

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

Sarah Vieira Miranda

**Biologia reprodutiva de *Heteropterys byrsonimifolia* A.Juss.
(MALPIGHIACEAE): uma espécie potencial para restauração de cerrados
degradados**

Montes Claros

2022

Sarah Vieira Miranda

**Biologia reprodutiva de *Heteropterys byrsonimifolia* A.Juss.
(MALPIGHIACEAE): uma espécie potencial para restauração de cerrados
degradados**

Dissertação/Tese apresentada ao
Mestrado em Ciências Florestais da
Universidade Federal de Minas Gerais
como requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador(a): Rúbia Santos Fonseca

Montes Claros

Julho de 2022

Miranda, Sarah Vieira.

M672b
2022

Biologia reprodutiva de *Heteropterys byrsonimifolia* a.juss. (malpighiaceae) [manuscrito]: uma espécie potencial para restauração de cerrados degradados / Sarah Vieira Miranda. Montes Claros, 2022.
52 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Ciências Florestais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientadora: Rúbia Santos Fonseca

Banca examinadora: Leticia Renata de Carvalho, Nilza de Lima Pereira Sales, Michellia Pereira Soares.

Inclui referências: f. 20-25; 46-51

1. Polinização -- Teses. 2. Plantas -- Reprodução -- Teses. 3. Sucessão ecológica -- Teses. 4. Flores -- Morfologia -- Teses. I. Fonseca, Rúbia Santos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 630

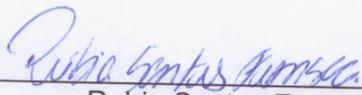
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 14 dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e dois, às 14:00 horas, sob a Presidência da Professora Rúbia Santos Fonseca, D. Sc. (Orientadora - UFMG/ICA) e com a participação dos Professores Letícia Renata de Carvalho, D. Sc. (UFMG/ICA), Michellia Pereira Soares, D. Sc. (IFNMG/Salinas-MG) e Nilza de Lima Pereira Sales, D. Sc. (UFMG/ICA), reuniu-se, presencialmente, a Banca de Defesa de Dissertação de **SARAH VIEIRA MIRANDA**, aluna do Curso de Mestrado em Ciências Florestais. Após a avaliação da referida aluna, a Banca Examinadora procedeu à publicação do resultado da defesa da Dissertação intitulada: "Biologia reprodutiva de *Heteropterys byssonimipolia* A. Juss. (MALPIGHIA CEAE), uma espécie potencial para restauração de cerrados degradados", sendo a aluna considerada (aprovada/reprovada) Aprovada. E, para constar, eu, Professora Rúbia Santos Fonseca, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

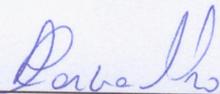
OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 74 do regulamento do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, conforme apresentado a seguir:

Art. 74 – Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do colegiado do Curso, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação, no prazo de 60 (sessenta) dias.

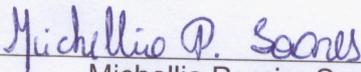
Montes Claros, 14 de julho de 2022.



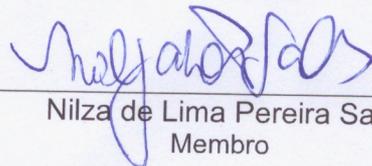
Rubia Santos Fonseca
 Orientadora



Letícia Renata de Carvalho
 Membro



Michellia Pereira Soares
 Membro



Nilza de Lima Pereira Sales
 Membro

AGRADECIMENTOS

Ao programa de pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Minas Gerais Campus ICA, pela oportunidade concedida.

À Rúbia Santos Fonseca, pela orientação, confiança e paciência durante os momentos difíceis e por acreditar que eu conseguiria chegar até o fim.

À CAPES, pelo auxílio financeiro que tornou possível o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Professores, Leandro, Nilza e Letícia, por me permitirem utilizar as dependências dos seus laboratórios no desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos colegas, Leonardo, Ruth, Gabriela e Luiz, pela ajuda prestada na realização metodológica do trabalho. Sem vocês, teria sido mais difícil.

Aos alunos, Jhenife e Warley, pela disponibilidade de irem a campo e me auxiliarem nos experimentos realizados.

À minha amiga, Dalila, por me incentivar e se disponibilizar a me ajudar, sempre que precisei, e por me ajudar a vencer as inseguranças.

