



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



**IMPACTO DOS HERBÍVOROS ENDOFÍTICOS NAS FLORES DE ESPÉCIES SIMPÁTRICAS  
DE MALPIGHIACEAE NO CERRADO**

Discente: Isabela Batista Duarte Dourado

Orientadora: Profa. Dra. Helena Maura Torezan Silingardi

Uberlândia - MG

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



**IMPACTO DOS HERBÍVOROS ENDOFÍTICOS NAS FLORES DE ESPÉCIES SIMPÁTRICAS  
DE MALPIGHIACEAE NO CERRADO**

Discente: Isabela Batista Duarte Dourado

Orientadora: Profa. Dra. Helena Maura Torezan Silingardi

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Uberlândia - MG

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- 
- D739i Dourado, Isabela Batista Duarte, 2000-  
2025 Impacto dos herbívoros endofíticos nas flores de espécies simpátricas  
de Malpighiaceae no Cerrado [recurso eletrônico] / Isabela Batista Duarte  
Dourado. - 2025.
- Orientadora: Helena Maura Torezan Silingardi.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.d.2025.5210>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.
1. Biologia. I. Silingardi, Helena Maura Torezan, 1968-, (Orient.). II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em  
Biologia Vegetal. III. Título.

---

CDU: 573

André Carlos Francisco  
Bibliotecário-Documentalista - CRB-6/3408



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

|                                    |   |                 |       |                       |       |
|------------------------------------|---|-----------------|-------|-----------------------|-------|
| Programa de Pós-Graduação em:      | Biologia Vegetal  |                 |       |                       |       |
| Defesa de:                         | Dissertação de Mestrado Acadêmico nº 108/PPGBV  |                 |       |                       |       |
| Data:                              | Trinta de julho de dois mil e vinte e cinco   | Hora de início: | 08:00 | Hora de encerramento: | 11:05 |
| Matrícula do Discente:             | 12322BVE005   |                 |       |                       |       |
| Nome do Discente:                  | Isabela Batista Duarte Dourado  |                 |       |                       |       |
| Título do Trabalho:                | Impacto dos herbívoros endofíticos nas flores de espécies simpátricas de Malpighiaceae no Cerrado |                 |       |                       |       |
| Área de concentração:              | Biologia Vegetal  |                 |       |                       |       |
| Linha de pesquisa:                 | Processos em Biologia Vegetal   |                 |       |                       |       |
| Projeto de Pesquisa de vinculação: | Ecologia da Polinização, Interações Planta-Animal e Conservação de Recursos Florais               |                 |       |                       |       |

Reuniu-se na sala 14 A do Bloco 2D, Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, assim composta: Professoras Doutoras Isamara Mendes Silva (SCTI-BA), Rosana Romero (INBIO/UFU) e Helena Maura Torezan Silingardi (INBIO/UFU) - orientadora da candidata.

Ressalta-se que a professora Isamara Mendes da Silva participou da defesa por meio de Webconferência, de Salvador - BA, enquanto os demais membros da banca e a candidata participaram *in loco*.

Iniciando os trabalhos, a presidente da mesa, a Dra. Helena Maura Torezan Silingardi, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir, a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

## **Agradecimentos**

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de mestrado.

Sou grata à Universidade Federal de Uberlândia, em especial ao Instituto de Biologia – INBIO e ao Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações (LECI), por oferecerem a estrutura necessária para a execução desta pesquisa.

Agradeço imensamente à minha querida orientadora, Professora Helena Maura Torezan Silingardi, por todo o carinho, confiança e parceria. A senhora me ensinou muitas coisas que vão além da Biologia. Desde que cheguei aqui, senti-me acolhida. Sua dedicação ao ensino, marcada por humildade e gentileza, foi fundamental para que eu conseguisse concluir este trabalho.

Agradeço ao Professor Kleber Del-Claro por toda a receptividade. Fui muito bem recebida no laboratório e aprendi muitas coisas com o senhor. Também sou grata pela ótima companhia nas muitas tardes passadas no laboratório. Sinto muito orgulho em fazer parte do LECI.

Meus agradecimentos ao programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, principalmente à Nívia, por todo o suporte. Agradeço também aos professores incríveis de quem tive o privilégio de aprender ao longo dessa jornada.

Quero agradecer também ao Itororó Park Club, por conceder acesso à reserva de Cerrado onde realizei minhas coletas.

Agradeço à Gabriela Fraga por toda a ajuda com as análises estatísticas. Também agradeço por todo o conhecimento que compartilhou comigo nos dias de campo.

Agradeço à Juliele Carvalho por me ensinar tanto sobre as espécies que foram meu objeto de estudo. Também sou grata por todas as manhãs que compartilhamos. Você foi uma companheira de campo incrível. Senti-me muito amparada enquanto conhecia o Cerrado.

Agradeço também ao José Pezzonia por toda a presença e ajuda. Sou grata por ter me apresentado a pessoas e lugares incríveis, que moldaram a minha experiência nessa cidade.

A esses três amigos - Gabriela, Juliele e José -, agradeço também por me estenderem a mão quando eu mais precisei. Sem vocês, meu percurso teria sido muito diferente. Obrigada por tanto.

Quero agradecer ao Pedro Capanema pela confecção do mapa da área de estudo, e por todo o incentivo.

Também agradeço à minha grande amiga, Lara Alves, pelas idas ao campo nas minhas últimas coletas. Além disso, não tenho palavras para expressar o quanto você foi importante durante a reta final desta pesquisa. Em muitos dias, você foi como um farol que me aqueceu e me trouxe estabilidade. Obrigada.

Agradeço à minha família amorosa, especialmente à minha mãe, Rafaela Duarte, que foi a força que me impulsionou a seguir com meus objetivos. Se você não acreditasse tanto em mim, talvez eu não estivesse concluindo essa etapa agora.

À minha irmã, Ana Beatriz, que é o meu sol. Você é o meu centro quando eu me disperso.

Ao meu pai, Jailton Oliveira, que me motivou incondicionalmente.

Agradeço à minha amiga Maisa Rosario, por não permitir que eu recuasse diante do medo de me mudar de cidade. Suas palavras firmes e amorosas foram muito importantes. Sinto sua falta todos os dias.

Por fim, minha gratidão à Fátima, que foi essencial para que eu tivesse coragem de contatar minha orientadora quando me inscrevi no processo seletivo do mestrado.

Dedico este trabalho à Ana Beatriz, minha irmã e melhor amiga. Sua existência é um presente que me motiva a seguir em frente todos os dias.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                 | <b>10</b> |
| <b>2. METODOLOGIA .....</b>                | <b>14</b> |
| <b>2.1. Área de estudo.....</b>            | <b>14</b> |
| <b>2.2. Espécies vegetais .....</b>        | <b>15</b> |
| <b>2.3. Coleta de dados .....</b>          | <b>16</b> |
| <b>2.4. Análise dos dados.....</b>         | <b>17</b> |
| <b>3. RESULTADOS.....</b>                  | <b>18</b> |
| <b>4. DISCUSSÃO .....</b>                  | <b>28</b> |
| <b>5. CONCLUSÃO .....</b>                  | <b>35</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>37</b> |

## RESUMO

Relações entre plantas e animais são mantenedoras da biodiversidade e estão sujeitas às condições presentes no ambiente. Plantas concedem abrigo e alimento para animais, enquanto estes podem fornecer serviços como a polinização, especialmente os insetos. Porém, entre os visitantes da flor há muitas espécies que não polinizam, mas consomem tecidos reprodutivos. Um exemplo comum são os herbívoros endofíticos que permanecem ocultos dentro de botões florais em desenvolvimento, com alimento garantido para seu desenvolvimento enquanto recebem abrigo e proteção da planta contra a maioria de seus inimigos naturais. O objetivo geral deste trabalho é determinar a quantidade e a identidade de herbívoros endofíticos em botões florais, e investigar se há migração deles entre espécies da mesma família ao longo do ano. Para isso utilizamos um total de 90 plantas distribuídas igualmente em seis espécies nativas e comuns da família Malpighiaceae no Cerrado: *Banisteriopsis campestris*, *B. laevifolia*, *B. malifolia*, *Byrsonima intermedia*, *Heteropterys pteropetala*, e *Peixotoa tomentosa*. Cada espécie teve 300 botões florais na pré-antese coletados a partir de 15 plantas, e levados para o laboratório onde foram examinados na lupa em busca de herbívoros internos e de parasitoides associados. As três espécies do gênero *Banisteriopsis* apresentam a maior quantidade de herbívoros endofíticos, com destaque para *B. campestris* e *B. malifolia*. A maioria do dano ocorreu em estruturas férteis, especialmente nas anteras. Os principais herbívoros adultos obtidos foram coleópteros do gênero *Anthonomus* (Curculionidae) que infestaram as três espécies de *Banisteriopsis* e *H. pteropetala*, ocupando seus botões florais sequencialmente ao longo do ano. Larvas de lepidópteros também foram encontradas, mas em menor quantidade e apenas em *B. campestris* e *P. tomentosa*. As fêmeas de herbívoros endofíticos ovipositaron nos botões florais, onde as larvas danificaram principalmente os tecidos reprodutivos antes do amadurecimento das inflorescências, desperdiçando os recursos investidos pela planta e levando ao aborto do botão. Quatro espécies de himenópteros parasitoides associados aos herbívoros foram encontradas sempre em baixa densidade, exceto em *H. pteropetala*, onde não foram observados. Consequentemente, ainda que presentes os parasitoides foram pouco eficientes em controlar as populações de herbívoros endofíticos. Consideramos que os danos causados pela herbivoria endofítica representam um fator natural que impacta negativamente a reprodução de plantas da família Malpighiaceae, já que a aptidão reprodutiva é diretamente afetada pela perda de gametas e pelo decréscimo na atratividade visual das inflorescências.

**Palavras-chave:** Botão floral; Curculionidae; herbivoria; herbívoro endofítico; frutificação; parasitoide.

## ABSTRACT

Plant-animal interactions play a key role in maintaining biodiversity and are influenced by environmental conditions. Plants provide shelter and food resources to animals, which in turn may offer ecosystem services such as pollination, particularly by insects. However, among floral visitors, many species do not contribute to pollination and instead consume reproductive tissues. A common example includes endophytic herbivores, which remain concealed within developing floral buds, with guaranteed food for their development while receiving shelter and protection against most of their natural enemies. The main objective of this study was to determine the abundance and identity of endophytic herbivores in floral buds, and to investigate whether these herbivores migrate between species within the same plant family throughout the year. We examined 90 individuals from six native and common species of the Malpighiaceae family in the Brazilian Savannah: *Banisteriopsis campestris*, *B. laevifolia*, *B. malifolia*, *Byrsonima intermedia*, *Heteropterys pteropetala*, and *Peixotoa tomentosa*. Each species had 300 floral buds at the pre-anthesis phase collected from 15 plants. In the laboratory they were examined under a stereomicroscope for internal herbivores and associated parasitoids. The three *Banisteriopsis* species had the highest abundance of endophytic herbivores, particularly *B. campestris* and *B. malifolia*. The main adult herbivores were beetles from four species of the genus *Anthonomus* (Curculionidae), which infested the three *Banisteriopsis* species and *H. pteropetala*, sequentially occupying their floral buds throughout the year. Lepidopteran larvae were also found, although in lower abundance and only in *B. campestris* and *P. tomentosa*. Female endophytic herbivores oviposited in flower buds, where the larvae mainly damaged fertile structures, especially the anthers. As the larvae damage in the reproductive tissues occurred prior to inflorescence maturation, the resources invested by the plant were wasted and resulted in floral bud abortion. Four species of parasitoid Hymenopterans associated with the herbivores were identified, and always in low density, except in *H. pteropetala* where no parasitoids were observed. Consequently, although present the parasitoids were largely ineffective in controlling endophytic herbivore populations. We conclude that the damage caused by endophytic herbivory represents a natural factor that negatively impacts the reproduction of Malpighiaceae species, as reproductive fitness is directly affected by gamete loss and the decreased visual attractiveness of the inflorescences.

**Keywords:** Flower bud; Curculionidae; endophytic herbivore; herbivory; fruit production; Parasitoid.

## 1. INTRODUÇÃO

As comunidades vegetais formam a base das cadeias tróficas e são capazes de fornecer os recursos necessários para manter as populações animais ali presentes (Santos et al. 2010). Relações interespecíficas apresentam variações ao longo do tempo, sejam elas entre espécies vegetais (Galdiano et al. 2023) ou entre espécies vegetais e animais (Assunção et al. 2014; Barônio & Torezan-Silingardi 2017). Isso ocorre principalmente devido às alterações ambientais que podem restringir ou ampliar as condições necessárias para o desenvolvimento de cada espécie num dado tempo e local (Vilela et al. 2017). As interações entre plantas e animais são fundamentais para a manutenção dos ecossistemas naturais, atuando como mantenedoras da biodiversidade interativa (Thompson 1997; Mello & Silva-Filho 2002). Por exemplo, herbívoros utilizam as plantas como fonte de alimento, abrigo, e até como sítio reprodutivo (Kariñho-Betancourt 2018). Alguns desses herbívoros podem exibir comportamentos mutualistas, como a polinização e a dispersão de sementes (Howe & Smallwood 1982; Ortega-González et al. 2022). Entretanto, a herbivoria é reconhecida principalmente como uma interação antagônica que pode comprometer o crescimento e a reprodução vegetal (Hendrix 1998; Mello & Silva-Filho 2002; Ortiz et al. 2023).

Estima-se que existam aproximadamente 376.000 espécies vegetais vasculares, e dentre elas cerca de 355.000 pertencem às angiospermas (Qian et al. 2022). Plantas se reproduzem por meio de flores, que são a estrutura responsável pelo desenvolvimento das sementes e dos frutos, mantendo a viabilidade das populações vegetais ao servir de base principal para renovar e sustentar seus indivíduos (Friis et al. 2006; Torezan-Silingardi et al. 2021). Diferentes fatores podem interferir na frutificação por limitar a quantidade de recursos para o desenvolvimento da planta, como a deficiência de minerais no solo e o estresse hídrico (Bledsoe & Harris 1950; Alomari-Mheidat et al. 2023). Mas mesmo plantas sadias e bem nutritas podem ter sua reprodução limitada devido às interações interespecíficas, como a herbivoria (Ferreira & Torezan-Silingardi 2013; Haas & Lortie 2020). A maioria dos estudos sobre interações planta-herbívoro evidencia a herbivoria foliar, ainda que outras estruturas, como as inflorescências, também sejam atacadas (Nakano et al. 2020).

