

# A ARBORIZAÇÃO URBANA COMO PROTAGONISTA NA MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES

## URBAN AFFORESTATION AS A LEADING ROLE IN THE MAINTENANCE AND CONSERVATION OF POLLINATORS

Nícolas Alberto Polizelli-Ricci<sup>1</sup> , Kayna Agostini<sup>2</sup> 

### RESUMO

As espécies exóticas utilizadas na arborização urbana necessitam que as condições físicas e ambientais do local sejam adequadas, e que micro-organismos simbióticos, polinizadores e dispersores de sementes estejam presentes, para que se desenvolvam satisfatoriamente. Esta pesquisa verificou a frequência de visitação e a eficácia de abelhas e beija-flores no sucesso reprodutivo da espécie arbórea exótica *Bauhinia variegata* L., e relacionou estes resultados com a importância da arborização urbana na manutenção e conservação dos polinizadores. O experimento avaliou os visitantes em diferentes períodos do dia. 57 botões florais foram ensacados, aleatoriamente. Após a antese, foram expostos aos visitantes e reensacados. Registraram-se o número e a posição da semente desenvolvida ou abortada e relacionados com cada visitante. As flores de *B. variegata* foram mais visitadas pela manhã. Os testes Chi-quadrado e ANOVA não mostraram diferença no número de frutos e sementes desenvolvidos entre os diferentes visitantes, mas houve diferença na distribuição das sementes entre as posições do fruto analisadas. Concluiu-se que ambos os visitantes foram importantes para a reprodução de *B. variegata*, não ocorrendo competição ou partilha de recursos, evidenciando a importância da arborização urbana na manutenção de pontos de alimentação e nidificação para a entomofauna e avifauna generalistas ou especializadas.

**Palavras-chave:** Abelhas; *Bauhinia variegata*; Beija-flores; Interação Animal-Planta; Paisagem urbana.

### ABSTRACT

Introduced species used in urban afforestation require that the physical and environmental conditions are adequate, and that symbiotic microorganisms, pollinators and seed dispersers are present, so that they can develop satisfactorily. This research verified the frequency of visitation and the effectiveness of bees and hummingbirds on the reproductive success of the exotic tree species *Bauhinia variegata* L., and related these results to the importance of urban afforestation in the maintenance and conservation of pollinators. The experiment evaluated visitors at different periods of the day. 57 flower buds were randomly bagged. After anthesis, they were exposed to visitors and rebagged. The number and position of the developed or aborted seed and related to each visitor were recorded. *B. variegata* flowers were most visited in the morning. Chi-square and ANOVA statistical tests showed no difference in the number of fruits and seeds developed between different visitors, but there was a difference in the distribution of seeds between the fruit positions analyzed. It was concluded that both visitors were important for the reproduction of *B. variegata*, with no competition or sharing of resources occurring, highlighting the importance of urban afforestation in maintaining feeding and nesting sites for the generalist or specialized entomofauna and avifauna.

**Keywords:** Bees; *Bauhinia variegata*; Hummingbirds; Animal-Plant Interaction; Urban landscape.

Recebido em 06.09.2023 e aceito em 20.12.2024

<sup>1</sup> Doutor em Biologia Vegetal. Doutorado. Professor de Educação Básica (Ciências e Biologia) – Serviço Social da Indústria (SESI). Americana/SP. Email: nicolaspolizelli@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Biologia Vegetal. Doutorado. Professor Associado – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Araras/SP. Email: kayna@ufscar.br

## INTRODUÇÃO

A arborização urbana assume um papel importante ao desempenhar relevantes funções ecológicas, como a conservação da avifauna e da entomofauna, especialmente beija-flores e abelhas, tanto nativas quanto exóticas (THRELFALL et al., 2015). Isso porque as árvores fornecem pontos de obtenção de alimentos como néctar, pólen, frutos e sementes comestíveis, pontos de observação, abrigos ou locais para nidificação, para aves e abelhas, dentre outros grupos de animais (CASTRO-PENA et al., 2017). Contudo, como a arborização urbana está inserida em um ambiente modificado pelas atividades antrópicas, há pouco conhecimento sobre o comportamento das espécies de visitantes florais nas árvores urbanas. As diferentes condições proporcionadas às espécies arbóreas dentro dos núcleos urbanos, como a impermeabilização, sombreamento, compactação do solo, alteração microclimática e ação predatória influenciam o seu desenvolvimento, assim como as interações com os animais (THRELFALL et al., 2015). O conhecimento sobre a ecologia reprodutiva em ambientes urbanos é particularmente importante, por permitir avaliar o potencial adaptativo de uma espécie presente em área urbanizada ou o processo de naturalização de uma espécie exótica (RECH; AVILA JR; SCHLINDWEIN, 2014).

As aves que vivem no ambiente urbano, em sua maioria, possuem alimentação generalista. A presença destas nestes locais é fundamental, visto que atuam na polinização e na dispersão de sementes (SAMBUGARO-SANTOS; ROSA, 2013). As aves constituem um dos grupos mais bem sucedidos no ambiente urbano, onde buscam condições de sobrevivência, como alimento, abrigo e construção de ninhos (MAZZINI, 2012; ROCCA; SAZIMA, 2013; AGOSTINI; LOPES; MACHADO, 2014). Os recursos alimentares disponibilizados pela vegetação presente nas cidades estão dentre os principais responsáveis pela diversificada avifauna encontrada nestas áreas, implicando em diferentes padrões de distribuição espacial e temporal, comportamentos e modos de exploração destes recursos (BARKER et al., 2013). Vale destacar que plantas exóticas utilizadas na ornamentação de jardins e canteiros são também fontes de recursos explorados por esses animais e podem contribuir para a sua permanência em áreas urbanas (CORLETT, 2005; MENDONÇA; ANJOS, 2005). Sob este contexto, os beija-flores (Aves: Família Trochilidae) representam o grupo numericamente e ecologicamente dominante nas interações aves-flores na região Neotropical, da Patagônia ao Alasca (FISCHER; ARAUJO; GONÇALVES, 2014), onde desempenham um importante papel na polinização de diversas angiospermas, com mais de 235 espécies observadas somente no Brasil (ROCCA; SAZIMA, 2013).