Às amigas, Ester, Mayllin e Karina, que me acompanharam, mesmo distantes, em todo o processo, incentivando-me e se alegrando comigo nos dias mais difíceis.

À minha amiga, Cristiane (Krica), que sempre me proporcionou bons momentos de lazer e descanso, quando tudo parecia um caos.

Aos meus alunos de inglês e a Wizard Bocaiuva, que me acompanharam neste trajeto. Gratidão por serem compreensíveis ao permitirem ajustes nos meus horários de aula.

Aos amigos de Florestal, que sempre foram um ponto de apoio e refúgio. Com amor, acolheram-me e me estimularam a prosseguir.

Às minhas queridas amigas da Secretaria Municipal de Saúde, Lu, Antônia e Lara, que me incentivaram a seguir os meus objetivos e a me dedicar aos estudos.

Ao grupo REFFLOR, pelas reflexões e sugestões valiosas no desenvolvimento do trabalho.

À Camila, minha psicóloga, que muito me ajudou em momentos difíceis e me auxiliou para que conseguisse chegar bem até aqui.

Ao Diego, funcionário do herbário, por toda ajuda prestada e materiais cedidos para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus pais, Lucy e Jeziel, que não mediram esforços para me ajudarem. Agradeço, especialmente, ao meu pai que, diversas vezes, levou-me, de madrugada, ao campus. Sempre com alegria e palavras de incentivo e ânimo.

Aos meus familiares, que sempre acreditaram em mim. Isso me permitiu trilhar o caminho do estudo e conhecimento.

Às minhas primas, Aline e Beatriz, que sempre me apoiaram e compartilharam comigo momentos de alegria, companheirismo e acolhimento.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram e proporcionaram a conquista deste trabalho.

Muito Obrigada!

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *HETEROPTERYS BYRSONIMIFOLIA* A. JUSS.
(MALPIGHIACEAE): UMA ESPÉCIE POTENCIAL PARA RESTAURAÇÃO DE CERRADOS
DEGRADADOS**

RESUMO

Amplas áreas de cerrado se encontram degradadas. Isso afeta diretamente os serviços ecossistêmicos de provisão, como a produção de água que abastece extensas áreas do país. Muitas espécies nativas são resistentes a condições de degradação e aceleram o processo de sucessão natural. Estudar a ecologia e reprodução dessas espécies é determinante para o seu uso em planos de restauração ecológica, visando ao estímulo à restauração das redes de interação planta-fauna. *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. (Malpighiaceae) apresenta flores-de-óleo, que interagem com fêmeas de abelhas solitárias, que coletam esses recursos para alimentação das larvas e impermeabilização das colônias. Essa planta ocorre em formações de Cerrado e apresenta grande potencial para restauração de áreas degradadas, atuando como aceleradora da sucessão. Diante disso, objetivou-se estudar a fenologia e biologia reprodutiva de *H. byrsonimifolia*. O estudo foi desenvolvido em remanescente de cerrado *sensu stricto* degradado no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado em Montes Claros - MG. Nessa área, *H. byrsonimifolia* apresentou indivíduos com morfos distintos, isto é, com e sem elaióforos. Foi realizado o estudo da fenologia, morfologia floral, biologia floral, viabilidade polínica, sistema reprodutivo, morfometria de frutos e sementes, germinação e anotadas informações sobre polinizadores quando observados. A floração atingiu pico de intensidade no início de outubro. A formação e dispersão dos frutos ocorreram nos meses de novembro e dezembro. Os morfos florais apresentaram diferenças morfológicas na largura da pétala de pouso, comprimento dos filetes, comprimento da antera e comprimento das demais pétalas. Tais diferenças podem ser explicadas pela relação com os polinizadores. A longevidade floral foi de 24 horas, com estigma receptivo por 12h. A espécie apresentou baixa viabilidade polínica de ambos os morfos florais, com germinação menor que 5%. *H. byrsonimifolia* é autoincompatível e dependente da ação de polinizadores para a frutificação. Foram observadas formigas e abelhas forrageando as flores. Houve diferença significativa na morfometria de frutos e sementes entre os morfos. Não foram observadas diferenças entre os cruzamentos e não houve germinação de sementes. O conhecimento das estratégias reprodutivas das espécies nativas é determinante na gestão de áreas para conservação ou restauração, além de permitir e controlar a qualidade das sementes para a produção de mudas.