A herbivoria floral ou florivoria ocorre quando herbívoros danificam as estruturas de botões e/ou flores, o que pode implicar em consequências negativas à reprodução vegetal (Mothershead & Marquis 2000; Canela & Sazima 2003; McCall & Irwin 2006; Ortiz et al. 2023). Isso ocorre, pois, as flores danificadas perderão os órgãos produtores de gametas e/ou

as estruturas responsáveis pela atratividade visual e olfativa, consequentemente a alteração na sua forma levará à diminuição da visitação de polinizadores e à queda na frutificação (Knight et al. 2005; Martins et al. 2020). A baixa visitação de polinizadores reduz a probabilidade de que o pólen sobrevivente à herbivoria consiga alcançar um estigma receptivo (Ferreira & Torezan-Silingardi 2013). Para cada grão de pólen consumido por animais que não polinizam, muitos outros podem ser desperdiçados ao não serem coletados de anteras danificadas por herbívoros (Krupnick & Weis 1999). Além disso, botões danificados podem ser abortados antes da antese como uma estratégia para mitigar a perda de recursos, reduzindo o sucesso reprodutivo vegetal (McIntosh, 2002; Piña et al. 2010). Deste modo, a florivoria de botões resulta na redução da quantidade de flores íntegras abertas, consequentemente diminuindo a interação mutualista animal-flor (Boaventura et al. 2022).

Mesmo em um ambiente natural com predadores presentes, herbívoros são capazes de danificar as plantas, incluindo flores e botões (Paz et al. 2023). Os predadores mais abundantes são as formigas, seguidas pelas vespas e aranhas (Raw 1998; Kaminsk et al. 2009; Oliveira-Dias & Stefani 2024). A captura e predação de herbívoros exofíticos é a mais conhecida pois estão expostos na planta (Aukema & Raffa 2002). No entanto, os herbívoros endofíticos, aqueles que se alimentam no interior das estruturas vegetais, dificilmente são encontrados por predadores e podem causar danos significativos a botões florais (Torezan-Silingardi 2011; Alves-Silva et al. 2014; Mendes-Silva et al. 2021, 2022, 2023). Isso ocorre porque a visita da fêmea para a oviposição é muito rápida, facilitando a evitação dos predadores. Posteriormente, o desenvolvimento da fase juvenil ocorre de forma protegida no interior da planta, tornando a larva ou pupa da espécie herbívora inacessível para a maioria dos predadores. Ao desenvolver-se dentro do botão floral, o herbívooro se alimenta de estruturas reprodutivas e estruturas de atração, saqueando os recursos disponíveis para a atração dos polinizadores e a consequente frutificação (Krupnick e Weis 1999; Souza et al. 2020).

O herbívooro capaz de consumir uma determinada planta possivelmente será também encontrado em plantas filogeneticamente parentadas no mesmo tempo e na mesma área geográfica, pois há semelhanças entre os compostos secundários produzidos entre as espécies da mesma família, especialmente entre espécies do mesmo gênero (Mendes-Silva et al. 2021, 2022, 2023). Parte desses compostos são observados nas mesmas estruturas das diferentes espécies congenéricas e podem apresentar função de defesa, como os alcaloides, capazes de desestimular sua ingestão pelos animais (Adler et al. 2001). Em Solanaceae, por exemplo, alcaloides tropânicos ocorrem em três gêneros distintos da mesma família (Griffin & Lin 2000).

Desse modo, plantas filogeneticamente próximas podem responder ao ataque de herbívoros de forma semelhante (Lev-Yadun 2021). Portanto, compostos secundários atuam como mediadores da interação biótica ao desestimular ou mesmo repelir determinados grupos de herbívoros (Kariñho-Betancourt 2018). Em contrapartida, alguns grupos de insetos conseguiram desenvolver adaptações que lhes permitem superar os efeitos dos compostos de defesa, e assim a herbivoria acontece (Varanda et al. 2005; Nakano et al. 2020).

Como plantas filogeneticamente próximas podem apresentar os mesmos herbívoros, uma infestação em espécies nativas pode contaminar plantações próximas da mesma família ou gênero, causando problemas em áreas cultivadas comercialmente (Cirtwill et al. 2020). Assim o estudo de insetos herbívoros nas áreas naturais pode indicar também a possibilidade de infestações em variedades usadas em fazendas próximas, especialmente se elas forem filogeneticamente semelhantes. Dessa forma, se torna interessante estabelecer se herbívoros florais são capazes de migrar entre espécies parentadas.

Por exemplo, a família Malpighiaceae tem 592 espécies no território brasileiro, com cerca de 240 no Cerrado, sendo 96 consideradas espécies endêmicas (Flora e Funga do Brasil 2024). As flores pertencentes à família Malpighiaceae apresentam uma notável uniformidade em sua morfologia. Suas espécies neotropicais exibem uma síndrome floral marcante, pela presença de glândulas produtoras de óleo nas sépalas. As flores são bissexuadas, com simetria zigomórfica e cinco pétalas unguiculadas, sendo uma delas notavelmente diferenciada pela sua rigidez, espessura, tamanho e coloração (Anderson 1990). Esta pétala diferenciada serve como ponto de sustentação para as abelhas durante o processo de coleta de óleo (Vogel 1990; Gotelli et al. 2023). Além das espécies silvestres há várias de uso comercial, como a acerola (*Malpighia glabra* L., Malpighiaceae), cujo cultivo pode ser feito em 55,8% do estado de Minas Gerais devido às temperaturas favoráveis e sem necessidade de irrigação artificial (Souza et al. 2006). Várias espécies de Malpighiaceae presentes em áreas naturais do mesmo estado apresentam herbívoros nas estruturas reprodutivas (Torezan-Silingardi 2011; Alves-Silva et al. 2014; Mendes-Silva et al. 2021, 2022, 2023). No entanto, ainda não se sabe se esses herbívoros florais são capazes de migrar entre espécies filogeneticamente próximas. Assim, o **objetivo geral** deste estudo foi investigar a possível presença e migração de herbívoros endofíticos em botões florais de espécies da família Malpighiaceae, no cerrado. Para tanto, definimos os seguintes objetivos específicos, suas hipóteses, análises e indicamos a apresentação de resultados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Objetivos específicos e suas correspondentes hipóteses, metodologia para análise, e os resultados obtidos.

| Objetivo específico  | Hipótese  | Resultado                        |
|--|---|----------------------------------|
| 1. Comparar as taxas de herbivoria interna nos botões florais entre as seis espécies observadas  | H1. As taxas serão semelhantes entre as espécies, principalmente nas congenéricas   | Figuras 4 e 5<br>Tabela 2        |
| 2. Determinar quais são as estruturas mais consumidas pelos herbívoros endofíticos   | H2. As estruturas reprodutivas masculinas e femininas serão as mais danificadas e de forma conjunta em todas as espécies          | Figura 6 e 7<br>Tabela 2         |
| 3. Observar se há parasitoides associados às fases juvenis dos herbívoros endofíticos  | H3. Haverá parasitoides em todas as espécies vegetais<br>H4. Os parasitoides serão encontrados em baixa densidade                 | Figura 8, 9, 10 e 11<br>Tabela 2 |
| 4. Determinar a identidade do inseto causador do dano endofítico nos botões  | H5. A maioria dos herbívoros endofíticos pertencerá à ordem Coleoptera  | Figura 12, 13 e 14               |
| 5. Investigar se as diferentes espécies de herbívoros endofíticos utilizam a floração sequencial da família Malpighiaceae para infestar botões sequencialmente | H6. Os herbívoros endofíticos serão encontrados nos botões florais das várias espécies da família, seguindo a floração sequencial | Figura 15                        |

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de estudo

As observações e coletas de dados foram feitas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Pak Club de Uberlândia, estado de Minas Gerais, de janeiro de 2024 até fevereiro de 2025. A reserva tem área de 640 hectares e fica a 5 km do centro da cidade de Uberlândia ( $18^{\circ}59'S$ ,  $48^{\circ}18'W$ ) (Bacci et al. 2016). Apresenta fitofisionomias típicas do ambiente de Cerrado, como vereda, campo limpo, campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão (Appolinario & Schiavini 2002; Araújo et al. 2002) (Figura 1). Foi proposta a criação de uma unidade de conservação na área da reserva, transformando-o em uma Reserva Particular de Patrimônio Natural (IBAMA 1992), mas isso não aconteceu pois o pedido foi revogado (IBAMA 2000) já que o termo de compromisso não foi averbado (IBAMA 1996). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo AW, com duas estações bem demarcadas: uma estação seca de abril a setembro e uma estação chuvosa de outubro a março (Alvares et al. 2013; Silva et al. 2021; Alves-de-Lima et al. 2023). A região possui altitude média de 865 metros, com temperatura média anual de  $22^{\circ}C$ , e precipitação de até 1600 mm (Petrucci & Oliveira 2019). A reserva passou por dois eventos graves, uma geada em julho/2021 seguida por um grande incêndio em setembro do mesmo ano, que devastaram toda a área. A vegetação vem se recompondo e a fauna retornou para a área (Porto et al. 2023). Todas as plantas observadas ocorrem no cerrado *sensu stricto*.

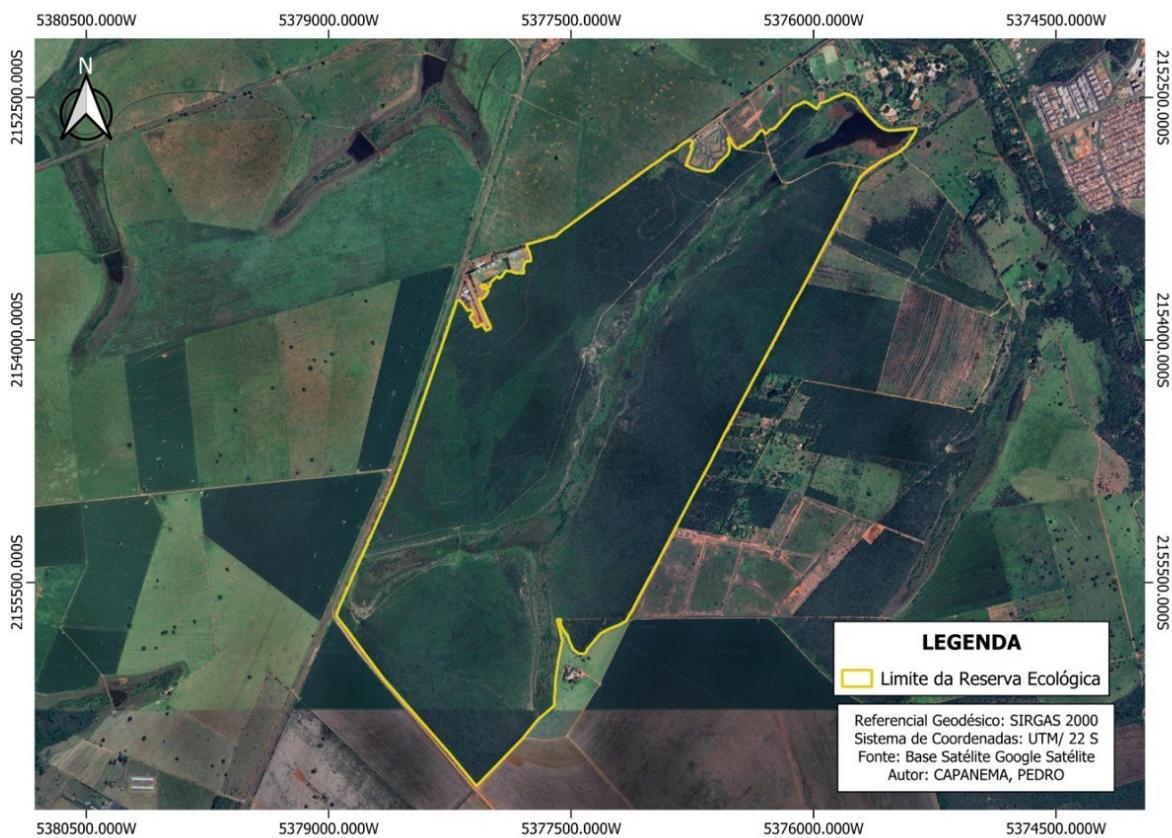


Figura 1. Fragmento vegetacional do Itororó Park Club de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, demarcada em amarelo (Imagen obtida pelo Google Earth e modificada com o programa QGIS, 16/06/2025).

## 2.2. Espécies estudadas

Foram selecionadas seis espécies arbustivas da família Malpighiaceae, *Banisteriopsis campestris* (A. Juss.) Little, *B. laevifolia* (A. Juss.) B. Gates, *B. malifolia* (Nees & Mart.) B. Gates, *Byrsonima intermedia* A. Juss, *Heteropterys pteropetala* A. Juss., e *Peixotoa tomentosa* A. Juss. (Figura 2). *Banisteriopsis malifolia* apresenta flores róseas, assim como *B. campestris* e *H. pteropetala*. As flores de *B. leavifolia*, *B. intermedia* e *P. tomentosa* são amarelas. Durante o desenvolvimento dos botões florais, as sépalas envolvem completamente as pétalas, encobrindo-as e oferecendo proteção. Quando o botão está em pré-antese, as pétalas tornam-se conspícuas e visíveis na porção superior (Almeida et al. 2016). A identificação das espécies analisadas foi confirmada por meio da comparação com exsiccatas previamente depositados no Herbarium Uberlandense (HUFU). Os exemplares equivalentes foram coletados por H. M.

Torezan-Silingardi (*Banisteriopsis campestris*, HUFU 47531; *B. malifolia*, HUFU 47526; *Byrsonima intermedia*, HUFU 57768; *Heteropterys pteropetala*, HUFU 47525; *Peixotoa tomentosa*, HUFU 47534) e por E. A. Silva (*Banisteriopsis laevifolia*, HUFU 67719).

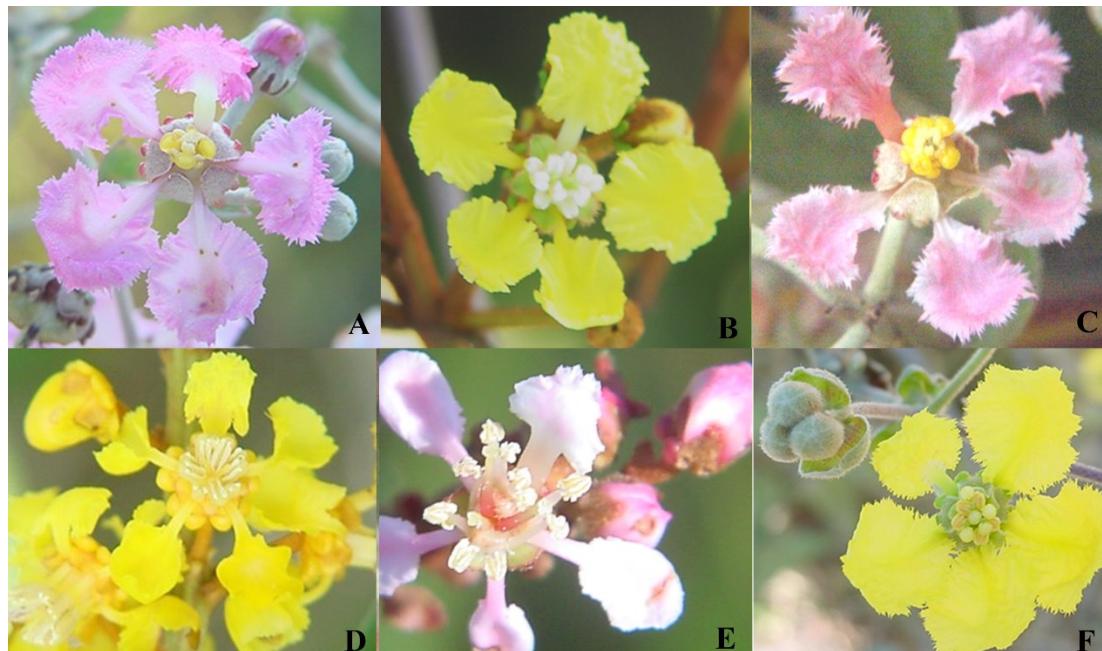


Figura 2. Flores e botões das espécies investigadas na reserva ecológica do Itororó Park Club em Uberlândia. *Banisteriopsis campestris* (A), *B. laevifolia*. (B), *B. malifolia* (C), *Byrsonima intermedia* (D), *Heteropterys pteropetala* (E), e *Peixotoa tomentosa* (F).