As abelhas são outro grupo de polinizadores por excelência, responsáveis pela polinização de mais de 85% das angiospermas, sendo, por isso, consideradas espécies-chave

em biomas naturais ou fragmentos florestais urbanos (SANTOS; AIZEN; SILVA, 2014). A íntima associação abelhas-flores provavelmente teve início há mais de 50 milhões de anos e, desde então, as abelhas dependem das flores para a obtenção de recursos (e.g. néctar para demanda energética e produção de mel, pólen para demanda proteica, resina para construção de colmeias e produção de própolis, cera e óleos florais para construção de colmeias e fragrâncias como precursoras de feromônios de cópula), e as plantas atingem o sucesso reprodutivo, por meio do processo de transferência dos grãos de pólen para a polinização (PINHEIRO et al., 2014). Este grupo de insetos possui sensibilidade às pequenas variações individuais na disponibilidade de recursos florais nos diferentes ecossistemas (AGOSTINI; LOPES; MACHADO, 2014).

As abelhas e aspectos de sua ecologia têm sido estudados principalmente em paisagens naturais devido à sua maior riqueza, diversidade e relevância nestes ambientes. Neste contexto, o conhecimento da fauna de abelhas presente nas paisagens urbanas é limitado, principalmente em relação aos padrões de riqueza e diversidade desses insetos (PINHEIRO et al., 2014). No Brasil, os estudos em áreas urbanas são reduzidos, principalmente em relação à exploração de recursos pelas abelhas (AGOSTINI; SAZIMA, 2003) e seus hábitos de nidificação. Neste sentido, embora os estudos sobre a ecologia de nidificação de abelhas em áreas urbanas sejam escassos, eles são extremamente importantes, pois podem fornecer informações relevantes sobre a diversidade de espécies, densidade de ninhos e outros aspectos importantes para os planos de manejo e a conservação destas abelhas.

As pesquisas sobre biologia da polinização envolvem conhecimentos relacionados à fenologia e biologia floral, bem como morfologia e comportamento de visitantes às flores (AGOSTINI; LOPES; MACHADO, 2014; TEIXEIRA; MARINHO; PAULINO, 2014). O estudo sobre fenologia indica os padrões de floração na comunidade e conseqüentemente fornece informações sobre distribuição de recursos para os polinizadores ao longo do período de floração (RAMOS; SANTOS, 2006). Os estudos sobre biologia floral visam principalmente às informações sobre variedade e amplitude de formatos, dimensões e cores e adequação do visitante à flor (BUZATO; FRANCO, 1992; TEIXEIRA; PEREIRA; RANGA, 2006). O entendimento sobre essas questões auxilia na escolha de medidas mais adequadas e eficazes para a conservação destes animais, que por sua vez, garantem a reprodução das plantas visitadas e a oferta de recursos alimentares para suprir suas próprias necessidades (ROCCA; SAZIMA, 2013; MARUYAMA et al., 2019; LEIMBERGER et al., 2022).

Com base nas informações elencadas, esta pesquisa teve como objetivo analisar os aspectos de biologia da polinização para a espécie *Bauhinia variegata* L. (Leguminosae,

Cercidoideae) (pata-de-vaca), e relacionar esta análise com o papel da arborização das cidades na manutenção e conservação dos polinizadores.

## MATERIAL E MÉTODOS

O gênero *Bauhinia* é representado por espécies pantropicais, ocorrendo principalmente na América do Sul e Ásia. É composto por aproximadamente 300 espécies, das quais 200 ocorrem no Brasil. Os representantes possuem folhas bilobadas com nervação palmada. As metades da folha nascem de um único pulvino (LPWG, 2013; AZANI et al., 2017). As flores das espécies do gênero *Bauhinia* exibem grande diversidade de cores, morfologias e dimensões (LPWG, 2013; AZANI et al., 2017). Há também grande diversidade no período e na duração da antese em Leguminosae, sendo que algumas flores possuem antese diurna, enquanto outras possuem antese noturna, levando ao aumento no número de sistemas de polinização (AMORIM; GALETTO; SAZIMA, 2013).

A espécie *B. variegata* é composta de indivíduos com porte arbóreo, medindo de 3 a 7 m de altura, com o aparecimento de botões e poucas flores na segunda quinzena de abril, e o pico de floração, ao longo dos meses de maio e junho, enquanto a frutificação e desenvolvimento de sementes ocorre ao longo do mês de junho (OBS. PESS., N.A.POLIZELLI-RICCI, 2014). Os indivíduos desta espécie são representados por árvores com flores vistosas e de coloração variando de branca a rósea (cf. Figuras 1A-B). O padrão de floração pode ser enquadrado no tipo cornucópia, com a abertura de até 30 flores ao dia (OBS. PESS., N.A.POLIZELLI-RICCI, 2014). As flores são solitárias, terminais, bissexuais, zigomorfas, diclamídeas e heteroclamídeas, com cálice gamossépalo. A corola é pentâmera, dialipétala com floração imbricada do tipo carenal. O androceu apresenta cinco estames, com anteras bitecas e dorsifixas (cf. Figuras 1A-B). Possui origem tropical, embora existam exemplares nativos em todos os continentes. Provenientes de regiões com diferentes condições ambientais, são tolerantes à seca e geralmente cultivadas em locais de clima quente (MAZZINI, 2012). Dentre os visitantes florais mais abundantes estão as espécies de abelhas *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (Irapuá) e *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Abelha-Europeia) e a espécie de beija-flor *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788) (Beija-flor-tesoura) (DEUS; TELES-GOMES; OLIVEIRA, 2009).