Palavras-chave: Polinização. Sistema Reprodutivo. Sucessão. Flores-de-óleo.

**REPRODUCTIVE BIOLOGY OF *Heteropterys byrsonimifolia* A.Juss. (MALPIGHIACEAE):
SPECIES THAT FACILITATE THE REGENERATION OF DEGRADED CERRADO**

ABSTRACT

Large areas of cerrado are degraded, directly affecting the provision of ecosystem services such as water production, which supplies large regions of the country. Many native species are resistant to the degradation conditions and accelerate the process of natural succession. Studying the ecology and reproduction of these species is of great interest for their use and for ecological restoration plans that aim to promote the restoration of interaction networks between plants and animals. *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. (Malpighiaceae) has oil flowers that interact with female solitary bees, which collect these resources to feed larvae and seal colonies. This plant is found in Cerrado formations and has excellent potential for restoring degraded areas as it acts as a succession accelerator. Therefore, the objective was to study the phenology and reproductive biology of this species. The study was conducted in a remnant of degraded cerrado *sensu stricto* at the Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais in Montes Claros MG. In this area, *H. byrsonimifolia* had individuals with morphs with and without elaiophores. Phenology, floral morphology, floral biology, pollen viability, reproductive system, fruit and seed morphometry, germination and pollinators observed were studied. Flowering peaked in early October and fruiting and dispersal occurred in November and December. The flower morphs showed morphological differences in the width of the landing petal, the length of the stamens, the length of the anthers and the length of the other petals, and these differences can be explained by the relationship with the pollinators. Flower life was 24 hours, with receptive stigma for 12 hours. The species showed low pollen viability in both flower morphs, with germination below 5%. *H. byrsonimifolia* is self-incompatible and relies on the action of pollinators for fruiting. Ants and bees were observed foraging on the flowers. There was a significant difference in fruit and seed morphometry between plants with and without elaiophores, no differences were observed between crosses. There was no germination of seeds. Knowledge of the reproductive strategies of native species is crucial for managing areas for conservation or restoration, as is enabling and controlling the quality of seeds for seedling production.