### 2.3. Coleta de dados

Cada espécie teve indivíduos adultos e sadios ( $N=15$ ) marcados. Em cada uma delas foram coletados 20 botões florais em pré-antese, totalizando 300 botões por espécie. Cada planta distou pelo menos cinco metros de outra da mesma espécie para evitarmos o risco de brotações secundárias do mesmo indivíduo a partir do sistema radicular após a queimada. Posteriormente, os botões florais foram acondicionados em recipientes plásticos tampados. A presença de herbívoros endofíticos e seus parasitoides nos botões florais foi avaliada até 24 horas após a coleta, utilizando um estereomicroscópio Nikon® SMZ 745T, no Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia. Primeiramente, o exterior de cada botão foi observado à procura de um possível orifício de entrada do ovipositor da fêmea. A seguir, o botão foi aberto cuidadosamente à procura de insetos. Imagens foram feitas para mostrar as características distintas entre os insetos

encontrados e tipo de dano. O número de botões íntegros e danificados entre as espécies foram contabilizadas, e o tipo de dano observado foi registrado, a fim de constatar o tipo de dano ocorrente em cada espécie.

Para identificar as espécies de herbívoros endofíticos e de seus parasitoides, acomodamos as inflorescências infestadas em recipientes plásticos tampados, os quais foram vistoriados continuamente até que as larvas completassem seu desenvolvimento (Figura 3). Os adultos obtidos foram identificados inicialmente com a ajuda de chaves taxonômicas e, em seguida, foram encaminhados para especialistas para chegar ao menor nível taxonômico possível.

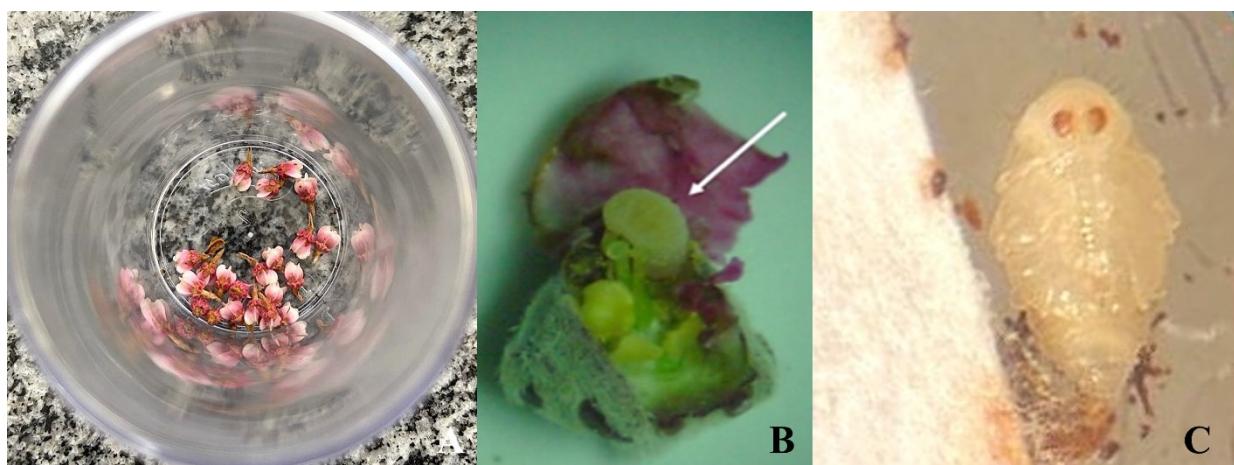


Figura 3. Obtenção de insetos adultos. Botões recém-colhidos de *Heteropterys pteropetala* dentro de frasco no laboratório (A); botão floral aberto de *Banisteriopsis campestris* com larva indicada pela seta (B); herbívoro endofítico na fase de pupa se desenvolvendo no laboratório (C).

#### 2.4. Análise dos dados

Para avaliar diferenças na riqueza e abundância de herbívoros e na riqueza de parasitoides entre as espécies analisadas, usamos Modelos Lineares Generalizados (GLM) com distribuição binomial negativa devido à superdispersão dos dados. As suposições de normalidade e homocedasticidade foram examinadas usando um pacote DHARMA do programa R. As variáveis dependentes foram a riqueza e abundância de herbívoros, enquanto as variáveis preditoras foram as espécies escolhidas para o estudo. Para a riqueza de

parasitoides, a variável dependente foi sua riqueza e as preditoras foram as espécies de plantas. Foram diferenças entre os valores foram consideradas significativas quando  $p \leq 0,05$ .

### 3. RESULTADOS

Nossas observações identificaram a presença de herbívoros endofíticos em botões florais das seis espécies de Malpighiaceae. A primeira hipótese foi parcialmente confirmada, pois todas as espécies tiveram parte de seus botões florais utilizados para o desenvolvimento dos herbívoros endofíticos. A abundância de herbívoros entre as espécies apresentou diferença significativa ( $\chi^2 = 31,465$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 4), mas a riqueza de herbívoros não ( $\chi^2 = 9,175$ ;  $df = 5$ ;  $p = 0,102$ ) (Figura 5). Conforme esperado, as maiores taxas observadas ocorreram em plantas do mesmo gênero (*Banisteriopsis*), especialmente em *B. campestris* (23,33%), seguida por *B. malifolia* (20,66%), *B. laevifolia* (14,33%), *H. pteropetala* (11,66%), *B. intermedia* (11,33%), e finalmente *P. tomentosa* (8,33%) (Tabela 2).

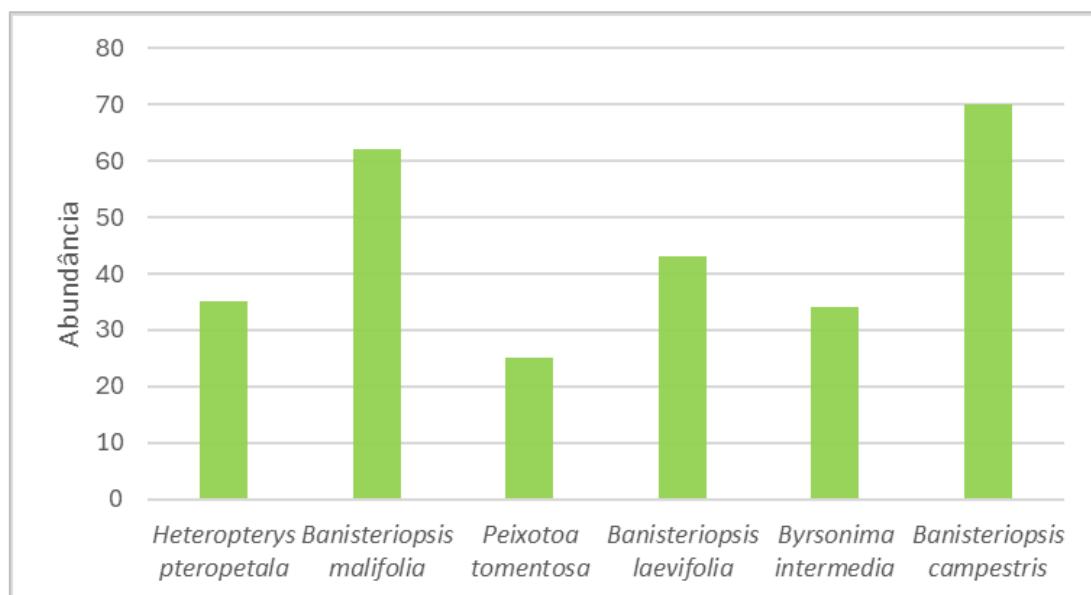


Figura 4. Abundância de herbívoros registrada nos botões florais das seis espécies de Malpighiaceae estudadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club em 2024.

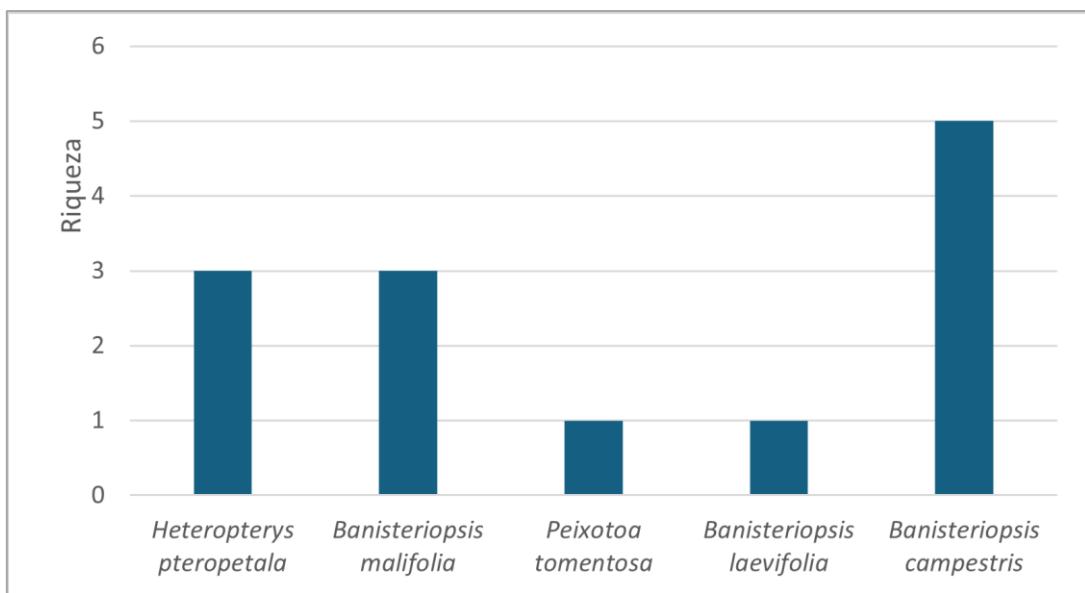


Figura 5. Riqueza de herbívoros obtida após o desenvolvimento no laboratório em cinco das seis espécies de Malpighiaceae coletadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club em 2024.

Tabela 2. Infestação interna nos botões florais das espécies de Malpighiaceae em 2024 pela ordem de florescimento no campo.

| Espécie                          | Primeira coleta | Plantas infestadas         |                            | Botões infestados por herbívoros endofíticos |                             |                            |  |   | Botões infestados por parasitóides   |   |
|----------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|--|-----------------------------|----------------------------|--|---|--------------------------------------|---|
|                                  |                 | Total/com dano externo (%) | Total/com dano interno (%) | Total observado/com dano (%)                 | Dano apenas no androceu (%) | Dano apenas no gineceu (%) | Dano em ambas as estruturas reprodutivas (%) | Total de morfotipos animais encontrados | Total observado/com parasitóides (%) | Total de morfotipos animais encontrados |
| <i>Heteropterys pteropetala</i>  | 22/1            | 15/11 (73,33%)             | 15/12 (80%)                | 300/35 (11,66%)                              | 22,85%                      | 2,85%                      | 74,28%                                       | 3                                       | 300/0 (0%)                           | 0                                       |
| <i>Banisteriopsis malifolia</i>  | 27/3            | 15/11 (73,33%)             | 15/15 (100%)               | 300/62 (20,66%)                              | 27,41%                      | 12,90%                     | 59,67%                                       | 3                                       | 300/6 (2%)                           | 3                                       |
| <i>Peixotoa tomentosa</i>        | 12/6            | 15/4 (26,67%)              | 15/13 (86,66%)             | 300/25 (8,33%)                               | 60%                         | 12%                        | 28%  | 1                                       | 300/1 (0,33%)                        | 1                                       |
| <i>Banisteriopsis laevifolia</i> | 09/8            | 15/10 (66,67%)             | 15/13 (86,66%)             | 300/43 (14,33%)                              | 53,48%                      | 11,62%                     | 34,88%                                       | 1                                       | 300/1 (0,33%)                        | 1                                       |
| <i>Byrsonima intermedia</i>      | 06/11           | 15/9 (60%)                 | 15/11 (73,33%)             | 300/34 (11,33%)                              | 47,05%                      | 35,29%                     | 17,64%                                       | 0                                       | 300/7 (2,33%)                        | 3                                       |
| <i>Banisteriopsis campestris</i> | 11/12           | 15/11 (73,33%)             | 15/13 (86,66%)             | 300/70 (23,33%)                              | 51,42%                      | 7,14%                      | 41,42%                                       | 4                                       | 300/5 (1,67%)                        | 1                                       |

A segunda hipótese também foi confirmada, pois os herbívoros endofíticos foram encontrados danificando principalmente as estruturas reprodutivas. O dano foi realizado inicialmente nos verticilos reprodutivos, com maior quantidade no androceu do que no gineceu, e posteriormente nos verticilos estéreis, sendo as pétalas mais consumidas que as sépalas (Figura 6). As estruturas do androceu e do gineceu sofreram danos de forma conjunta em todas as espécies (Tabela 2), e em maior proporção do que as pétalas, que muitas vezes eram consumidas apenas parcialmente, recobrindo o interior do botão e escondendo o inseto em desenvolvimento. Proporcionalmente, as sépalas sofreram menos dano entre todas as estruturas dos botões infestados no laboratório, sendo consumidas apenas por larvas de lepidópteros. *Byrsonima intermedia* foi a única espécie a apresentar botões infestados com a formação característica de galhas no ovário (20,58%) e nas anteras (8,82%) (Figura 7).