Figura 1. Flores de *Bauhinia variegata* L., evidenciando o androceu, com anteras bitecas e dorsifixas (ant), e o gineceu, com um estilete róseo (sty) e estigma branco (sti) (A-B). Na figura 2A, podemos verificar a visita da abelha sem ferrão da espécie *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (Meliponinae). Local de observação: área urbana de Americana, São Paulo, Brasil. Período de observação: durante o período matutino. Meses/Ano de observação: abril a junho de 2014. Fotos de própria autoria

Figure 1. Flowers of *Bauhinia variegata* L., showing the androecium, containing biteaks and dorsifixed anthers (ant), and gynoecium, containing a pink style (sty) and a white stigma (sti) (A-B). In the figure 2A, we can verify the visit of a stingless bee *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (Meliponinae). Observation site: urban area of Americana, São Paulo, Brazil. Observation period: during the morning. Months/Year of observation: April to June 2014. Photos by own authorship

A pesquisa foi conduzida no município de Americana, Estado de São Paulo, localizado a 127 km da capital Paulista, na praça da Paróquia São Domingos Gusmão, situada a cerca de 2 km da região central do município. As coordenadas são 22° 44' 20" S e 47° 19' 51" O. O município de Americana compreende uma área total de 133,91 km<sup>2</sup>, sendo 92 km<sup>2</sup> ocupados pelo perímetro urbano, 32,3 km<sup>2</sup> de perímetro rural, área conhecida como "pós-represa", e 9,61 km<sup>2</sup> ocupados pela represa Salto Grande, além de um elevado contingente populacional, com aproximadamente 239.600 habitantes, dos quais 99,53% correspondem à população urbana e 0,47% à população rural (IBGE, 2020).

Na referida praça, foram selecionados três indivíduos da espécie *B. variegata* que estão dispostos linearmente no local. O valor amostral utilizado foi decorrente da falta de outros espécimes de *B. variegata* no entorno. No entanto, os três indivíduos foram suficientes para as observações e coleta de dados. Para identificar os principais grupos de visitantes florais, o período do dia com maior visitação às flores e a biologia reprodutiva em *B. variegata*, foram realizadas análises com a avaliação da eficácia de diferentes sistemas de polinização (cf. metodologia de Freitas, 2013), por meio da frequência de visitação e os efeitos dos componentes de fecundidade (desenvolvimento de frutos e formação e aborto de sementes). Foram quantificadas as visitas de diferentes grupos de visitantes florais no período da manhã (06h00 às 12h00) e tarde (12h00 às 18h30), sendo escolhidos os dois grupos de visitantes



florais mais frequentes, sendo eles o grupo das abelhas e dos beija-flores. Os dados de temperatura foram obtidos por termo-higrômetro e dados meteorológicos através do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura - CEPAGRI/UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas. Para testar a eficácia de cada grupo de polinizador, três espécimes de *B. variegata* foram observados, semanalmente, ao longo dos meses de floração e frutificação da espécie, de abril a junho de 2014. Botões florais em pré-antese foram ensacados com quadrados de tule com dimensões de 15 cm x 15 cm (n=57), e expostos aos visitantes florais selecionados (abelhas e beija-flores) (Figuras 2A-D) para a realização de uma única visita, sendo ensacados novamente após a visita e monitorados até o desenvolvimento total do fruto.



Figura 2. Visitação das flores de *Bauhinia variegata* L. por abelhas (A-B) e beija-flores (C-D). Local de observação: área urbana de Americana, São Paulo, Brasil. Período de observação: durante os períodos matutino e vespertino. Meses/Ano de observação: abril a junho de 2014. Fotos de autoria própria

Figure 2. Floral visitation of *Bauhinia variegata* L. by bees (A-B) and hummingbirds (C-D). Observation site: urban area of Americana, São Paulo, Brazil. Observation period: during the morning and afternoon. Months/Year of observation: April to June 2014. Photos by own authorship

Em cada fruto foi contabilizado o número total de sementes desenvolvidas (número de óvulos que se desenvolveram) e o total de sementes abortadas (número de óvulos não desenvolvidos). As sementes foram identificadas como abortadas quando apresentavam tamanho inferior e/ou coloração diferenciada das demais sementes. Das sementes abortadas, anotou-se a sua posição no fruto, sendo a primeira posição àquela com a semente mais próxima ao pedicelo (posição basal), a posição intermediária (mediana) entre a basal e a apical e a última posição àquela com a semente mais próxima ao estigma (posição apical) (RICCI, 2017). Para verificar se houve distinção entre o número de frutos formados entre os diferentes tipos de polinizadores, foi aplicado o teste estatístico chi-quadrado ( $\chi^2$ ) e para verificar se houve distinção entre o número de sementes formadas em flores visitadas por beija-flores e abelhas foi utilizado o teste de Análise de Variância (ANOVA), por meio do software de análises estatísticas R® versão 4.1.2 (R CORE TEAM, 2021).