Keywords: Pollination. Reproductive System. Succession. Oil flowers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem dos fragmentos de cerrado <i>sensu stricto</i> , Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Minas Gerais.....	28
Figura 2 - Diagrama climatológico do período de janeiro a dezembro de 2021, no município de Montes Claros, Minas Gerais (fonte: INMET)	29
Figura 3 – Indivíduos de <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss, em remanescente de cerrado <i>sensu stricto</i> degradado, Montes Claros, Minas Gerais.....	30
Figura 4 – Índice de atividade das fenofases vegetativas em <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> , em fragmento de Cerrado degradado, em Montes Claros, Minas Gerais.....	33
Figura 5 - Ciclo fenológico da fase reprodutiva da espécie.....	34
Figura 6 – Índice de atividade das fenofases reprodutivas em <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> , em fragmento de Cerrado degradado, em Montes Claros, Minas Gerais.....	35
Figura 7 – Índice de atividade das fenofases reprodutivas e vegetativa, evidenciando o rápido investimento na produção de frutos e dispersão na estação chuvosa em <i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	35
Figura 8 - Ciclo da Biologia floral de <i>H. byrsonimifolia</i> A. Juss.....	37
Figura 9 - Receptividade estigmática - fotos tirada em estereomicroscópio - momento em que ocorre o contato do estigma com o H ₂ O ₂ , indicando a receptividade através do borbulhamento.....	38
Figura 10 – Detalhe da emissão de tubos polínicos em grãos de pólen germinados de <i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	39
Figura 11 - Medianas comparando o tratamento glândula (E - com elaióforo, SE - sem elaióforo) em relação ao valor apresentado pelos frutos em cada uma das categorias de medidas.....	41
Figura 12 - Medianas comparando o tratamento glândula (E - com elaióforo, SE - sem elaióforo) em relação ao valor apresentado pelas sementes em cada uma das categorias de medidas.....	42
Figura 13 - Abelhas visitando flores de <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss. em remanescente de cerrado <i>sensu stricto</i> degradado, em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela I - Número de samarídeos e sementes avaliados para cada teste de polinização em plantas com elaióforo (E) e sem elaióforo (SE).....	32
Tabela II - Morfometria das flores com e sem elaióforos. Médias seguidas pela mesma letra na linha. Não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.....	36
Tabela III - Resultados dos testes de polinização controlada em <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> em área de cerrado degradado, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	- Comprimento Antera
AE	- Autopolinização Espontânea
AM	- Autopolinização Manual
CAC	- Comprimento Carpelo
CAL	- Largura Carpelo
CP	- Comprimento Pétala
CPP	- Comprimento Pétala de Pouso
CS	- Comprimento Sépala
DM	- Polinização cruzada diferente morfo
E	- Planta com elaióforo
ER	- Eficácia reprodutiva
EST	- Comprimento Estiletos
FIL	- Comprimento Filetes
ISI	- Índice de autoincompatibilidade
LP	- Largura Pétala
LPP	- Largura Pétala de Pouso
LS	- Largura Sépala
MM	- Polinização cruzada mesmo morfo
PA	- Polinização aberta
PED	- Pedicelo
SE	- Planta sem elaióforo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivos Específicos.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	O bioma cerrado	17
3.2	Interações ecológicas e restauração.....	17
3.3	Família Malpighiaceae	17
3.4	Fenologia e Biologia Reprodutiva.....	18
3.5	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss. e sua importância ecológica.....	19
3.6	Referências.....	20
4	ARTIGO(S)	26
4.1	Artigo - Biologia Reprodutiva de <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss. (Malpighiaceae): espécie facilitadora da regeneração de cerrados degradados.....	26
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos 'hotspots' mundiais de biodiversidade (MYERS et al., 2000; RIBEIRO, J. F., & WALTER, 1998). Muito da sua diversidade se deve à típica heterogeneidade espacial. São descritas onze formações, enquadradas em fitofisionomias florestais, savânicas e campestres (MACHADO et al., 2004; RIBEIRO; MACHADO; WALTER, 1998). Esse bioma presta importantes serviços ecossistêmicos, relacionados à biodiversidade, como o fornecimento de frutos nativos com alto valor energético e econômico (agricultura familiar), e grande diversidade de fauna, incluindo a fauna polinizadora de cultivos (KLINK; MACHADO, 2005; REIS; SCHMIELE, 2019). Entretanto, esse é o ecossistema mais ameaçado da América do Sul (KLINK; MACHADO, 2005) que está sofrendo uma das mais aceleradas conversões de áreas nativas para pastagem e agricultura já registradas (KLINK et al., 2020), associada a muitas outras pressões, como queimadas, mineração e desmatamentos. Estima-se que, anualmente, o cerrado perde 2,2 milhões de hectares, podendo levar ao desaparecimento do bioma até 2030 (MACHADO et al., 2004).

As interações flores-polinizadores são mediadas, principalmente, pela oferta de recursos florais. Esses recursos são usados pelos polinizadores para a alimentação, além de manutenção e funcionamento dos ninhos (SAZAN; BEZERRA; FREITAS, 2014; SIGRIST; SAZIMA, 2004; VOGEL; MACHADO, 1991). Diferentes polinizadores exigem recursos distintos, com diferentes composições energéticas e ofertados por espécies com adaptações específicas para cada grupo polinizador. Por isso, a manutenção da diversidade de flora é dependente da existência da diversidade polinizadora que, por vez sua, exige a oferta alimentar específica para cada grupo polinizador nos diferentes períodos do ano (MALUCELLI; MAIA; VARASSIN, 2018). Conhecer o recurso fornecido pelas espécies de plantas nos informa quais polinizadores serão capazes de se estabelecerem na área e entenderem se o fornecimento do recurso, ao longo do ano, contribui na seleção das espécies que podem atuar na atração e manutenção da fauna local.