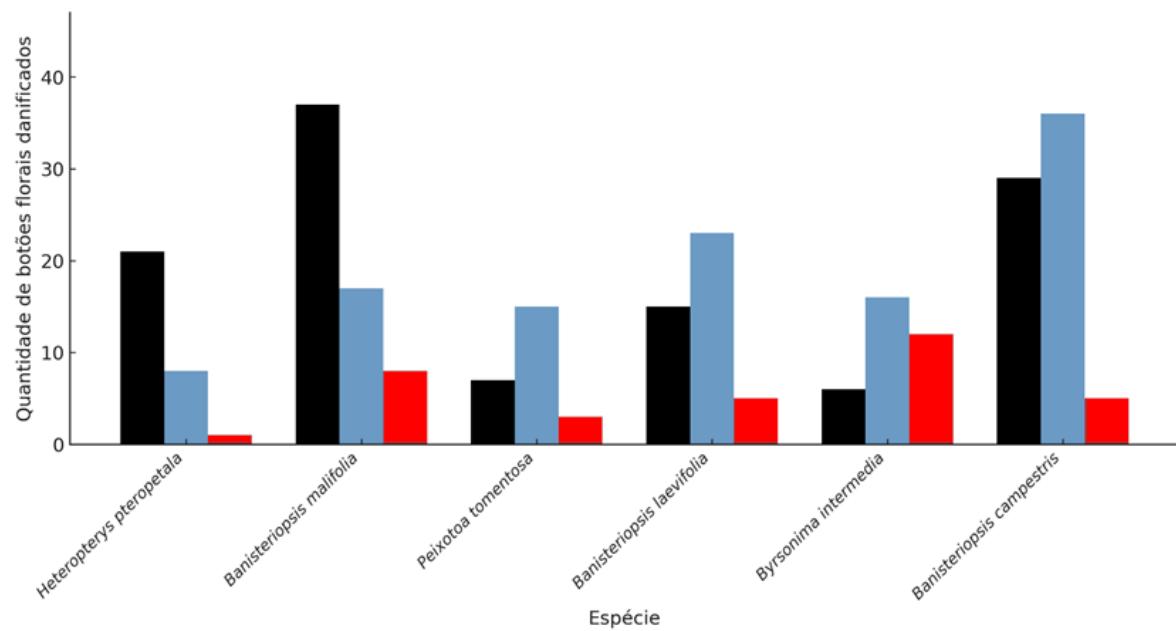


Figura 6. Herbivoria interna nos botões florais recém-colhidos nas seis espécies de Malpighiaceae no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club em 2024. Herbivoria simultânea no androceu e gineceu (preto), herbivoria apenas no androceu (azul), e apenas no gineceu (vermelho).

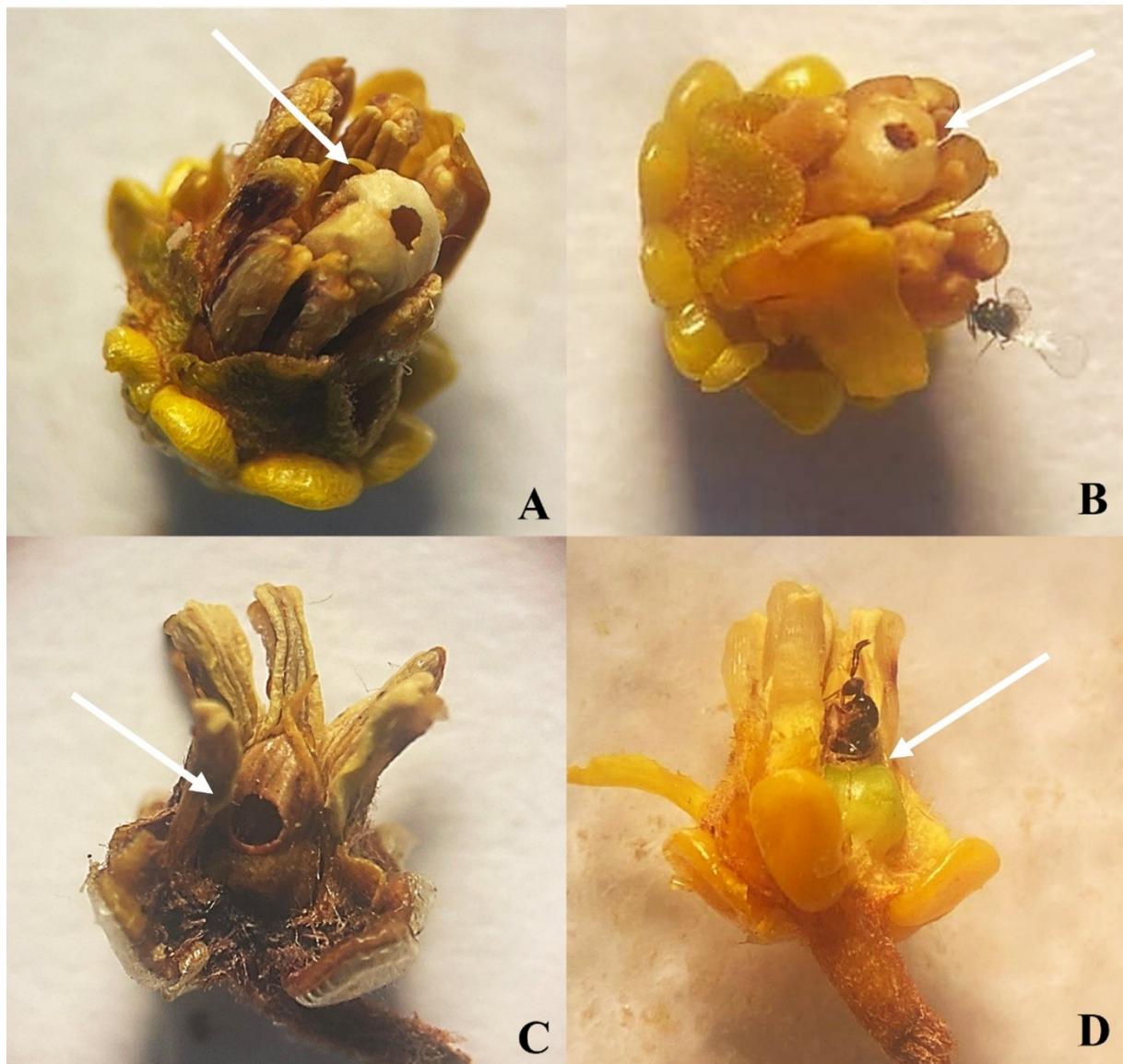


Figura 7. Botões florais de *Byrsonima intermedia* com a presença de galhas (indicadas pelas setas) coletados no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club em 2024. Galha na antera (A); parasitoide adulto recém emergido da antera (B); galha no ovário (C); parasitoide adulto emergindo do ovário (D).

As hipóteses 3 e 4 foram confirmadas. Encontramos parasitoides associados às formas juvenis dos herbívoros endofíticos em cinco das seis espécies, apenas *H. pteropetala* foi exceção, e sempre em baixa densidade (Tabela 2, Figuras 8 e 9). Observamos no interior de alguns botões florais a presença simultânea de duas larvas morfologicamente diferentes, a maior delas permanecia imobilizada (hospedeira) enquanto a menor (parasitoide) se movimentava parcialmente inserida na maior, por vezes na regiãocefálica (Figura 8). Nas ocasiões em que notamos a presença de duas larvas distintas, apenas uma delas completou seu desenvolvimento,

revelando-se sempre como uma vespa parasitoide (Hymenoptera). Identificamos quatro morfotipos de vespas (Figuras 9 e 10) nas cinco espécies. O morfotipo sp. 2 foi o mais frequente, ocorrendo em quatro das cinco espécies, dois morfotipos (sp. 1 e sp. 3) ocorreram em duas espécies, seguido do quarto morfotipo (sp. 4) que ocorreu em apenas uma espécie. Não houve diferença estatística significativa na riqueza de parasitoides entre as espécies de plantas estudadas (GLM:  $\chi^2 = 5,885$ ; df = 5; p = 0,318) (Figura 11).



Figura 8. Parasitoide inserido parcialmente na porção anterior da larva hospedeira (indicado pela seta), no interior do botão de *Banisteriopsis malifolia* no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club, em 2024.

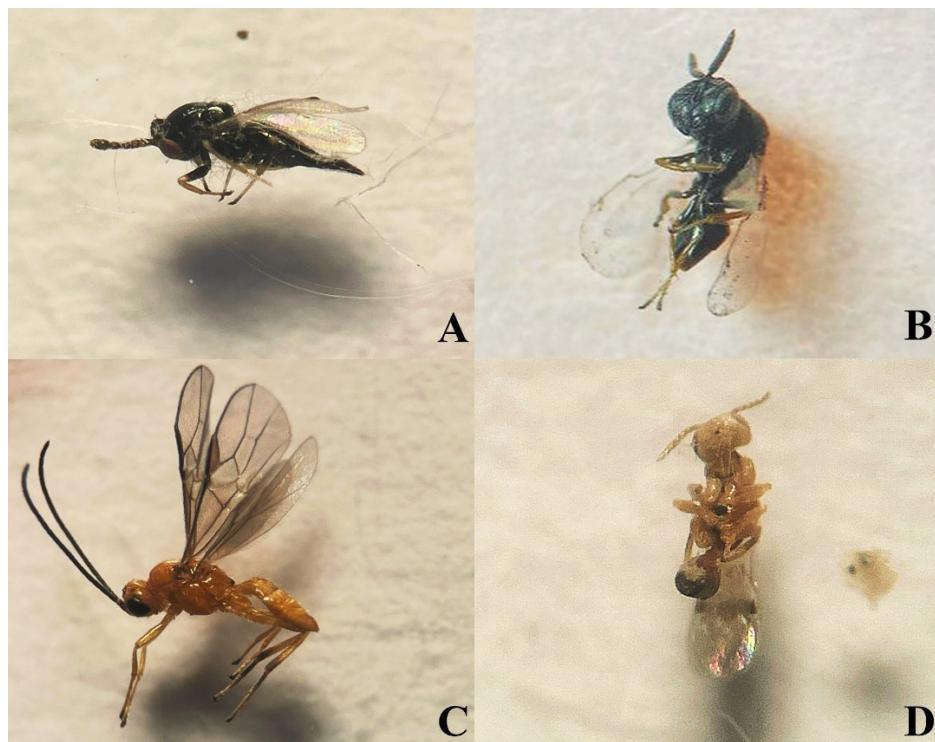


Figura 9. Microhimenópteros parasitoides registrados em cinco das seis espécies de Malpighiaceae estudadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club, em 2024. Sp. 1 (A); Sp. 2 (B); Sp. 3 (C); Sp. 4 (D).

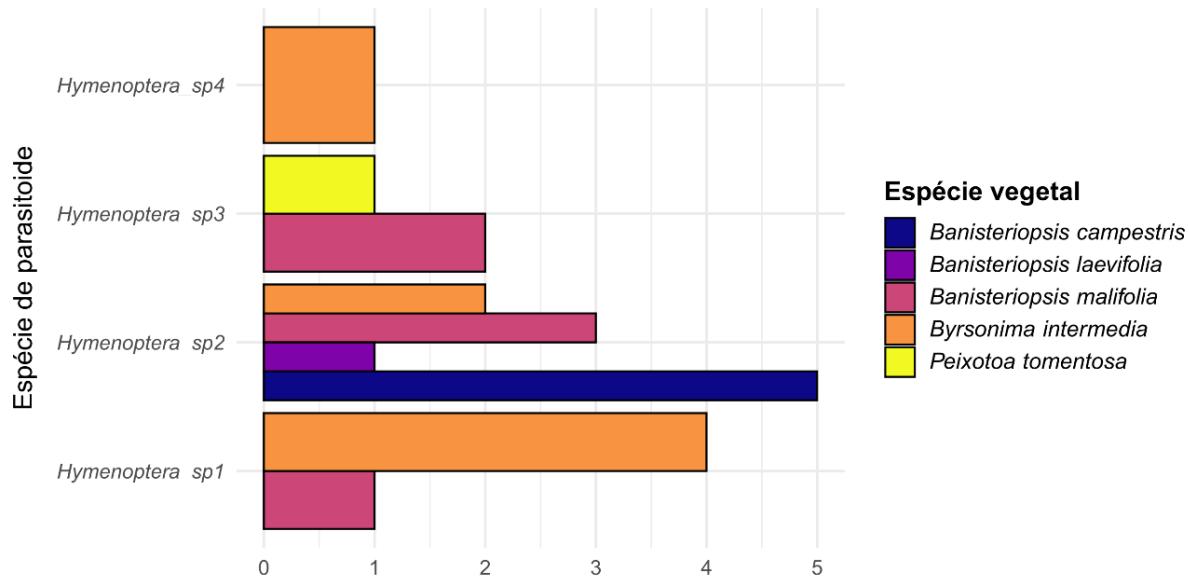


Figura 10. Quantidade de microhimenópteros parasitoides de cada morfotipo registrado em cinco das seis espécies de Malpighiaceae estudadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club em 2024.

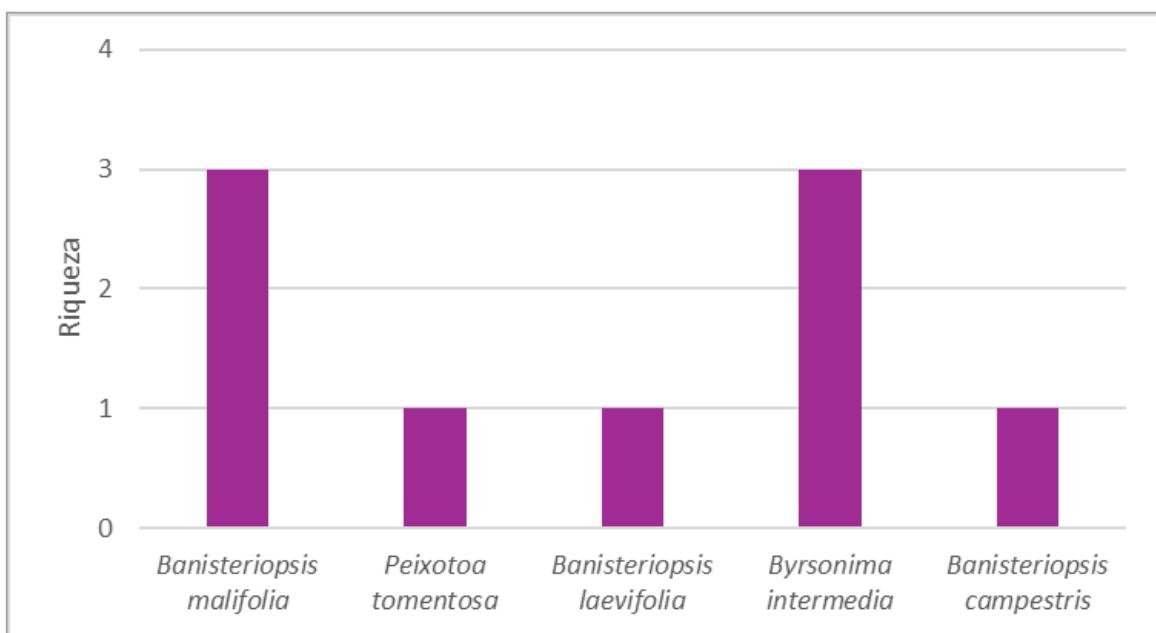


Figura 11. Riqueza de microhimenópteros parasitoides registrada em cinco das seis espécies de Malpighiaceae estudadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club em 2024.

