and fruiting phenology in *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae). **Beitrag Zur Biologie der Pflanzen**, v.73, n.3, p. 395. 2004.
- Rech, A. R.; Agostini, K; Oliveira, P.E.; Machado, I.C. (Ed.). **Biologia da polinização**. Projecto Cultural, 2014.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE), 1998.
- Sandlin, E. A. Foraging information affects the nature of competitive interactions. **Oikos**, v. 91, n. 1, p. 18-28, 2000.
- Sazima, I.; Buzato, S.; Sazima, M. Assemblage of hummingbird-pollinated flowers in a Montane Forest in Southeasternbrazil. **Botanica Acta**, v. 109, n. 2, p. 149-160. 1996.
- Silva, J.a.; Soares, J.J. Levantamento fitossociológico em um fragmento de floresta estacional semidecidua, no município de São Carlos, SP. **Acta Bot. Bras**, v. 16, n. 2, p. 205-216. 2002.
- Suarez, R. K.; Brown, G. S.; Hochachka, P. W. Metabolic sources of energy for hummingbird flight. American Journal of Physiology-Regulatory, **Integrative and Comparative Physiology**, v. 251, n. 3, p. R537-R542, 1986.
- Suarez, R. K.; Gass, C. L. Hummingbird foraging and the relation between

- bioenergetics and behaviour. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 133, n. 2, p. 335-343, 2002.
- Snow D.W.; B.K. Snow. Feeding ecology of hummingbirds in the Serra do Mar, southeastern Brazil. **El Hornero**. v. 12, p.286-296. 1986.
- SpeciesLink. <http://inct.splink.org.br/>[acesso em 20/Fevereiro/2019]. 2019.
- Stiles, F. G. Wolf, L. L. Hummingbird territoriality at a tropical flowering tree. **The Auk**, v. 87, n. 3, p. 467-491. 1970.
- Stiles, F.G. Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. **Ecology**, v. 56, n. 2, p. 285-301, 1975.
- Tilman, D. **Resource Competition and Community Structure**. Princeton University Press, NJ. 1982.
- Toledo, M. C. B.; Moreira, D. M. Analysis of the feeding habits of the swallow-tailed hummingbird, *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), in an urban park in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 2, p. 419-426, 2008.
- Waser, N. M.; Chittka L.; Price, J.F., Willians, N.M. Generalization in pollination systems, and why it matters. **Ecology**, v. 77, n. 4, p. 1043-1060, 1996.
- Waser, N. M.; Caradonna, P. J.; Price, M. V. Atypical flowers can be as profitable as typical hummingbird flowers. **The American Naturalist**, v. 192, n. 5, p. 644-653, 2018.
- Wille, A. Behavioral adaptations of bees for pollen collecting from *Cassia* flowers. **Revista de Biologia Tropical**, v. 11, n. 2, p. 205-210. 1963.
- Willmer, P. **Pollination and floral ecology**. New Jersey, UK, Princenton University Press, 778pp. 2011.
- Winfree, R.; Bartomeus, I.; Cariveau, D. P. Native pollinators in anthropogenic habitats. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 42, p. 1-22, 2011.
- Wolf, L. L.; Hainsworth F. R. Time and energy budgets of territorial hummingbirds. **Ecology**. n.52, p.980-988. 1971.
- Wolowski, M.; Saad, C. F.; Ashman, T.; Freitas, L. Predominance of self-compatibility in hummingbird-pollinated plants in the Neotropics. **Naturwissenschaften**. n. 100, p. 69-79. 2013.
- Woodward, G. *et al.* Body size in ecological networks. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, n. 7, p. 402-409, 2005.