A família Malpighiaceae compõe um grupo de plantas com importância ecológica para o cerrado. Essas plantas ofertam, como recurso floral, um óleo, recurso raro entre as angiospermas e altamente energético, produzido por glândulas denominadas elaióforos (VOGEL, 1990). Aproximadamente, 400 espécies de abelhas de hábito solitário dependem desse recurso floral para impermeabilização das células de cria e alimentação das larvas (SAZAN; BEZERRA; FREITAS, 2014; SIGRIST; SAZIMA, 2004; VOGEL; MACHADO, 1991). A especificidade da interação entre as plantas dessa família e seus polinizadores gerou grande uniformidade na morfologia floral desse grupo, que é caracterizado por flores hermafroditas, zigomorfas, com cinco pétalas unguiculadas, elaióforos aderidos na face abaxial das sépalas, androceu diplostêmone, anteras rimosas e gineceu tricarpelar com ovário súpero. A zigomorfia da flor se deve à pétala de pouso, utilizada pelo polinizador, no momento da "ordenha" das glândulas produtoras de óleo (NEFF; SIMPSON, 1981; SAZIMA; SAZIMA, 1989).

A biologia reprodutiva é o estudo dos processos reprodutivos de uma espécie, afim de entender a sua importância e função dentro de um ecossistema. Abrange o estudo da biologia das flores, formas de polinização (sexuada e assexuada), viabilidade polínica, interação e relação planta-polinizador, formação dos frutos e dispersão (RECH et al., 2014; SIGRIST; SAZIMA, 2004). Processos cruciais na

sobrevivência e conservação da variabilidade das populações de plantas, de animais polinizadores e dispersores e na capacidade de regeneração das vegetações (ATASAGUN et al., 2021; SILVA-BATISTA; KOSCHNITZKE; BOVE, 2020).

Heteropterys byrsonimifolia A.Juss. (Malpighiaceae,) é um arbusto ou arvoreta, amplamente distribuído no cerrado e campo rupestre do Brasil (PESSOA; COSTA; AMORIM, 2014). Foram realizadas duas pesquisas que destacam o potencial adaptativo dessa espécie a condições adversas. *H. byrsonimifolia* apresentou rápida resposta pós-fogo, com intenso brotamento, logo após a queimada (MEDEIROS; MIRANDA, 2008; SCHMIDT; SAMPAIO; BORGHETTI, 2005). Em experimentos que avaliaram a introdução de mudas em ambientes degradados e minas abandonadas, essa espécie apresentou elevada taxa de sobrevivência, oito anos após plantio, e capacidade de rebrota, mesmo após perder o caule (GOMES et al., 2018; LE STRADIC et al., 2014). Por isso, é sugerida como espécie potencial para restauração de ambientes campestres e savânicos no Cerrado (GOMES et al., 2018).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Compreender as estratégias reprodutivas de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss, fornecendo subsídios para seu uso em processos de restauração ecológica.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o período de oferta de recursos florais e dispersão dos frutos;
- Avaliar a dependência da ação dos polinizadores para a reprodução sexuada;
- Determinar o sistema reprodutivo da espécie;
- Determinar o efeito da morfo floral e da fonte de pólen no sucesso da frutificação e morfologia dos frutos e sementes.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O bioma cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma em extensão territorial do Brasil, abrangendo cerca de 2.000.000 km², sendo considerado um dos hotspots, por apresentar alto endemismo de espécies, comportando 33% da biota nacional (MYERS et al., 2000; SILVA JUNIOR et al., 2018). O cerrado é formado por fitofisionomias diversas, sendo as principais floresta, savana e campos; apresentando solo antigo, ácido e pobre em nutrientes, com altos níveis de alumínio e ferro, fazendo com que suas espécies apresentem adaptações para armazenar o alumínio (COLLI; VIEIRA; DIANESE, 2020).

As savanas contribuem com 30% da produção primária líquida, sendo fundamentais no ciclo terrestre do carbono (GONCALVES et al., 2021). Os atributos desejáveis em plantas nativas para o processo de restauração são alta taxa de sobrevivência, rápido crescimento, copas amplas e atratividade da fauna e que apresentem adaptações para superar os filtros ecológicos, permitindo o desenvolvimento e estabelecimento na área (DURIGAN et al., 1998; PILON et al., 2021).

3.2 Interações ecológicas e restauração

Promover interação positiva entre espécies pode aumentar as chances de sucesso em processo de restauração, principalmente, em ambientes que sofreram grande estresse (GAGNON et al., 2020). A presença de plantas que favorecem o desenvolvimento de outras espécies é fundamental em processos de recuperação de áreas degradadas. Espécies conhecidas como nucleadoras são capazes de se estabelecerem em áreas degradadas e proporcionarem um microclima, permitindo o estabelecimento de outras espécies (DE SILVÉRIO ARANTES et al., 2014). Abaixo da copa ocorre redução de temperatura, aumento da umidade do solo, redução da incidência solar, aumento de nutrientes no solo devido material orgânico e, dependendo da espécie, ocorre associação com micorrizas, o que favorece a disponibilização de nutrientes no solo, além de atrair dispersores e polinizadores (PILON; DURIGAN, 2013).