Coleópteros e Lepidópteros adultos foram obtidos a partir dos herbívoros internos dos botões florais no laboratório. Conforme esperado em nossa quinta hipótese, a maioria dos herbívoros observados era da ordem Coleoptera. Quatro espécies de *Anthonomus* (Curculionidae) foram observadas em quatro das seis espécies, com exceção de *P. tomentosa* e *By. intermedia* (Figura 12). O curculionídeo mais frequente pertenceu a espécie *Anthonomus sulcatus*. Também identificamos dois morfotipos de mariposas (Figura 13), muito menos frequentes que os coleópteros (Figura 14). Nem todos os herbívoros endofíticos completaram seu desenvolvimento nas condições de laboratório. Dos 269 indivíduos encontrados no interior dos botões florais analisados das espécies de Malpighiaceae, apenas 50 (18,59%) chegaram até a fase adulta. A maior quantidade deles foi encontrada em *H. pteropetala* (48,57%), seguido por *B. campestris* (24,29%), *B. malifolia* (16,13%), *B. laevifolia* (11,63%), e por último *P. tomentosa* (4%). Não conseguimos obter herbívoros adultos em *By. intermedia*, pois apenas himenópteros parasitoides completaram seu desenvolvimento nessa espécie.

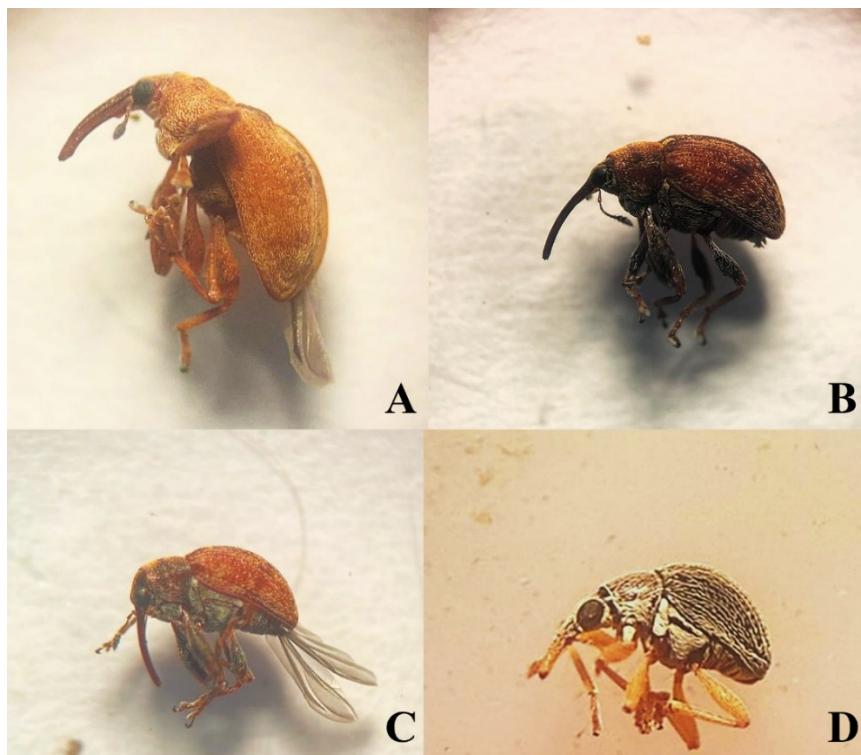


Figura 12. Espécies de *Anthonomus* (Curculionidae) observadas em quatro das seis espécies de Malpighiaceae estudadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club, em 2024. *Anthonomus* sp. 1 (A); *Anthonomus sulcatus* (B); *Anthonomus* sp. 3 (C); *Anthonomus* sp. 4 (D).



Figura 13. Morfotipos de Lepidoptera observados em duas das seis espécies de Malpighiaceae estudadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club, em 2024. Mariposas sp. 1 (A, B), e sp. 2 (C).

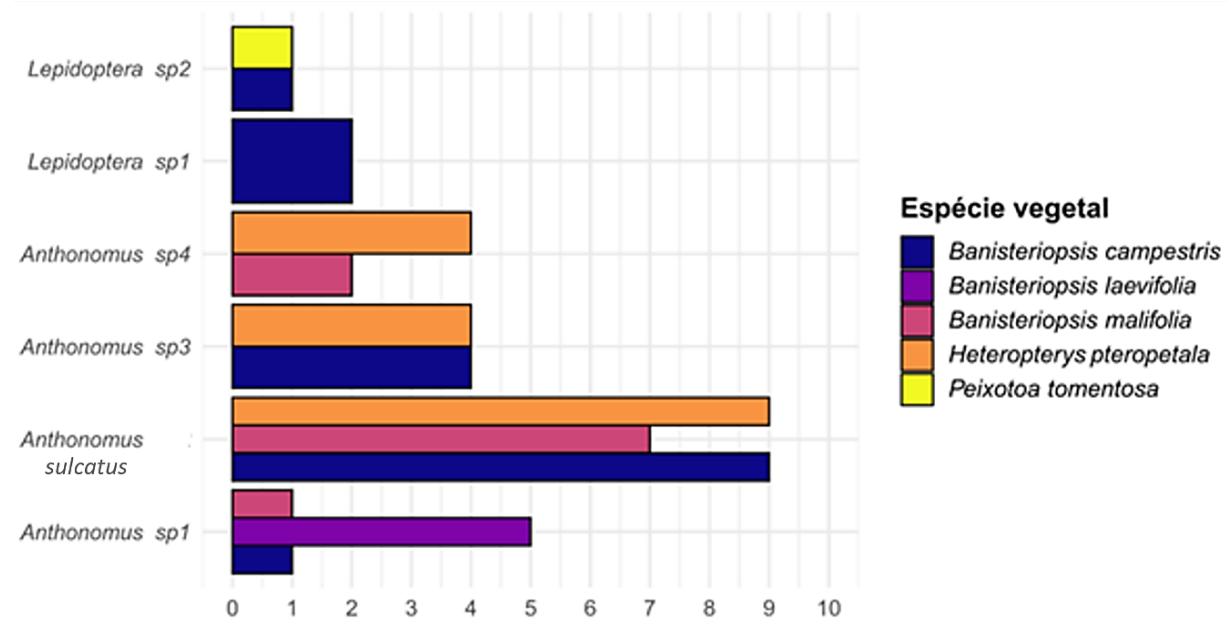


Figura 14. Quantidade de herbívoros endofíticos adultos de cada morfotipo, considerando mariposas e besouros, registrada após o desenvolvimento completo nos botões florais de cinco das seis espécies de Malpighiaceae coletadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club em 2024.

A hipótese 6 foi confirmada, já que a floração sequencial das plantas serviu para abrigar grande parte dos mesmos herbívoros endofíticos (Figura 14). *Heteropterys pteropetala* foi a primeira a produzir botões florais (de janeiro a fevereiro/2024), seguida por *B. malifolia* (março a maio), *P. tomentosa* (junho a julho), *B. laevifolia* (agosto a setembro), *B. intermedia* (novembro a dezembro), e *B. campestris* (dezembro/2024 até fevereiro/2025) (Figura 15).

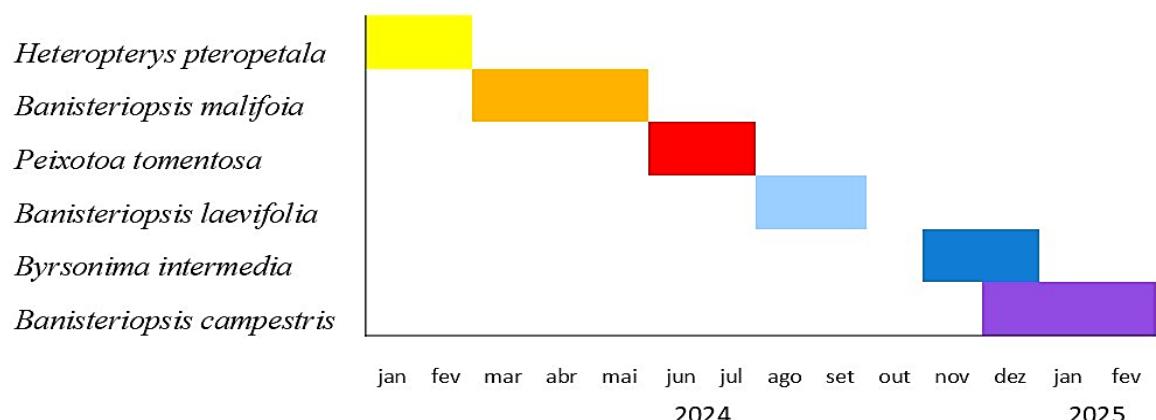


Figura 15. Presença de botões florais das seis espécies de Malpighiaceae observadas no fragmento vegetacional de Cerrado do Itororó Park Club em 2024 e início de 2025.

#### 4. DISCUSSÃO

As seis hipóteses propostas foram corroboradas. As taxas de herbivoria endofítica encontrada nos botões florais foram semelhantes entre as espécies, com valores que variaram de 11,33% a 23,33%, e as três espécies de *Banisteriopsis* tiveram as taxas mais altas e semelhantes entre si. Os verticilos férteis, tanto o masculino quanto o feminino, foram mais danificados que os verticilos estéreis em todas as espécies. Parasitoides foram encontrados em cinco das seis espécies investigadas e em baixa densidade, apenas *H. pteropetala* não os apresentou. Os herbívoros endofíticos pertencem principalmente da ordem Coleoptera. Os diferentes morfotipos de herbívoros endofíticos foram encontrados nos botões florais das várias espécies, indicando que a floração sequencial da família Malpighiaceae pode favorecer a presença deles no campo.

O efeito da florivoria depende da interação entre a planta e o herbívoro em um dado ambiente, ou seja, está diretamente relacionado às identidades da espécie vegetal e do inseto causador dos danos, do tipo e quantidade do órgão consumido, e das características do ambiente que podem favorecer ou não o desenvolvimento das espécies envolvidas (Boaventura et al. 2022). Torezan-Silingardi (2011) observou larvas de coleópteros se alimentando no interior de botões florais de *Banisteriopsis malifolia*, uma única larva por botão. Esse estudo não encontrou parasitoides, mas sim vespas predadoras capazes de identificar o botão infestado, cortar sua parte externa e retirar a larva de seu interior. Posteriormente, o estudo de Alves-Silva et al. (2013) determinou taxas de herbivoria em *B. malifolia* semelhantes às observadas neste estudo, com a infestação de coleópteros endofíticos em 20,7% dos botões coletados, semelhante aos 20,66% encontrados aqui. Mendes-Silva et al. (2021) observaram larvas de coleópteros endofíticos alimentando-se dos pistilos e estames de *B. laevifolia*. Assim como nos estudos citados anteriormente, Mendes-Silva et al. (2022, 2023) também relataram infestações por larvas de coleópteros nos botões florais de *B. malifolia* e *B. laevifolia*, com maior abundância de herbívoros endofíticos em *B. malifolia* do que em *B. laevifolia*, corroborando nossos resultados. Os autores sugerem que essa diferença pode ser explicada pela fenologia das espécies, uma vez que ambas florescem em períodos distintos do ano. É possível que o besouro tenha mais fatores ambientais favoráveis a seu desenvolvimento durante a florada de *B. malifolia* que ocorre no final do período úmido, do que na floração de *B. laevifolia* no meio do período seco.

Infestações em botões florais já foram reportadas anteriormente em *B. malifolia* (Torezan-Silingardi 2011; Alves-Silva et al. 2013), *B. laevifolia* (Mendes-Silva et al. 2021) e em ambas as espécies (Mendes-Silva et al. 2022, 2023). Entretanto, a herbivoria observada nas estruturas reprodutivas de espécies de Malpighiaeae é comum também em outras famílias, como Brassicaceae (Williams & Free 1978), Bombacaceae (Fernández et al. 2008), Caryocaraceae (Carregaro et al. 2009), Cactaceae (Piña et al. 2010), Onagraceae (Dart & Ecker 2014), Ochnaceae (Alves-Silva & Del-Claro 2016), e Bromeliaceae (Torres et al. 2024).

No Cerrado, espécies de várias famílias também sofrem danos com a florivoria causada por herbívoros endofíticos. Por exemplo, botões florais de pequi (*Caryocar brasiliense*, Caryocaraceae) foram danificados internamente por larvas de dípteros, diminuindo a produção de frutos e sementes, e impactando negativamente o sucesso reprodutivo da planta (Carregaro et al. 2009). *Ouratea spectabilis* (Ochnaceae), outra espécie comum no Cerrado, apresentou larvas de coleópteros endofíticos em seus botões florais, danificando 11,25% dos botões (Alves-Silva & Del-Claro 2016). Essa taxa é similar às encontradas nas espécies *H. pteropetala* e *B. intermedia* (11,66% e 11,33% respectivamente) no presente estudo.

Ambientes distintos do Cerrado também apresentam plantas perdendo botões florais devido à ação de herbívoros endofíticos. No Chaco Serrano da Argentina, Torres et al. (2024) observaram duas espécies de Bromeliaceae, *Dyckia floribunda* e *D. longipetala*, e apenas a primeira possuía larvas de herbívoros no interior dos botões, pertencentes a ordem Coleoptera. Nas dunas costeiras da América do Norte, Dart & Ecker (2014) constataram que *Camissoniopsis cheiranthifolia* (Onagraceae) apresentou 23% dos botões florais contendo herbívoros endofíticos. Os autores destacaram que a presença desses organismos no interior dos botões florais promoveu a abscisão antes da antese, provocando queda na frutificação. Na Inglaterra, Williams & Free (1978) reportaram a presença de herbívoros endofíticos em botões florais de *Brassica napus* (Brassicaceae), onde uma ou mais larvas de coleópteros se desenvolviam no interior de 36% dos botões florais. Os autores também observaram flores abertas, nas quais apenas 1% das 226 flores coletadas estavam infestadas, o que demonstra a preferência destes herbívoros em ovipositar em botões, assim como pode indicar uma estratégia da planta para abortar a grande maioria dos botões infestados e reservar sua energia para desenvolver preferencialmente os botões íntegros. Na Costa Rica, botões florais abortados de *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) continham coleópteros endofíticos (Fernández et al. 2008). Os autores mencionam a preferência das fêmeas em ovipositar em botões florais no início do

desenvolvimento das inflorescências, quando os tecidos florais e o herbíboro podem amadurecer simultaneamente.

As seis espécies analisadas nesta pesquisa apresentaram danos nas estruturas reprodutivas masculinas e femininas, e em muitos botões todas as estruturas reprodutivas estavam ausentes, consequentemente parte dos recursos investidos pela planta na produção das flores foi perdido. Possivelmente, o consumo se iniciou pelo androceu devido ao local de oviposição, próximo das anteras na superfície interna das pétalas do botão, e a seguir o herbíboro consumiu o gineceu. As estruturas reprodutivas da flor apresentam os gametas, mais ricos energeticamente que pétalas ou sépalas (Colin & Jones 1980; Traore et al. 2013). A menor quantidade de fibras bem desenvolvidas pode tornar os tecidos vegetais imaturos mais susceptíveis a danos físicos (Varanda et al 2005), como os presentes em botões em desenvolvimento. Outros estudos também reportaram herbívoros endofíticos se alimentando de gineceu e androceu (Torezan-Silingardi 2011; Torres et al. 2024).