A escolha dos grupos ocorreu devido às observações dos visitantes florais, em *B. variegata*, em que abelhas de grande porte (mamangavas) e abelhas de pequeno porte sem ferrão (abelhas indígenas), apresentaram elevado número de visitas, assim como os beija-flores da Família Trochilidae (cf. Figuras 2A-D). Insetos da Ordem Lepidoptera (borboletas) apresentaram número de visitas inferior em relação aos dois outros grupos, com apenas duas visitas, e assim não foram considerados na amostragem deste estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de visitas no período da manhã (06h00 às 12h00) foi igual aos diferentes grupos de polinizadores, entre eles abelhas e beija-flores, com 25 visitas para cada tipo de polinizador. Durante o período da tarde (12h00 às 18h30), houve a diminuição do número de visitas a ambos os sistemas de polinização, e os beija-flores realizaram uma visita a mais em relação às abelhas, sendo cinco visitas de beija-flores e quatro visitas de abelhas. Portanto, no período da manhã, ocorreu maior número de visitas, tanto de abelhas como de beija-flores, em relação ao período vespertino (Figura 3). As temperaturas matutinas durante os experimentos mostraram valores menores em comparação às vespertinas, o que poderia favorecer o sistema de polinização por abelhas, em decorrência da ectotermia. No entanto, nossos resultados mostraram que o número de visitas por abelhas coincidiu com os beija-flores durante o período matutino, e teve um número menor de visitas no período vespertino em que as temperaturas foram mais elevadas. Portanto, deveriam ser menos favoráveis aos beija-flores, que são polinizadores endotérmicos e possuem alta demanda energética. Dessa forma, pode-se

salientar que a temperatura não foi um fator limitante à taxa de visitação dos diferentes grupos de animais.

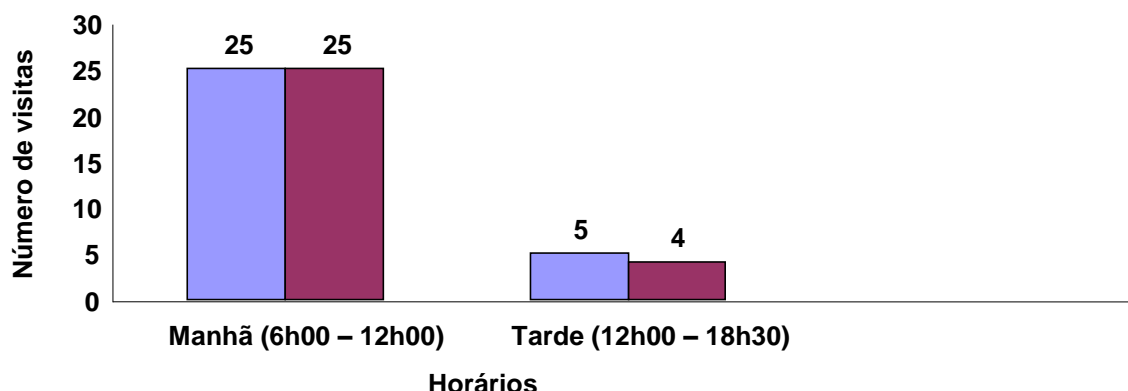


Figura 3. Horários das visitas às flores de *Bauhinia variegata* L., para cada grupo de polinizador. Os períodos de visitas foram divididos em: manhã (06h00 às 12h00) e tarde (12h00 às 18h30). Local de observação: área urbana de Americana, São Paulo, Brasil. Período de observação: durante os períodos matutino e vespertino. Meses/Ano de observação: abril a junho de 2014. Cores das barras da Figura 3 (azul=beija-flores; roxo=abelhas)

Figure 3. Visitation to flowers of *Bauhinia variegata* L., to each pollinator group. The periods were divided into: morning (6 a.m. to noon) and afternoon (noon to 6:30 p.m.). Observation site: urban area of Americana, São Paulo, Brazil. Observation period: during the morning. Months/Year of observation: April to June 2014. Colors of bars in Figure 3 (blue=hummingbirds; purple=bees)

Sobre isso, dois pontos podem ser mencionados: 1) A relação de visitas com o horário da antese de *B. variegata*: Durante o estudo foi observado que as flores desta espécie abrem no início da manhã (06h00), e neste momento possuem grande produção e oferta de recursos florais - néctar para beija-flores e pólen para abelhas - observamos que cada sistema de polinização focou em apenas um recurso floral, situação também evidenciada por Nascimento et al. (2005); 2) A relação da termorregulação corporal dos polinizadores e a temperatura ambiental: Dentre os mecanismos para regulação de temperatura corporal nos animais, destacam-se a ectotermia e a endotermia. Na ectotermia, a temperatura corporal do indivíduo apresenta variação de acordo com a temperatura do ambiente à sua volta. No caso dos animais endotérmicos, existe geração interna de calor, que manterá a temperatura corporal elevada e constante, não dependendo, obrigatoriamente, da temperatura ambiental (REDDY; KAVITHA, 2016; DANTAS, 2020).

Nos animais ectotérmicos, como é o caso das abelhas e outros polinizadores invertebrados, à medida que a temperatura do ambiente se altera, diversos processos metabólicos são afetados, principalmente quanto à velocidade que esses processos são desencadeados. Por outro lado, nos animais endotérmicos, como é o caso de aves e mamíferos polinizadores, alterações na temperatura do ambiente desencadeiam processos metabólicos como forma de compensação (ABRAM et al., 2017). À medida que se eleva a



temperatura, o índice metabólico aumenta, devido às respostas fisiológicas para resfriamento do organismo. Por outro lado, quando a temperatura do ambiente decresce, o metabolismo também se eleva, a fim de produzir calor para a manutenção das funções fisiológicas (GUO et al., 2018). Os animais ectotérmicos também apresentam uma faixa de temperatura em que o crescimento e a reprodução alcançam níveis aceitáveis. Abaixo disso, os processos ficam cada vez mais lentos, devido à velocidade menor das reações metabólicas (GUO et al., 2018; RODRÍGUEZ; WEBER; DARVEAU, 2018).