Uma comunidade diversificada tem maior chance de ter interações facilitadoras e, portanto, apresentar espécies com características adaptativas superiores (efeito seletivo); obtém maior aquisição de recursos e produção de biomassa através do uso complementar de recursos como N e P. Uma planta pode contribuir para o crescimento de outra por meio da transferência de recursos entre espécies ou por meio de mudanças na rizosfera que beneficiam as plantas vizinhas (LANNES et al., 2020).

3.3 Família Malpighiaceae

A família Malpighiaceae apresenta 588 espécies das quais 227 ocorrem no Cerrado (ALMEIDA; PELLEGRINI, 2021; SANTOS; AMORIM; CONCEIÇÃO, 2018; SEBASTIANI; MAMEDE, 2010). Malpighiaceae foi o primeiro grupo a adquirir glândulas de óleo, característica sinapomórfica (ALISCIONI et al., 2022; DAVIS; ANDERSON, 2010; DAVIS; ANDERSON; DONOGHUE, 2001;

POSSOBOM; MACHADO, 2017). . Essas glândulas, os elaióforos, ocorrem em par na face abaxial das sépalas, contudo, alguns gêneros apresentam redução no número de elaióforos, podendo até mesmo estar completamente ausentes, o que pode indicar uma mudança na síndrome de polinização e morfologia floral de algumas espécies (BONIFÁCIO et al., 2021; POSSOBOM; MACHADO, 2017; TORRETTA et al., 2017; VOGEL, 1990).

Toda a arquitetura floral é adaptada a favorecer o contato do polinizador com os órgãos masculinos e femininos durante a coleta do óleo (ALISCIONI et al., 2022; ALISCIONI; GOTELLI; TORRETTA, 2018; AVALOS et al., 2020; SIGRIST; SAZIMA, 2004). A aquisição das glândulas elaióforas está diretamente relacionada ao surgimento dos polinizadores coletores de óleo, devido à necessidade do rompimento da cutícula presente no estigma para que ocorra a polinização (AGUIAR et al., 2020; ALISCIONI et al., 2022; SIGRIST; SAZIMA, 2004).

Existem, aproximadamente, 400 espécies de abelhas coletores de óleo das Malpighiaceae, sendo os principais gêneros *Centris*, *Epicharis* (Apidae: Centridini, *sensu* Michener, 2007) e *Manoeca* (Apidae: Tapinotaspidini) (AVALOS et al., 2020; POSSOBOM; MACHADO, 2017; TORRETTA et al., 2017). A maioria das abelhas coletoras são fêmeas de hábito solitário que utilizam o recurso para impermeabilização das células de cria, alimentação das larvas e construção dos ninhos (DE MELO et al., 2018; NEFF; SIMPSON, 2017; POSSOBOM; MACHADO, 2018). Para forragear e coletar o óleo, as abelhas pousam sob a antera e o estigma e se agarram à base da pétala de pouso com a mandíbula, utilizando as patas para realizarem a raspagem do exsudato com o auxílio das fileiras de pêlos curvados (pentes) e estruturas espatulares, na direção oposta, que permitem a coleta e armazenamento do recurso nas escopas presentes nas pernas posteriores (BARÔNIO; TOREZAN-SILINGARDI, 2017; DE MELO et al., 2018; NEFF; SIMPSON, 2017; VOGEL, 1990).