Herbívoros florais limitam severamente a viabilidade reprodutiva ao se alimentarem de estruturas masculinas e femininas, afetando a disponibilidade de flores sadias para os polinizadores (McCall & Irwin 2006; Cascante-Martín et al. 2009), e impactando negativamente a permanência da planta no ambiente (Osada & Sugiura 2006; Carregaro et al. 2009; Dart & Ecker 2014; Boaventura et al. 2022; Paz et al. 2023). Isso ocorre pois com a eliminação do androceu e gineceu, o botão é quase sempre descartado pela planta, assim também haverá um decréscimo no display floral, com perda da atratividade visual das pétalas e perda dos osmóforos ou glândulas produtoras do odor floral, geralmente distribuídas nas pétalas, filetes ou nos tecidos do gineceu (Torezan-Silingardi et al. 2021). Verticilos estéreis também foram consumidos (pétalas e sépalas), embora o dano nessas estruturas tenha sido menos frequente. Ao se alimentarem das pétalas, herbívoros causam interferências na polinização, pois polinizadores podem evitar flores com a corola danificada ainda que os recursos florais ainda estejam disponíveis (Sôber et al. 2010; Ferreira & Torezan-Silingardi 2013).

Observamos que o dano nos botões florais se concentrou mais no androceu do que no gineceu das seis espécies analisadas. A dominância de botões danificados nos dois verticilos reprodutivos foi encontrada somente em *H. pteropetala* e *B. malifolia*. Botões danificados exclusivamente no androceu foram relatados por Carregaro et al. (2009), onde dípteros se alimentaram das anteras dos botões florais de quei (*C. brasiliense*), consumindo o pólen disponível. O pólen é o gametófito masculino das plantas com sementes, e representa um

recurso alimentar importante para visitantes florais (Souza et al. 2020), pois é rico em nutrientes, como proteínas (Linskens & Jorde 1997; Nicolson 2011; Rodríguez-Pólit et al. 2023). O dano nas anteras reduz consideravelmente a quantidade de pólen disponível, assim como a atratividade floral, levando à queda do sucesso reprodutivo masculino (Rodríguez-Morales et al. 2024). No caso de espécies com flores bissexuadas, como as da família Malpighiaceae, haverá também a queda no sucesso reprodutivo feminino devido à menor atratividade das flores sem anteras (Kay et al. 2020).

Ainda que em menor quantidade, também encontramos botões com danos somente no gineceu. Ao atacar o gineceu, herbívoros se alimentaram dos óvulos localizados no interior do ovário, afetando a capacidade reprodutiva feminina, e consequentemente, a frutificação. Quando apenas um dos verticilos férteis (androceu ou gineceu) é danificado, a capacidade reprodutiva da flor não é totalmente perdida. Botões florais com danos somente no androceu ainda podem produzir frutos, já que o gineceu permanece íntegro. Flores com o gineceu danificado que permanecem com estames íntegros conseguem doar pólen, ainda que não possam frutificar. Porém, por tratar-se de botões florais danificados durante seu desenvolvimento, é mais provável que ocorra o aborto e não a antese (Dart & Ecker 2014; Piña et al. 2010). Fernández et al. (2008) compararam a ocorrência de herbívoros em botões ligados a planta e botões abortados no solo. Apenas 3,7% dos botões presos a planta continham herbívoros enquanto 30,1% dos botões abortados estavam infestados, indicando que a planta aborta os botões seletivamente para evitar o desperdício de recursos que seriam dedicados ao desenvolvimento do botão danificado.

Herbívoros endofíticos se alimentam de forma restrita dos tecidos disponíveis na estrutura onde estão confinados (Tooker & Giron 2020). Assim, consideramos que o principal tipo de dano reportado aqui ocorreu em estruturas masculinas e femininas. Apesar do impacto direto na reprodução da planta decorrente da perda de gametas, o consumo de estruturas férteis é extremamente positivo para os insetos. Um estudo analisando as preferências alimentares de larvas de lepidópteros demonstrou que, o grupo que ingeriu órgãos férteis levou menos tempo para completar seu desenvolvimento quando comparado ao grupo que ingeriu partes estéreis da flor (Traore et al. 2013). Neste estudo, os autores relataram que os tecidos reprodutivos possuem mais água e nutrientes que os tecidos estéreis, o que favorece o desenvolvimento larval.

Galhas já foram reportadas em folhas de *B. intermedia* (Scareli-Santos et al. 2005), mas não encontramos relatos de galhas em flores ou botões. Assim, apresentamos aqui o primeiro registro de galhas em estruturas reprodutivas de *B. intermedia*, tanto nos estames

quanto nos ovários. Em ambos os casos houve a emergência exclusivamente de vespas parasitoides de herbívoros. Galhas são caracterizadas pelo acúmulo de células ou tecidos que formam estruturas com crescimento atípico, induzidas principalmente pela oviposição de herbívoros (Scareli-Santos et al. 2005; Santos et al. 2025). A presença da larva indutora de galha nos tecidos vegetais leva a planta hospedeira a desenvolver um espaço nutricional que promove abrigo e alimento para o herbívoro (Giron et al. 2016).

Parasitoides associados aos herbívoros endofíticos foram encontrados em quase todas as espécies de Malpighiaceae analisadas, exceto *H. pteropetala*. As vespas parasitoides (Hymenoptera) são predadoras que podem atuar como defesa biótica, reduzindo os danos provocados por herbívoros (Miñarro & García 2018). Uma pequena quantidade de botões florais continha duas larvas distintas, onde a menor delas apresentava movimentação muito mais intensa que a maior. Apenas vespas parasitoides emergiram dos botões onde foram encontradas duas larvas. Parasitoides foram reportados predando herbívoros foliares de *By. intermedia* (Barosela et al. 2005) e predando herbívoros florais endofíticos de botões de *B. malifolia* (Torezan-Silingardi 2011; Alves-Silva et al. 2013), e de *B. laevifolia* (Mendes-Silva et al. 2021). Torezan-Silingardi (2011) registrou o processo de captura de larvas endofíticas por vespas. Para localizar os herbívoros, as vespas inspecionam os botões com as antenas para identificar se estão ocupados. Ao perceber a presença da presa, a vespa abre o botão e se alimenta da larva. Isso é benéfico para a planta, já que as vespas reduzem a população de herbívoros endofíticos. Além disso, o botão é abortado prematuramente logo após a captura da larva pelo predador, gerando uma economia de recursos para a planta. Alves-Silva et al. (2013) registrou que vespas predadoras diminuíram a população de curculionídos endofíticos em cerca de 50%. Vespas são altamente eficientes em localizar herbívoros endofíticos. De 100 botões florais observados sendo abertos por vespas por Mendes-Silva et al. (2021), 93 deles continham larvas de herbívoros. Isso sugere que pistas olfativas, visuais e táteis são utilizadas para localizar e confirmar a presença de larvas em botões florais (Torezan-Silingardi 2011; Mendes-Silva et al. 2021).

Vespas parasitoides utilizam diferentes pistas para localizar os herbívoros endofíticos. Por exemplo, a área de cicatrização onde o ovipositor de uma fêmea penetrou para depositar o ovo, o padrão vibratório emitido pela movimentação da larva dentro do botão floral, ou compostos voláteis liberados pela planta em resposta ao ataque de herbívoros, são sinalizações úteis na escolha do botão infestado, tanto para o parasitoide quanto para o predador (Fischer et al. 2001; Torezan-Silingardi 2011). Dessa forma, o herbívoro é encontrado mesmo quando está

escondido no interior do tecido vegetal, como observado aqui. Vespas parasitoides são utilizadas para controle biológico sustentável de pragas agrícolas (Irvin & Hoddle 2015; Wang et al. 2019), como o besouro-do-pólen (*Brassicogethes aeneus*) (Zolotarjova et al. 2022). Na Europa, o besouro-do-pólen é considerado uma das principais pragas agrícolas de *Brassica napus* (Brassicaceae) ao ovipositar nos botões florais onde a larva se desenvolve (Austel et al. 2021), e pelo consumo de botões florais pelos besouros adultos (Bick et al. 2023). Com as duas formas de ataque do besouro haverá decréscimo na frutificação. Vespas parasitoides são consideradas inimigos naturais de insetos galhadores. Santos et al. (2025) relataram que curculionídos galhadores de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) no Cerrado foram atacados por vespas parasitoides. No entanto, percebemos que as vespas parasitoides foram pouco eficazes em diminuir as populações de herbívoros, já que foram encontradas em baixa densidade em todas as espécies analisadas como previsto pela quarta hipótese.

Os principais herbívoros endofíticos encontrados pertencem a ordem Coleoptera, gênero *Anthonomus* (Curculionidae). Suas espécies são conhecidas como herbívoros florais em diferentes fases (Alves-Silva et al. 2014). Na fase larval, possui comportamento alimentar endofítico, pois permanece escondida no interior dos botões florais onde se alimenta e se desenvolve. Na fase adulta, seu comportamento alimentar exofítico pode ser visto ao consumir restos de pólen das anteras da mesma espécie onde se desenvolveu, ou de espécies vizinhas. Seu élitro é rígido e altamente resistente ao ataque de predadores, como formigas. Além disso, besouros tem como estratégia de defesa o comportamento de se prender firmemente ao suporte, ou se soltar de seu suporte e cair no solo se escondendo facilmente no substrato (Alves-Silva et al. 2014; Mendes-Silva et al. 2023). Alves-Silva et al. (2014) relatam que ocupar flores é muito benéfico para esses besouros, pois dificilmente serão perturbados por formigas predadoras em alguma fase da vida. Assim, a oviposição de insetos demarca o início de uma nova geração de herbívoros (Feng et al. 2017), que poderão se desenvolver protegidos no interior de botões florais e posteriormente, consumir inflorescências de forma exofítica quando adultos.

Curculionídos do gênero *Anthonomus* foram encontrados em quatro das seis espécies, com exceção de *B. Intermedia* e *P. tomentosa*. É provável que larvas de curculionídeos também tenham ocorrido nos botões florais dessas espécies, mas devido à presença de vespas parasitoides, nenhum curculionídio conseguiu sobreviver para ser identificado. Curculionídos pertencentes ao gênero *Anthonomus* são comuns em botões florais de espécies de Malpighiaceae, se alimentando de estruturas férteis (Mendes-Silva et al. 2021). Também foram observados infestando botões florais de outras famílias, algumas vezes considerados como

pragas agrícolas. *Anthonomus rubi* é considerado uma praga do morango (*Fragaria × ananassa*, Rosaceae), atacando os botões florais (Tonina et al. 2021). Curculionídos provocaram a abscisão de botões florais de *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) (Fernández et al. 2008), e o desenvolvimento final do besouro ocorre no solo. *Anthonomus pomorum* é praga de botões florais da macieira (*Malus domestica*, Rosaceae), controlado nas fazendas com o uso de parasitoides (Miñarro & García 2018). *Anthonomus grandis* é a principal praga do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*, Malvaceae) em plantações brasileiras (Magalhães et al. 2012). As fêmeas ovipositem principalmente nos botões florais grandes, garantindo alimentação e proteção para as larvas contra predadores (Grigolli et al. 2013; Paim et al. 2021), enquanto os adultos se alimentam das estruturas reprodutivas das flores abertas (Grigolli et al. 2013).

Ainda que menos frequentes, também encontramos lepidópteros endofíticos. Obtivemos adultos lepidópteros apenas em *P. tomentosa* e *B. campestris*. Larvas de lepidópteros já foram observadas em botões e flores em Malpighiaceae. Por exemplo, Silva et al. (2014) encontraram ovos de *Allosmaitia strophius* na base dos botões florais de *Peixotoa goiana*. Após a eclosão dos ovos, as larvas perfuram os botões florais e os consomem protegidas no seu interior. Bächtold et al. (2013) reportou três espécies de lepidópteros (Lycaenidae) associadas a botões florais de *Peixotoa parviflora* durante a fase larval. Os autores consideram que essa espécie de Malpighiaceae representa um recurso alimentar importante para os licenídios encontrados. Larvas de mariposas de *Helicoverpa armigera* são consideradas pragas do feijão-de-pombo (*Cajanus cajan*, Fabaceae) onde ovipositem e se alimentam de botões e flores (Volp et al. 2024). É provável que lepidópteros endofíticos também tenham ocorrido nas demais espécies analisadas em nosso estudo, mas não obtiveram tanto sucesso em completar seu desenvolvimento nas condições de laboratório como os coleópteros. É possível que as larvas de lepidópteros sejam mais sensíveis aos estresses em que foram submetidas, como a abertura de botões florais sob a luz do microscópio que aumenta momentaneamente a temperatura e reduz rapidamente a umidade, além da manipulação para realocar botões abertos e as larvas em recipientes plásticos no laboratório. Ashe-Jepson et al. (2023) demonstraram que larvas de lepidópteros podem ser mais vulneráveis às alterações climáticas, já que a sua capacidade termorregulatória durante o estágio larval é consideravelmente inferior quando comparado aos adultos. Nesse estudo, os autores observaram 14 espécies diurnas de famílias diferentes, e constataram que a termorregulação larval é limitada pelo ambiente em que se encontram. Outro estudo também sugere que a termotolerância de uma espécie de Lepidoptera (*Spodoptera frugiperda*) é fortemente influenciada pelo estágio de vida em que se encontra (Phungula et al.

2023), o que afeta sua sobrevivência. Consideramos que a baixa densidade de lepidópteros encontrados foi decorrente das condições adversas enfrentadas pelas larvas.

As seis espécies de Malpighiaceae observadas nesse estudo possuem floração sequencial, ou seja, florescem em períodos diferentes ao longo do ano, uma após a outra (Vilela et al. 2014). Por serem muito semelhantes morfologicamente (Vogel 1990), e pertencerem à mesma família, espera-se que seus metabólitos secundários de defesa sejam semelhantes. Dessa forma, as flores desta família representam uma fonte de recursos alimentares contínua para a guilda de herbívoros presentes no ambiente (Vilela et al. 2014), especificamente os coleópteros e lepidópteros endofíticos encontrados durante todo o ano. Por acompanharem a floração sequencial das plantas estudadas, herbívoros endofíticos infestam espécies simpátricas de modo consecutivo. Assim, é possível que alterações na fenologia de Malpighiaceae afetem diretamente a fauna visitante, já que os mesmos insetos foram observados em plantas de espécies diferentes. Velasque & Del-Claro (2016) demonstraram que mudanças fenológicas em *B. intermedia* podem influenciar diretamente na abundância de lepidópteros que se alimentam das folhas. Em especial, fatores climáticos como temperatura e precipitação podem afetar a floração dessas plantas (Vilela et al. 2017), logo, herbívoros também estão suscetíveis aos impactos proporcionados por alterações ambientais.