O fato da ocorrência de maior número de visitas no período matutino não corrobora os resultados obtidos por Nascimento et al. (2005), pois a visitação nas flores de *B. variegata*, ocorreu a partir das 11h00, e durante o período vespertino houve um número maior de visitas e maior riqueza de visitantes florais. Durante as visitas, não houve competição ou partilha de recursos florais entre os diferentes polinizadores, pois buscavam por diferentes recursos florais. Os beija-flores coletaram néctar (demanda energética) e abelhas coletaram pólen (demanda proteica). Cada espécie de planta pode assegurar a polinização utilizando diferentes polinizadores (BARRIONUEVO; BENITEZ-VIEYRA; SAZATORNIL, 2021); floração em diferentes horários ou épocas do ano (RAMÍREZ-AGUIRRE; MARTÉN-RODRÍGUEZ; ORNELAS, 2016); e oferta de diferentes tipos de recursos florais (ALEIXO et al., 2014; IZQUIERDO et al., 2023). Assim, pode-se verificar que *B. variegata* assegura sua polinização oferecendo distintos recursos florais aos seus polinizadores.

### Eficácia dos diferentes tipos de polinizadores

Das 57 flores ensacadas (27 para serem visitadas por abelhas e 30 para beija-flores), 34 formaram frutos (16 desenvolvidos pela visita por abelhas e 18 desenvolvidos pela visita por beija-flores). Assim, não houve diferença significativa na quantidade de frutos formados por abelhas ou beija-flores ( $\chi^2=0,002315$ ; gl=1;  $p<0,01$ ). Esperava-se que o número de frutos formados após a visitação por abelhas fosse maior do que o número de frutos formados após a visitação por beija-flores, pois algumas pesquisas verificaram a partir da análise do comportamento dos visitantes florais, que os polinizadores efetivos de *B. variegata* são as espécies de abelhas *Eulaema (Apeulaema) nigrita* (Lepeletier, 1841) (Abelha-negra) e *Centris (Trachina) fuscata* (Lepeletier, 1841) (Abelha-coletora-de-óleo). Por serem de grande e médio porte, respectivamente, contatam as anteras e o estigma ao saírem da flor após a visitação. As espécies *T. spinipes*, *Paratrigona lineata* (Lepeletier, 1836) (Jataí-da-terra) e *A. mellífera* são considerados polinizadores ocasionais, uma vez que apresentam pequeno porte e tocam as estruturas reprodutivas florais, ocasionalmente. O beija-flor, *E. macroura*, espécie presente em áreas urbanas, é oportunista pelo modo como aborda a flor, se posicionando lateralmente aos órgãos reprodutivos e introduzindo o bico até o nectário na base da corola, sendo que o

contato com as estruturas reprodutivas nem sempre ocorre (NAKAMURA; SOUZA; ARAUJO, 2023).

Sob a perspectiva conservacionista, Guimarães (2006) afirma que é preciso encontrar estratégias, dentro dos núcleos urbanos, que permitam compatibilizar as exigências da vida humana e a necessidades ecológicas de outras espécies. O aumento das áreas verdes viria a causar o aumento nas populações de diferentes grupos de animais se abrigando, nidificando, alimentando e dispersando sementes. Além disso, bairros bem arborizados proporcionam pontos de abrigo e alimentação superiores quando comparados às áreas de pastagem. Quanto às aves, ainda são restritas pesquisas que procuram entender os efeitos da urbanização em comunidades de espécies nativas e a utilização dos recursos disponíveis nas cidades. Um dos fatores que pode contribuir para a conservação de aves nectarívoras é o conhecimento do comportamento alimentar, além dos possíveis fatores que estabelecem este comportamento (ROCCA; SAZIMA, 2013; MARUYAMA et al., 2019; LEIMBERGER et al., 2022).

### Formação e aborto de sementes

O número de sementes desenvolvidas a partir das flores visitadas por beija-flores (55 sementes desenvolvidas de um total de 131 sementes) não foi significativamente diferente do número de sementes desenvolvidas a partir das flores visitadas por abelhas (67 sementes desenvolvidas de um total de 136 sementes) ( $F=4,8655$ ;  $p=0,0347$ ). Este dado sugere que os diferentes grupos de polinizadores avaliados podem apresentar carga polínica semelhante. Em pesquisa realizada em espécimes de *Byrsonima chrysophilla* Kunth. (Malpighiaceae) (Murici-pitanga), em área de restinga, em Barreirinhas, no Maranhão (2° 43' 22,5" S, 42° 49' 50" W), verificou-se que diferentes tipos de abelhas polinizadoras desta espécie de planta também possuíam carga polínica semelhante (RIBEIRO; RÊGO; MACHADO, 2008).