3.4 Fenologia e Biologia Reprodutiva

A fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos, que são afetados por fatores bióticos e abióticos, caracterizando as fases resultantes desses eventos, as quais podem alterar toda a dinâmica do sistema a qual a espécie está inserida (ALVES et al., 2021; GRAY; EWERS, 2021; VILELA et al., 2018). Entender os ciclos das espécies tropicais pode auxiliar a compreensão dos padrões reprodutivos de polinizadores, como as abelhas, que desempenham um papel fundamental na manutenção da diversidade e animais dispersores que contribuem com a permanência das espécies na comunidade (ABERNETHY et al., 2018; BENCKE; MORELLATO, 2002; SAKAI; KITAJIMA, 2019). Muitos estudos realizados em ambientes tropicais têm apontado para um padrão de floração ligado a fatores abióticos, como mudança de temperatura, fotoperíodo, período de chuva, escassez de água, nutrientes, entre outros (ABERNETHY et al., 2018; SAKAI; KITAJIMA, 2019). As fenofases reprodutivas são responsáveis pela presença e manutenção dos polinizadores e dispersores de semente. Algumas espécies florescem de forma sincronizada e isso favorece a atração de polinizadores para a área, o fluxo gênico através da reprodução cruzada e troca de pólen, que está diretamente ligada à qualidade das sementes e dos recursos que serão fornecidos aos animais (FU et al., 2020; PEREIRA et al., 2022). Enquanto as fenofases vegetativas contribuem para a produção de serrapilheira e produtividade

primária da comunidade, ambos processos são fundamentais para a conservação, manejo e recuperação de área degradadas (ALVES et al., 2021).

A biologia reprodutiva aborda desde o processo de abertura das flores e seus caracteres morfológicos; a formação de frutos e sementes; a presença de visitantes florais, seu comportamento e interferência no processo de polinização e o recurso floral coletado durante o forrageamento (RECH et al., 2014; SIGRIST; SAZIMA, 2004). Os polinizadores desempenham um papel importante no processo de formação de frutos e sementes, pois é através da troca de pólen entre indivíduos, que algumas espécies conseguem evitar ou minimizar que a autopolinização ocorra (RECH et al., 2014). Para que o processo de autopolinização seja evitado, muitas espécies apresentam morfologia floral distintas, adequada a um polinizador específico, além de características florais como dicogamia e hercogamia (ALISCIONI; GOTELLI; TORRETTA, 2018; PANSARIN; ALVES-DOS-SANTOS; PANSARIN, 2017; RECH et al., 2014). Os recursos florais ou recompensas forais atuam na atração e fidelização dos polinizadores. Os principais recursos são pólen, néctar, resina, óleo e partes da flor, coletados e usados pelos polinizadores para se protegerem, alimentarem e reproduzirem (DE MELO et al., 2018; PANSARIN; ALVES-DOS-SANTOS; PANSARIN, 2017).

3.5 *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. e sua importância ecológica

Heteropterys byrsonimifolia A. Juss., conhecida popularmente por murici-macho, é amplamente encontrada em regiões de cerrado e campo rupestre. É caracterizada como arbusto, chegando a arvoretas, raramente lianas. Apresentam folhas ovais e coriáceas, pecíolo seríceo a glabrescente, eglanduloso; faces seríceas a glabrescentes; a abaxial com 4-6 glândulas intramarginais ou eglandulosa. As sépalas são tomentosa-ferruginea; as pétalas amarelas e membranáceas. Com estames iguais, filete glabros e anteras pilosas a glabrescentes, eretas a ressupinadas e ovário tomentoso e inflorescências com últimas unidades florais em corimbos 2-12-floros e filetes de 2,3-2,7 mm comprimento (PESSOA; COSTA; AMORIM, 2014). Apresenta frutos samarídeos, com asa dorsal papirácea e espessada no bordo superior (AMORIM; MARINHO; FRANCENER, 2022).

O gênero apresenta adaptação a áreas que sofrem com queimadas, como *H. pteropetala*, que se beneficia de queimadas tardias quando seus diásporos já foram dispersos; o que pode ser um indício do seu uso em áreas de restauração de cerrado e campo rupestre (SCHMIDT; SAMPAIO; BORGHETTI, 2005). *H. byrsonimifolia* apresentou uma excelente taxa de sobrevivência após 8,5 anos de plantio, habilidade de superar condições ambientais adversas e rápido crescimento após rebrota. Por isso, é sugerida como espécie com elevado potencial para ser usada em restauração de ambientes campestres e savânicos no Cerrado (GOMES et al., 2018).