## 5. CONCLUSÃO

A infestação por herbívoros endofíticos nos botões florais representa uma interação complexa, que afeta diretamente a aptidão reprodutiva vegetal. Baseado nos dados encontrados, constatamos que a maior consequência da presença dos herbívoros endofíticos para a frutificação das espécies de Malpighiaceae foi o comprometimento das estruturas reprodutivas, com maior intensidade nas anteras. Dessa forma, a frutificação foi parcialmente comprometida, especialmente nas espécies de *Banisteriopsis*, que apresentaram as maiores taxas de infestação por florívoros endofíticos. Todas as outras espécies de Malpighiaceae também foram danificados pelos herbívoros endofíticos, evidenciando o potencial migratório dos insetos ao atacar plantas diferentes ao longo do ano. Isso é possível devido à oferta contínua de alimento tanto por plantas de espécies nativas quanto por espécies economicamente importantes e cultivadas na região.

Neste trabalho, observamos a ocorrência de quatro espécies de coleópteros do gênero *Anthonomus* danificando botões florais de quatro das seis espécies estudadas. Esses herbívoros provocaram impactos significativos no sucesso reprodutivo de suas plantas hospedeiras, de modo em que boa parte dos recursos florais investidos foram perdidos. Ainda que nossos registros correspondam à uma interação antagônica em ecossistemas naturais, o mesmo efeito negativo pode ser observado em espécies vegetais de uso econômico pertencentes a outras famílias em diferentes partes do mundo. Da mesma forma, himenópteros parasitoides também possuem importância econômica já que são inimigos naturais de herbívoros endofíticos ou exofíticos, já usados no controle biológico de pestes agrícolas. Desse modo, os micro himenópteros representam uma alternativa ao uso de agrotóxicos nas fazendas.

Poucas pesquisas foram conduzidas analisando os impactos na reprodução vegetal decorrentes da florivoria endofítica. Esse sistema pouco estudado pode passar despercebido, já que é causado por pequenos insetos que permanecem escondidos discretamente no interior das flores. Às custas do decréscimo na reprodução vegetal, surge uma situação altamente benéfica para o herbívooro endofítico, já que os botões florais fornecem condições adequadas para ele se proteger durante seu desenvolvimento, com alimentação a partir de tecidos vivos que permitem que o inseto complete seu desenvolvimento. Como as plantas investigadas não estão em ambiente com condições controladas, aspectos bióticos (como essa infestação) e abióticos (como as variações na temperatura e umidade) podem afetar seu estabelecimento e sobrevivência, impondo adversidades naturais.

A savana tropical brasileira possui grande diversidade florística e entomológica, logo, é possível que infestações como as observadas aqui ocorram em espécies de outras famílias botânicas. Tendo em vista as limitações enfrentadas pelos vegetais em ambientes como o Cerrado, se faz necessária a execução de mais estudos reportando esse tipo de interação. Pesquisas investigando a ocorrência de parasitoides também são importantes para revelar os possíveis usos destes predadores em outros contextos. Em especial, a observação da ocorrência de galhas em botões florais é necessária para conhecer os efeitos de larvas de herbívoros na família Malpighiaceae. Embora galhas tenham sido encontradas exclusivamente em *By. intermedia*, é possível que também aconteçam em outras espécies aparentadas filogeneticamente, já que tal ocorrência era desconhecida até o presente momento. Assim, sugerimos que novos estudos sejam realizados para esclarecer com maior detalhamento as consequências da ação de herbívoros endofíticos e seus parasitoides sobre a reprodução de plantas silvestres e de uso comercial.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, L. S., Karban, R., & Strauss, S. Y. (2001). Direct and indirect effects of alkaloids on plant fitness via herbivory and pollination. *Ecology*. 82(7): 2032–2044. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[2032:DAIEOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[2032:DAIEOA]2.0.CO;2)
- Almeida, R. F. de, Francener, A., & Amorim, A. M. (2016). A generic synopsis of Malpighiaceae in the Atlantic Forest. *Nordic Journal of Botany*. 34(3): 285–301. <https://doi.org/10.1111/njb.01016>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22(6): 711–728. <https://doi.org/10.3390/plants12193347>
- Alves-de-Lima, L., Calixto, E. S., Oliveira, M. L. de, Novaes, L. R., Almeida, E. A. B., & Torezan-Silingardi, H. M. (2023). Flowering Time Variation in Two Sympatric Tree Species Contributes to Avoid Competition for Pollinator Services. *Plants*. 12(19). <https://doi.org/10.3390/plants12193347>
- Alves-Silva, E., Bächtold, A., Barônio, G. J., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2014). Ant–herbivore interactions in an extrafloral nectaried plant: are ants good plant guards against curculionid beetles? *Journal of Natural History*. 49(13–14): 841–851. <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.954020>
- Alves-Silva, E., Barônio, G. J., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2013). Foraging behavior of *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae) on *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae): Extrafloral nectar consumption and herbivore predation in a tending ant system. *Entomological Science*. 16(2): 162–169. <https://doi.org/10.1111/ens.12004>
- Alves-Silva, E., & Del-Claro, K. (2016). Wasps are better plant-guards than ants in the extrafloral nectaried shrub *Ouratea spectabilis* (Ochnaceae). *Sociobiology*. 63(1): 705–711. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i1.908>
- Alomari-Mheidat, M., Corell, M., Castro-Valdecantos, P., Andreu, L., Moriana, A., & Martín-Palomo, M. J. (2023). Effect of Water Stress and Rehydration on the Cluster and Fruit Quality of Greenhouse Tomatoes. *Agronomy*. 13(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy13020563>

Anderson, W.R. (1990). The origin of the Malpighiaceae - the evidence from morphology. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 64: 210-224.

Appolinário, V. A. R. & Schiavini, I. (2002). Levantamento Fitossociológico de espécies arbóreas de Cerrado (*Stricto sensu*) em Uberlândia - Minas Gerais. *Boletim do Herbário Ezequias Paulo Heringer*. 10: 57–75.

Araújo, G. M., Barbosa, A. A. A., Arantes, A. A. & Amaral, A. F. (2002). Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*. 25(4): 475-493.

Ashe-Jepson, E., Hayes, M. P., Hitchcock, G. E., Wingader, K., Turner, E. C., & Bladon, A. J. (2023). Day-flying lepidoptera larvae have a poorer ability to thermoregulate than adults. *Ecology and Evolution*. 13(10). <https://doi.org/10.1002/ece3.10623>

Assunção, M. A., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2014). Do ant visitors to extrafloral nectaries of plants repel pollinators and cause an indirect cost of mutualism? *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 209(5–6): 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.03.003>

Austel, N., Böttcher, C., & Meiners, T. (2021). Chemical defence in Brassicaceae against pollen beetles revealed by metabolomics and flower bud manipulation approaches. *Plant, Cell & Environment*. 44(2): 519–534. <https://doi.org/10.1111/pce.13949>

Aukema, B. H., & Raffa, K. F. (2002). Relative effects of exophytic predation, endophytic predation, and intraspecific competition on a subcortical herbivore: Consequences to the reproduction of *Ips pini* and *Thanasimus dubius*. *Oecologia*. 133(4): 483–491. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-1054-x>

Bacci, L. F., Versiane, A. F. A., Oliveira, A. L. F., & Romero, R. (2016). Melastomataceae na RPPN do Clube Caça e Pesca Itororó, Uberlândia, MG, Brasil. *Hoehnea*. 43(4): 541–556. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-27/2016>

Bächtold, A., Alves-Silva, E., & Del-Claro, K. (2013). Lycaenidae larvae feeding on *Peixotoa parviflora* (Malpighiaceae) in a semi-deciduous forest in southeastern Brazil. *Journal of the Lepidopterists' Society*. 67 (1): 65–67. <https://doi.org/10.18473/lepi.v67i1.a12>

Barosela, J. R.; Pais, M. P.; Oki, Y. & Varanda, E. M. (2005). Insetos e Aracnídeos Associados a *Xylopia aromatico*, *Didymopanax vinosum* e *Byrsonima intermedia*. In.: Pivello, V. R.;

Varanda, E. M. O Cerrado Pé-de-Gigante: Ecologia e conservação - Parque Estadual de Vassununga. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, p. 210-222.

Bick, E., Sigsgaard, L., Torrance, M. T., Helmreich, S., Still, L., Beck, B., el Rashid, R., Lemmich, J., Nikolajsen, T., & Cook, S. M. (2024). Dynamics of pollen beetle (*Brassicogethes aeneus*) immigration and colonization of oilseed rape (*Brassica napus*) in Europe. Pest Management Science. 80(5): 2306–2313. <https://doi.org/10.1002/ps.7538>

Bledsoe, R. W., & Harris, H. C. (1950). The influence of mineral deficiency on vegetative growth, flower and fruit production, and mineral composition of the peanut plant. Plant Physiology. 25(1): 63–77. <https://doi.org/10.1104/pp.25.1.63>

Boaventura, M. G., Villamil, N., Teixido, A. L., Tito, R., Vasconcelos, H. L., Silveira, F. A. O., & Cornelissen, T. (2022). Revisiting florivory: an integrative review and global patterns of a neglected interaction. New Phytologist. 233(1): 132–144. <https://doi.org/10.1111/nph.17670>

Brasil (2012). Lei n. 12.651, de 25/05/2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União (DOU), Brasília, DF, 28/05/2012. Seção I: 1-8.

Canela, M. B. F., & Sazima, M. (2003). Florivory by the Crab *Armases angustipes* (Grapsidae) Influences Hummingbird Visits to *Aechmea pectinata* (Bromeliaceae). Biotropica. 35(2): 289. <https://doi.org/10.1646/02096>

Carregaro, J. B., Diniz, I. R., Hay, J. D., & Moraes, H. C. (2009). Herbivorous insects in flower-buds of *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae), with special emphasis on Lepidoptera. Revista Brasileira de Zoociências. 11(3).

Cascante-Marín, A., Wolf, J. H. D., & Oostermeijer, J. G. B. (2009). Wasp florivory decreases reproductive success in an epiphytic bromeliad. Plant Ecology. 203(1): 149–153. <https://doi.org/10.1007/s11258-008-9522-y>

Cirtwill, A. R., Dalla Riva, G. v., Baker, N. J., Ohlsson, M., Norström, I., Wohlfarth, I., Thia, J. A., & Stouffer, D. B. (2020). Related plants tend to share pollinators and herbivores, but strength of phylogenetic signal varies among plant families. New Phytologist. 226(3): 909–920. <https://doi.org/10.1111/nph.16420>

Colin, L. J., & Jones, C. E. (1980). Pollen energetics and pollination modes. American Journal of Botany. 67(2): 210–215. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1980.tb07643.x>

- Dart, S., & Ecker, C. G. (2014). Variation in pollen limitation and floral parasitism across a mating system transition in a Pacific coastal dune plant: Evolutionary causes or ecological consequences? *Annals of Botany*. 115(2): 315–326. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu243>
- Feng, B., Qian, K., & Du, Y. J. (2017). Floral volatiles from *Vigna unguiculata* are olfactory and gustatory stimulants for oviposition by the bean pod borer moth *Maruca vitrata*. *Insects*. 8(2). <https://doi.org/10.3390/insects8020060>
- Ferreira, C. A., Torezan-Silingardi, H. M., 2013. Implications of the floral herbivory on Malpighiaceae plant fitness: Visual aspect of the flower affects the attractiveness to pollinators. *Sociobiology*. 60(3): 323–328. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v60i3.323-328>
- Fernández, M., Lobo, J., Chacón, E., & Quesada, M. (2008). Curculionid beetles in aborted flower buds and immature fruits of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae). *Plant Ecology*. 194(1): 1–4. <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9272-2>
- Fischer, S., Samietz, J., Wackers, F.L., & Dorn, S. (2001). Interaction of vibrational and visual cues in parasitoid host location. *Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*. 187(10): 785–791. <https://doi.org/10.1007/s00359-001-0249-7>
- Friis, E. M., Pedersen, K. R., & Crane, P. R. (2006). Cretaceous angiosperm flowers: Innovation and evolution in plant reproduction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 232(2–4): 251–293. <https://doi.org/10.1016/J.PALAEO.2005.07.006>
- Galdiano, M. S., Calixto, E. S., & Torezan-Silingardi, H. M. (2023). Context-dependent outcomes in plant–plant interaction: impacts of abiotic factors and host plant on a hemiparasitic plant performance. *Plant Ecology*. 224(3): 239–253. <https://doi.org/10.1007/s11258-023-01292-7>
- Giron, D., Huguet, E., Stone, G. N., & Body, M. (2016). Insect-induced effects on plants and possible effectors used by galling and leaf-mining insects to manipulate their host-plant. *Journal of Insect Physiology*. 84: 70–89. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.12.009>
- Griffin, W. J., & Lin, G. D. (2000). Chemotaxonomy and geographical distribution of tropane alkaloids. *Phytochemistry*. 53(6): 623–637. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(99\)00475-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(99)00475-6)

Grigolli, J. F. J., Souza, L. A. de, Fraga, D. F., Funichello, M., & Busoli, A. C. (2013). Within plant distribution of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition damages in cotton cultivars. *Ciência e Agrotecnologia*. 37(1): 78–84. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000100009>

Gotelli, M., Aliscioni, S., Kuo, P. T., & Torretta, J. P. (2023). Are the floral morphology and anatomy of *Galphimia australis*, an atypical neotropical Malpighiaceae, associated to a new pollination syndrome? *Protoplasma*. 260(4): 1047–1062. <https://doi.org/10.1007/s00709-022-01829-z>

Haas, S. M., & Lortie, C. J. (2020). A systematic review of the direct and indirect effects of herbivory on plant reproduction mediated by pollination. *PeerJ*. 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.9049>

Hendrix, S. D. (1988). Herbivory and its impact on plant reproduction. In J. Lovett Doust & L. Lovett Doust (Eds.), *Plant reproductive ecology: Patterns and strategies* (pp. 246–263). New York, NY: Oxford University Press.

Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of Seed Dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 13: 201–228.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis) (1992). Portaria no 084/92, de 7/8/1992. Dispõe sobre o reconhecimento da área de 127 hectares do Clube Caça e Pesca Itororó (CCPIU) como Reserva Particular do Patrimônio Natural.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis) (1996). Decreto 1.922, de 05/06/1996. Dispõe sobre o reconhecimento das Reservas Particulares do Patrimônio Natural, Brasília, DF.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis) (2000). Portaria no 44 de 23/08/2000. Reconhecimento da Reserva Ecológica do Panga, situado no Município de Uberlândia, Estado de Minas Gerais, de propriedade da Fundação de Apoio Universitário.

Irvin, N. A., & Hoddle, M. S. (2015). The Effect of Buckwheat Flowers and Cahaba Vetch Extrafloral Nectaries on Fitness of the Vine Mealybug Parasitoid *Anagyrus pseudococci* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Florida Entomologist*. 98(1): 237–242. <https://doi.org/10.1653/024.098.0140>

Kaminski, L. A., Sendoya, S. F., Freitas, A. V. L., & Oliveira, P. S. (2009). Ecologia comportamental na interface formiga-planta-herbívoro: interações entre formigas e lepidópteros. *Oecologia Australis*. 13(1): 133–154.