Não houve diferença entre o número de sementes abortadas e desenvolvidas ( $n=267$  sementes,  $n=145$  sementes abortadas e  $n=122$  sementes desenvolvidas) ( $\chi^2=1,981$ ;  $p=0,159$ ;  $p>0,05$ ), mas houve diferença significativa quando comparadas a distribuição das sementes abortadas e desenvolvidas entre as três posições do fruto (basal, mediana e apical) ( $\chi^2=25,702$ ;  $gl=2$ ;  $p<0,01$ ). Na região basal do fruto houve maior número de sementes abortadas (67), seguida da posição mediana (42) e da posição apical (36). Na região basal do fruto desenvolveram-se o menor número de sementes (21), seguida da posição mediana (49) e da posição apical (52).

Em várias famílias de angiospermas as sementes desenvolvidas são formadas a partir de uma pequena proporção de óvulos, dos quais alguns podem não se desenvolver devido à ausência de fertilização e, em outros, que são fertilizados, os embriões são abortados durante o desenvolvimento (embriogênese) (LAUGHLIN et al., 2020). Os abortos seletivos em plantas

são bastante comuns, principalmente pela ocorrência de incompatibilidade genética entre o tecido do gineceu e os tubos polínicos, e a polinização com grãos de pólen de baixa aptidão genética (MAYHEW, 2006), aumentando a probabilidade de aborto embrionário.

A competição deve ser mais intensa em frutos alongados, como as vagens (frutos) das espécies da família Leguminosae, na qual a disposição linear das sementes pode reduzir o fluxo de recursos nutricionais de uma semente à outra (QIU et al., 2022). Além disso, o aborto de sementes ocorreu aleatoriamente em *B. variegata*, e o padrão observado não pode ser explicado pela vantagem na distância de dispersão das sementes, uma vez que *B. variegata* possui frutos indeiscentes (não se abrem espontaneamente quando atingem o amadurecimento) (RÜGER et al., 2018; PAGEL et al., 2020). Outrossim, não foram encontrados animais dispersando sementes durante as observações em campo, nem frutos maduros caídos sobre o solo.

Os resultados com relação à formação de sementes em *B. variegata* indicaram que ocorre um maior número de sementes desenvolvidas na região apical (próximo ao estigma da flor). Se óvulos que estão mais próximos ao estigma forem fertilizados e formarem embriões antes dos demais óvulos, eles terão vantagem na obtenção de recursos em relação aos óvulos que estão distantes do estigma, os quais são abortados devido à falta de recursos para o desenvolvimento das sementes (WALTER et al., 2023).

Outro ponto que influencia é a limitação de pólen depositado no estigma, que pode restringir o número de óvulos que se desenvolvem em sementes, reduzindo o sucesso da fertilização. No entanto, mesmo após a fertilização, o aborto dos embriões pode reduzir substancialmente o número de sementes desenvolvidas (KORBECKA; KLINKHAMER; VRIELING, 2002). A competição por recursos para o desenvolvimento do embrião pode ocorrer, pois a formação de frutos e sementes é um processo dispendioso. Portanto, a função feminina da flor pode adotar mecanismos de aborto que possibilitam o descarte de óvulos não fertilizados ou fertilizados por gametas masculinos com baixa variabilidade genética, e dessa forma, potencializam o uso de recursos fisiológicos à formação de progênie mais aptas ao desenvolvimento (YANG; CAO; SWENSON, 2018; KATTGE et al., 2020; KINLOCK, 2021).

## CONCLUSÕES

Nossas observações identificaram que dentre os visitantes florais mais abundantes estão as espécies de abelhas *T. spinipes* e *A. mellifera* e a espécie de beija-flor *E. macroura*. O número de visitas no período da manhã (06h00 às 12h00) foi igual aos diferentes grupos de polinizadores, entre eles abelhas e beija-flores, com 25 visitas para cada tipo de polinizador.

Durante o período da tarde (12h00 às 18h30), houve uma diminuição do número de visitas a ambos os sistemas de polinização, e os beija-flores realizaram uma visita a mais em relação às abelhas, sendo cinco visitas de beija-flores e quatro visitas de abelhas. Portanto, no período da manhã, ocorreu maior número de visitas, tanto de abelhas como de beija-flores, em relação ao período vespertino. A partir dos dados encontrados foi possível concluir que tanto o sistema de polinização por abelhas como o sistema de polinização por beija-flores são importantes para a formação de frutos e sementes em *B. variegata*. Além disso, demonstrou-se que os recursos maternos são necessários para o desenvolvimento do fruto, mas para o desenvolvimento da semente, nota-se que a proximidade com o estilete e, conseqüentemente, o contato com os primeiros tubos polínicos é mais vantajoso do que estar próximo da base do ovário, onde há maior contato com o recurso materno, pois os grãos de pólen geneticamente melhores produzem tubos polínicos mais rapidamente e fecundam os primeiros óvulos (região apical), enquanto os geneticamente piores são mais lentos e fecundam os últimos (região basal). Desta forma, os abortos seletivos seriam direcionados para a região basal da vagem. Os resultados obtidos na pesquisa demonstram a correlação dos polinizadores e sucesso reprodutivo de *B. variegata*, com a arborização de centros urbanos para fins de manutenção de abrigos e diversificação de fontes de alimento para a entomofauna e avifauna, seja para espécies de hábitos generalistas ou hábitos mais específicos, que habitam áreas de matas nativas que circundam as cidades.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), *Campus* Araras/SP, Brasil.

## REFERÊNCIAS

ABRAM, P. K.; BOIVIN, G.; MOIROUX, J.; BRODEUR, J. Behavioural effects of temperature on ectothermic animals: unifying thermal physiology and behavioural plasticity. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 92, n. 4, p. 1859-1876, 2017.

AGOSTINI, K.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. Recursos florais. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 130-154.

AGOSTINI, K.; SAZIMA, M. Plantas ornamentais e seus recursos para abelhas no campus da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 335-343, 2003.