Kariñho-Betancourt, E. (2018). Plant-herbivore interactions and secondary metabolites of plants: Ecological and evolutionary perspectives. *Botanical Sciences*. 96(1): 35–51. <https://doi.org/10.17129/botsci.1860>

Kay, K. M., Jogesh, T., Tataru, D., & Akiba, S. (2020). Darwin's vexing contrivance: a new hypothesis for why some flowers have two kinds of anther. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 287(1941): 20202593. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2593>

Knight, T. M., Steets, J. A., Vamosi, J. C., Mazer, S. J., Burd, M., Campbell, D. R., Dudash, M. R., Johnston, M. O., Mitchell, R. J., & Ashman, T. L. (2005). Pollen limitation of plant reproduction: Pattern and process. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 36(1): 467–497. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102403.115320>

Krupnick, G. A., & Weis, A. E. (1999). The effect of floral herbivory on male and female reproductive success in *Isomeris arborea*. *Ecology*. 80(1).

Lev-Yadun, S. (2021). Avoiding rather than resisting herbivore attacks is often the first line of plant defence. *Biological Journal of the Linnean Society*. 134(4): 775–802. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blab110>

Linskens, H. F., Jorde, W., & Linskens, W. J. (1997). Pollen as food and medicine: A review. *Botany*. 51(1): 78-86.

Magalhães, D. M., Borges, M., Laumann, R. A., Sujii, E. R., Mayon, P., Caulfield, J. C., Midega, C. A. O., Khan, Z. R., Pickett, J. A., Birkett, M. A., & Blassioli-Moraes, M. C. (2012). Semiochemicals from Herbivory Induced Cotton Plants Enhance the Foraging Behavior of the Cotton Boll Weevil, *Anththonomus grandis*. *Journal of Chemical Ecology*. 38(12): 1528–1538. <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0216-5>

Malpighiaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB155>. Acesso em: 26/01/2024.

Martins, J., Carneiro, A., Souza, L., & Almeida-Cortez, J. (2020). How pollinator visits are affected by flower damage and ants presence in *Ipomoea carnea* subs. *Fistulosa* (Martius

and Choise) (Convolvulaceae)? Brazilian Journal of Biology. 80(1): 47–56. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.189025>

McCall, A. C., & Irwin, R. E. (2006). Florivory: The intersection of pollination and herbivory. Ecology Letters. 9(2): 1351–1365.

McIntosh, M. E. (2002). Flowering phenology and reproductive output in two sister species of *Ferocactus* (Cactaceae). Plant Ecology. 159: 1–13.

Mello, M. O., & Silva-Filho, M. C. (2002). Plant-insect interactions: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. Journal of Plant Physiology. (14)2: 71-81.

Mendes-Silva, I., Queiroga, D., Calixto, E. S., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2021). Multiple cues guarantee successful predation by a Neotropical wasp. Behaviour. 159(7): 643-655. <https://doi.org/10.1163/1568539X-bja10144>

Mendes-Silva, I., Queiroga, D., Calixto, E. S., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2022). Ineffectiveness of ants in protecting two sympatric myrmecophilous plants against endophytic beetles. Austral Ecology. 49(1). <https://doi.org/10.1111/aec.13262>

Mendes-Silva, I., Queiroga, D., Calixto, E. S., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2023). Ineficácia das formigas na proteção de duas plantas mirmecófilas simpátricas contra besouros endofíticos. Austral Ecology, 49(1). <https://doi.org/10.1111/aec.13395>

Miñarro, M., & García, D. (2018). Unravelling pest infestation and biological control in low-input orchards: the case of apple blossom weevil. Journal of Pest Science. 91(3): 1047–1061. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0976-y>

Mothershead, K., & Marquis, R. J. (2000). Fitness Impacts of Herbivory through Indirect Effects on Plant-Pollinator Interactions in *Oenothera macrocarpa*. Ecology. 81(1): 30–40. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[0030:FIOHTI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0030:FIOHTI]2.0.CO;2)

Nakano, S., Oguro, M., Itagaki, T., & Sakai, S. (2020). Florivory defence: are phenolic compounds distributed non-randomly within perianths? Biological Journal of the Linnean Society. 131(1): 12-25. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa099>

Nicolson, S. W. (2011). Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. African Zoology. 46(2): 197–204. <https://doi.org/10.1080/15627020.2011.11407495>

Oliveira-Dias, K.P.; Stefani, V. (2024). Spider-plant interaction: The role of extrafloral nectaries in spider attraction and their influence on plant herbivory and reproduction. *Plants*. 13(3): 368. <https://doi.org/10.3390/plants13030368>

Ortega-González, P. F., Rios-Carrasco, S., Mandujano, M. C., Sánchez, D., & Vázquez-Santana, S. (2022). Reproductive aspects and pollination biology in endoparasitic *Pilosyles thurberi* (Apodanthaceae). *Plant Species Biology*. 38(2): 40–53. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12395>

Ortiz, G. L., Columbano, Y., de Melo, M. V., Boaventura, M. G., Aoki, C., Cornelissen, T., Souza, C. S., & Teixido, A. L. (2023). Among-species variation in flower size determines florivory in the largest tropical wetland. *American Journal of Botany*. 110(7). <https://doi.org/10.1002/ajb2.16186>

Osada, N., & Sugiura, S. (2006). Effects of pollinators and flower bud herbivores on reproductive success of two ericaceous woody species differing in flowering season. *Canadian Journal of Botany*. 84(1): 112–119. <https://doi.org/10.1139/b05-163>

Paim, E. A., Dias, A. M., Showler, A. T., Campos, K. L., Santos Oliveira, A. A., Castro Grillo, P. P., & Bastos, C. S. (2021). Cotton row spacing for boll weevil management in low-input production systems. *Crop Protection*. 145: 105614. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105614>

Paz, J. R. L. da., Dourado, I. B. D. & Silva, W. P. (2023). Florivoria e sítio reprodutivo de *Pelidnota sumptuosa* (Rutelinae, Scarabaeidae) em flores de *Rourea induta* (Connaraceae) no cerrado central do Brasil. *Acta Biológica Catarinense*. 10(2): 71–75. <https://doi.org/10.21726/abc.v10i2.2059>

Petrucci, E., & Oliveira, L. A. de. (2019). Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equação de chuvas intensas para a cidade de Uberlândia-MG. *Revista Brasileira de Climatologia*. 25. <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.57767>

Piña, H. H., Montaña, C., & Mandujano, M. del C. (2010). *Olycella* aff. *junctolineella* (Lepidoptera: Pyralidae) florivory on *Opuntia microdasys*, a Chihuahuan Desert endemic cactus. *Journal of Arid Environments*. 74(8): 918–923. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.01.008>

Porto, G. F., Pezzonia, J. H., & Del-Claro, K. (2023). Extrafloral Nectary-Bearing Plants Recover Ant Association Benefits Faster and More Effectively after Frost-Fire Events Than Frost. *Plants*. 12(20). <https://doi.org/10.3390/plants12203592>

Phungula, S. M., Krüger, K., Nofemela, R. S., & Weldon, C. W. (2023). Developmental diet, life stage and thermal acclimation affect thermal tolerance of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Physiological Entomology*. 48(4): 122–131. <https://doi.org/10.1111/phen.12414>

Qian, H., Zhang, J., & Zhao, J. (2022). How many known vascular plant species are there in the world? An integration of multiple global plant databases. *Biodiversity Science*. 30(7), 22254. <https://doi.org/10.17520/biods.2022254>

Raw, A. (1998). The third trophic level of plant defence: neotropical social wasps' use of odours of freshly damaged leaves when hunting. *Revista Brasileira de Zoologia*. 15(4): 1075–1092. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751998000400025>

Rocha-Filho, L., & Rinaldi, I. (2011). Crab spiders (Araneae: Thomisidae) in flowering plants in a Brazilian "Cerrado" ecosystem. *Brazilian Journal of Biology*. 71(2): 359–364. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000300004>

Rodríguez-Morales, D., Aguirre-Jaimes, A., & García-Franco, J. G. (2024). Effects of Florivory on Floral Visitors and Reproductive Success of *Sagittaria lancifolia* (Alismataceae) in a Mexican Wetland. *Plants*, 13(4): 547. <https://doi.org/10.3390/plants13040547>

Rodríguez-Polit, C., Gonzalez-Pastor, R., Heredia-Moya, J., Carrera-Pacheco, S. E., Castillo-Solis, F., Vallejo-Imbaquingo, R., Barba-Ostria, C., & Guamán, L. P. (2023). Chemical Properties and Biological Activity of Bee Pollen. *Molecules*, 28(23): 7768. <https://doi.org/10.3390/molecules28237768>

Santos, G. M. D. M., Aguiar, C. M. L., & Mello, M. A. R. (2010). Flower-visiting guild associated with the Caatinga flora: Trophic interaction networks formed by social bees and social wasps with plants. *Apidologie*. 41(4): 466–475. <https://doi.org/10.1051/apido/2009081>

Santos, J. C., Venâncio, H., Demetrio, G. R., de Almeida, W. R., de Araújo, W. S., & Cuevas-Reyes, P. (2025). Set fire to the gall: Can the gall protect the galling weevil from fire? *Ecology*. 106(5). <https://doi.org/10.1002/ecy.70083>

Scareli-Santos, C.; Urso-Guimarães, M. V. & Varanda, E. M. (2005). Galhas, Galhadores e Insetos Associados. In.: Pivello, V. R.; Varanda, E. M. O Cerrado Pé-de-Gigante: Ecologia e conservação - Parque Estadual de Vassununga. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, p. 224-243.

Silva, C. I. da, Filho, A. J. de S. P., Toppa, R. H., Arena, M. V. N., & Oliveira, P. E. de. (2021). Seasonal and vertical distribution of floral resources and its implications for the conservation of pollinators. *Flora*. 278. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151787>

Silva, N. A. P., Duarte, M., Araújo, E. B., & Morais, H. C. (2014). Larval Biology of *Anthophagous Eumaeini* (Lepidoptera: Lycaenidae, Theclinae) in the Cerrado of Central Brazil. *Journal of Insect Science*. 14(1). <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu046>

Sõber, V., Moora, M., & Teder, T. (2010). Florivores decrease pollinator visitation in a self-incompatible plant. *Basic and Applied Ecology*. 11(8): 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.09.006>

Souza, L. A. de, Souza, B., Pareja, M., Frieiro-Costa, F. A., & Silva, M. S. (2020). Structure and composition of the insect community associated with flower buds and inflorescences of *Byrsonima verbascifolia* (Malpighiaceae). *Journal of Natural History*. 54(45–46): 2909–2925. <https://doi.org/10.1080/00222933.2021.1881639>

Souza, M. J. H. de., Guimarães, M. C. A., Guimarães, C. D. L., Freitas, W. da S., & Oliveira, Â. M. S. (2006). Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*. 10(2): 390–396. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000200021>

Thompson, J. N. (1997). Conserving Interaction Biodiversity. In *The Ecological Basis of Conservation* (pp. 285–293). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6003-6\\_28](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6003-6_28)

Tooker, J. F., & Giron, D. (2020). The Evolution of Endophagy in Herbivorous Insects. In *Frontiers in Plant Science* 11. *Frontiers Media S.A.* <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.581816>

Torezan-Silingardi, H. M. (2011). Predatory Behavior of *Pachodynerus brevithomx* (Hymenoptera: Vespidae, Eumeninae) on Endophytic Herbivore Beetles in the Brazilian Tropical Savanna. *Sociobiology*. 57(1): 181-189.

Torezan-Silingardi, H. M., Silberbauer-Gottsberger, I., & Gottsberger, G. (2021). Pollination Ecology: Natural History, Perspectives and Future Directions. In: Del-Claro, K., Torezan-Silingardi, H.M. Plant-Animal Interactions. (pp. 119–174). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66877-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66877-8_6)

Torres, C., Mazzei, M. P., Vesprini, J. L., & Galetto, L. (2024). Plant Reproductive Success Mediated by Nectar Offered to Pollinators and Defensive Ants in Terrestrial Bromeliaceae. *Plants*. 13(4). <https://doi.org/10.3390/plants13040493>

Tonina, L., Zanettin, G., Miorelli, P., Puppato, S., Cuthbertson, A. G. S., & Grassi, A. (2021). *Anthonomus rubi* on Strawberry Fruit: Its Biology, Ecology, Damage, and Control from an IPM Perspective. *Insects*. 12(8): 701. <https://doi.org/10.3390/insects12080701>

Traore, F., Dabire-Binso, C. L., Ba, N. M., Sanon, A., & Pittendrigh, B. R. (2013). Feeding preferences of the legume pod borer *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae) larvae and suitability of different flower parts for larval development. *International Journal of Tropical Insect Science*. 33(2): 107–113. <https://doi.org/10.1017/S1742758413000088>

Velasque, M., & Del-Claro, K. (2016). Host plant phenology may determine the abundance of an ecosystem engineering herbivore in a tropical savanna. *Ecological Entomology*. 41(4): 421–430. <https://doi.org/10.1111/een.12317>

Varanda, E. M.; Barosela, J. R.; Oki, Y.; Pais, M. P. & Cerri, A. (2005). Defesas Vegetais contra Insetos Folívoros. In: Pivello, V. R.; Varanda, E. M. O Cerrado Pé-de-Gigante: Ecologia e conservação - Parque Estadual de Vassununga. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, p. 198-208.

Vilela, A. A., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2014). Conditional outcomes in ant–plant–herbivore interactions influenced by sequential flowering. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 209(7): 359–366. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.04.004>

Vilela, A. A., Del Claro, V. T. S., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2017). Climate changes affecting biotic interactions, phenology, and reproductive success in a savanna community over a 10-year period. *Arthropod-Plant Interactions*. 12(2): 215–227. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9572-y>

Vogel, S. (1990) History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 55: 130–142.

Volp, T. M., Zalucki, M. P., & Furlong, M. J. (2024). Pigeon pea crop stage strongly influences plant susceptibility to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*. 117(3): 973–981. <https://doi.org/10.1093/jee/toae050>

Wang, Z., Liu, Y., Shi, M., Huang, J., & Chen, X. (2019). Parasitoid wasps as effective biological control agents. *Journal of Integrative Agriculture*. 18(4), 705–715. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62078-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62078-7)

Williams, I.H., & Free, J. B. (1978). The feeding and mating behaviour of pollen beetles (*Meligethes aeneus* Fab.) and seed weevils (*Ceutorhynchus assimilis* Payk.) on oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*. 91(2): 453-459. [doi:10.1017/S0021859600046554](https://doi.org/10.1017/S0021859600046554)

Zolotarjova, V., Remmel, T., Kännaste, A., Kaasik, R., Niinemets, Ü., & Veromann, E. (2022). Pollen beetle offspring is more parasitized under moderate nitrogen fertilization of oilseed rape due to more attractive volatile signal. *Scientific Reports*. 12(1): 14294. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18030-0>