- ALEIXO, K. P.; FARIA, L. B.; GROppo, M.; NASCIMENTO CASTRO, M. M.; SILVA, C. I. Spatiotemporal distribution of floral resources in a Brazilian city: Implications for the maintenance of pollinators, especially bees. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 13, n. 4, p. 689-696, 2014.
- AMORIM, F. W.; GALETTO, L.; SAZIMA, M. Beyond the pollination syndrome: nectar ecology and the role of diurnal and nocturnal pollinators in the reproductive success of *Inga sessilis* (Fabaceae). **Plant Biology**, Elsenach, v. 15, n. 2, p. 317-327, 2013.
- AZANI, N.; BABINEAU, M.; BAILEY, C. D.; BANKS, H.; BARBOSA, A. R.; PINTO, R. B.; ... CANDIDO, E. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny: The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **Taxon**, Bratislava, v. 66, p. 44-77, 2017.
- BARKER, F. K.; BURNS, K. J.; KLIČKA, J.; LANYON, S. M.; LOVETTE, I. J. Going to extremes: contrasting rates of diversification in a recent radiation of new world passerine birds. **Systematic Biology**, Oxford, v. 62, n. 2, p. 298-320, 2013.
- BARRIONUEVO, C. N.; BENITEZ-VIEYRA, S.; SAZATORNIL, F. Floral biology of *Salvia stachydifolia*, a species visited by bees and birds: connecting sexual phases, nectar dynamics and breeding system to visitors' behaviour. **Journal of Plant Ecology**, Oxford, v. 14, n. 4, p. 580-590, 2021.
- BUZATO, S.; FRANCO, A. L. M. *Tetrastylis ovalis*: a second case of bat-pollinated passion flower (Passifloraceae). **Plant Systematics and Evolution**, Berlim, v. 181, n. 3, p. 261-267, 1992.
- CASTRO-PENA, J. C. DE; DE ASSIS, J. C.; DA SILVA, R. A.; HONDA, L. K.; PAGANI, M. I.; RIBEIRO, M. C. Beyond the mining pit: The academic role in social deliberation for participatory environmental planning. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Ilha do Fundão, v. 15, n. 3, p. 194-198, 2017.
- CORLETT, R. T. Interactions between birds, fruit bats and exotic plants in urban Hong Kong, South China. **Urban Ecology**, Berlim, v. 8, p. 275-283, 2005.
- DANTAS, M. R. T. Thermogenesis in stingless bees: an approach with emphasis on brood's thermal contribution. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoró, v. 4, n. 4, p. 101-108, 2020.
- DEUS, L. C.; TELES-GOMES, I. J. M.; OLIVEIRA, P. E. M. Biologia floral e reprodutiva de *Bauhinia variegata* (Fabaceae, Cercidae). In: IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2009, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: SEB, 2009. p. 3.
- FISCHER, E.; ARAUJO, A. C.; GONÇALVES, F. Polinização por vertebrados. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 311-326.
- FREITAS, L. Concepts of pollinator performance: is a simple approach necessary to achieve a standardized terminology?. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 36, p. 3-8, 2013.
- GUIMARÃES, M. Há mais aves nos grandes centros urbanos hoje? **Ciência & Cultura**, São Paulo, v. 58, n. 2, 2006.

GUO, X.; ZHANG, L.; ZHAO, J.; ZHAO, E.; WEI, Y.; YAN, S. Thermoregulation capacity of honeybee abdomen for adaptability to the ambient temperature. **Journal of Bionic Engineering**, Basileia, v. 15, p. 992-998, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em: 11 nov. 2020.

IZQUIERDO, J. V.; COSTAS, S. M.; CASTILLO, S.; BARANZELLI, M. C.; SAZATORNIL, F.; BENITEZ-VIEYRA, S. Local adaptation to hummingbirds and bees in *Salvia stachydifolia*: insights into pollinator shifts in a Southern Andean sage. **Annals of Botany**, Oxford, p. 1-11, 2023.

KATTGE, J.; BÖNISCH, G.; DÍAZ, S.; LAVOREL, S.; PRENTICE, I. C.; LEADLEY, P.; TAUTENHAHN, S.; WERNER, G. D. A.; AAKALA, T.; ABEDI, M.; ACOSTA, A. T. R.; ADAMIDIS, G. C.; ADAMSON, K.; AIBA, M.; ALBERT, C. H.; ALCÁNTARA, J. M.; ALCÁZAR C. C.; ALEIXO, I.; ALI, H.; ... WIRTH, C. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. **Global Change Biology**, Hoboken, v. 26, n. 1, p. 119-188, 2020.

KINLOCK, N. L. Uncovering structural features that underlie coexistence in an invaded woody plant community with interaction networks at multiple life stages. **Journal of Ecology**, London, v. 109, n. 1, p. 384-398, 2021.

KORBECKA, G.; KLINKHAMER, P. G. L.; VRIELING, K. Selective embryo abortion hypothesis revisited - a molecular approach. **Plant Biology**, Berlim, v. 4, p. 298-310, 2002.

LAUGHLIN, D. C.; GREMER, J. R.; ADLER, P. B.; MITCHELL, R. M.; MOORE, M. M. The net effect of functional traits on fitness. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 35, n. 11, p. 1037-1047, 2020.

LEIMBERGER, K. G.; DALSGAARD, B.; TOBIAS, J. A.; WOLF, C.; BETTS, M. G. The evolution, ecology, and conservation of hummingbirds and their interactions with flowering plants. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 97, n. 3, p. 923-959, 2022.

LPWG - LEGUME PHYLOGENY WORKING GROUP. Legume phylogeny and classification in the 21<sup>st</sup> century: progress, prospects and lessons for other species-rich clades. **Taxon**, Bratislava, v. 62, p. 217-248, 2013.

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.; VIZENTIN-BUGONI, J.; ANJOS, L.; RUI, A. M.; JÚNIOR, O. M. 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**, Amsterdam, v. 230, p. 187-194, 2019.

MAYHEW, P. **Discovering evolutionary ecology – bringing together ecology and evolution**. Oxford: Oxford University Press, 2006. 234p.

MAZZINI, R. B. **Propagação vegetativa e produção de mudas de *Bauhinia* spp.** São Paulo, 2012. 81f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

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**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 51-59, 2005.

NAKAMURA, V. A.; SOUZA, C. S.; ARAUJO, A. C. Mass-flowering native species are key in the structure of an urban plant-hummingbird network. **Urban Ecosystems**, Berlim, p. 1-12, 2023.

PAGEL, J.; TREURNICHT, M.; BOND, W. J.; KRAAIJ, T.; NOTTEBROCK, H.; SCHUTTE-VLOK, A.; ... SCHURR, F. M. Mismatches between demographic niches and geographic distributions are strongest in poorly dispersed and highly persistent plant species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington DC, v. 117, n. 7, p. 3663-3669, 2020.

PINHEIRO, M.; GAGLIANONE, M. C.; NUNES, C. E. P.; SIGRIST, M. R.; SANTOS, I. A. DOS. Polinização por abelhas. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 205-234.

QIU, T.; ANDRUS, R.; ARAVENA, M. C.; ASCOLI, D.; BERGERON, Y.; BERRETTI, R.; ... CLARK, J. S. Limits to reproduction and seed size-number trade-offs that shape forest dominance and future recovery. **Nature Communications**, Berlim, v. 13, n. 1, p. 2381, 2022.

RAMÍREZ-AGUIRRE, E.; MARTÉN-RODRÍGUEZ, S.; ORNELAS, J. F. Floral variation, nectar production, and reproductive success of two *Drymonia* (Gesneriaceae) species with mixed pollination syndromes. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 177, n. 6, p. 469-480, 2016.

RAMOS, F. N.; SANTOS, F. A. M. Floral visitors and pollination of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae): distance from the anthropogenic and natural edges of an Atlantic Forest fragment. **Biotropica**, Gainesville, v. 38, n. 3, p. 383-389, 2006.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>> Acesso em: 10 set. 2021.

RECH, A. R.; AVILA JR, R. S.; SCHLINDWEIN, C. Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 171-182.

REDDY, P. V. R.; KAVITHA, S. J. Thermoregulation in honey bees: mechanism and adaptations. **Current Biotica**, Coimbatore, v. 10, n. 1, p. 89-101, 2016.

RIBEIRO, E. K. M. D.; RÊGO, M. M. C.; MACHADO, I. C. S. Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 22, p. 165-171, 2008.

RICCI, N. A. P. **A influência da morfologia e da biologia floral no sucesso reprodutivo do adubo verde *Crotalaria juncea* L. (Leguminosae, Papilionoideae)**. Araras, 2017. 75f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.

ROCCA, M. A.; SAZIMA, M. Quantity versus quality: identifying the most effective pollinators of the hummingbird-pollinated *Vriesea rodigasiana* (Bromeliaceae). **Plant Systematics and Evolution**, Berlim, v. 299, p. 97-105, 2013.

RODRÍGUEZ, E.; WEBER, J. M.; DARVEAU, C. A. Diversity in membrane composition is associated with variation in thermoregulatory capacity in hymenopterans. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, Amsterdam, v. 224, p. 115-120, 2018.

RÜGER, N.; COMITA, L. S.; CONDIT, R.; PURVES, D.; ROSENBAUM, B.; VISSER, M. D.; ... WIRTH, C. Beyond the fast-slow continuum: demographic dimensions structuring a tropical tree community. **Ecology Letters**, Hoboken, v. 21, n. 7, p. 1075-1084, 2018.

SAMBUGARO-SANTOS, P. DE T.; ROSA, T. A. D. O. A arborização urbana como complemento de fontes alimentares para as aves. **Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar**, Maringá, v. 17, n. 1, p. 9-10, 2013.

SANTOS, I. A. DOS.; AIZEN, M.; SILVA, C. I. DA. Conservação dos polinizadores. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 493-526.

TEIXEIRA, S. P.; PEREIRA, R. A. S.; RANGA, N. T. Components of fecundity and abortion in a tropical tree, *Dahlstedtia pentaphylla* (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, p. 905-913, 2006.

TEIXEIRA, S. DE P.; MARINHO, C. R.; PAULINO, J. V. A flor: aspectos morfofuncionais e evolutivos. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 45-70.

THRELFALL, C. G.; WALKER, K.; WILLIAMS, N. S.; HAHS, A. K.; MATA, L.; STORK, N.; LIVESLEY, S. J.. The conservation value of urban green space habitats for Australian native bee communities. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 187, p. 240-248, 2015.

WALTER, H. E.; PAGEL, J.; COOKSLEY, H.; NEU, A.; SCHLEUNING, M.; SCHURR, F. M. Effects of biotic interactions on plant fecundity depend on spatial and functional structure of communities and time since disturbance. **Journal of Ecology**, London, v. 111, n. 1, p. 110-124, 2023.

YANG, J.; CAO, M.; SWENSON, N. G. Why functional traits do not predict tree demographic rates. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 33, n. 5, p. 326-336, 2018.