3.6 Referências

- ABERNETHY, K. et al. Current issues in tropical phenology: a synthesis. **Biotropica**, v. 50, n. 3, p. 477-482, 2018.
- AGUIAR, A. J. C. et al. Biogeography and early diversification of Tapinotaspidini oil-bees support presence of Paleocene savannas in South America. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 143, n. November 2019, p. 106692, 2020.
- ALISCIONI, S. S. et al. Structural diversity of elaiophores in Argentine species of Malpighiaceae: morphology, anatomy, and interaction with pollinators. **Protoplasma**, v. 259, n. 3, p. 789-807, 1 maio 2022.
- ALISCIONI, S. S.; GOTELLI, M.; TORRETTA, J. P. Structure of the stigma and style of *Callaeum psilophyllum* (Malpighiaceae) and its relation with potential pollinators. **Protoplasma**, v. 255, n. 5, p. 1433-1442, 1 set. 2018.
- ALMEIDA, R. F.; PELLEGRINI, M. O. O. *Heteropterys rosmarinifolia*, a new species of Malpighiaceae with verticillate leaves from savannas grasslands of central Brazil. **PhytoKeys**, v. 175, p. 45-54, 2021.
- ALVARENGA, A. P. et al. Regeneração Natural em Nascentes Degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 1135-1140, 24 jun. 2016.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, I. DE J. et al. Fenologia reprodutiva e vegetativa de três espécies ocorrentes em uma área de restinga urbana em Salvador, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 48, 2021.
- AMORIM, A. M.; MARINHO, L. C.; FRANCENER, A. Deciphering the *Heteropterys pannosa* species complex (Malpighiaceae). **PeerJ**, v. 10, 17 fev. 2022.
- ARÉVALO-RODRIGUES, G.; DE ALMEIDA, R. F.; CARDOSO-GUSTAVSON, P. Anatomy of staminal glands in the Stigmaphylloid clade sheds light into new morphotypes of elaiophores and osmophores in Malpighiaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 306, n. 3, 1 jun. 2020.
- ATASAGUN, B. et al. Reproductive biology of *astragalus argaeus* (Fabaceae), a critically endangered endemic species. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, p. 1-11, 2021.
- AVALOS, A. A. et al. Structure and development of anthers and connective glands in two species of *Stigmaphyllon* (Malpighiaceae): are heteromorphic anthers related to division of labour? **Protoplasma**, v. 257, n. 4, p. 1165-1181, 1 jul. 2020.
- BARÔNIO, G. J.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Temporal niche overlap and distinct bee ability to collect floral resources on three species of Brazilian Malpighiaceae. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 168-180, 1 mar. 2017.

- BELAN, H. C. et al. Extranuptial nectaries in flowers: ants increase the reproductive success of the ant-plant *Miconia tocosa* (Melastomataceae). **Plant Biology**, v. 22, n. 5, p. 917-923, 2020.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 269-275, 2002.
- BENEZAR, R. M.; PESSONI, L. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 159-168, 2006.
- BONIFÁCIO, S. K. V. et al. Floral synorganization in acmantheroid clade suggests hypotheses to explain elaiophore suppression in Malpighiaceae. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 281, 1 ago. 2021.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A. **Regras para análise de Sementes**. 1. ed. [s.l.: s.n.].
- CAPPELLARI, S. C. et al. *Pterandra pyroidea*: A case of pollination shift within Neotropical Malpighiaceae. **Annals of Botany**, v. 107, n. 8, p. 1323-1334, 2011.
- COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 5, p. 1465-1475, 2020.
- COSTA, C. B. N.; COSTA, J. A. S.; RAMALHO, M. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, p. 103-114, 2006.
- DAFNI, A.; PACINI, E.; NEPI, M. A. S. S. I. M. O. Pollen and stigma biology. In: **Practical pollination biology**. [s.l.: s.n.]. p. 111-121.
- DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology; A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. **American Journal of Botany**, v. 97, n. 12, p. 2031-2048, 2010.
- DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R.; DONOGHUE, M. J. Phylogeny of Malpighiaceae: Evidence from chloroplast *ndhF* and *trnL-F* nucleotide sequences. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 1-12, p. 1830-1846, 2001.
- DE MELO, B. T. et al. Floral colour change in *Byrsonima variabilis* (Malpighiaceae) as a visual cue for pollen but not oil foraging by oil-collecting bees. **Science of Nature**, v. 105, n. 7-8, 1 ago. 2018.
- DE SILVÉRIO ARANTES, C. et al. Forest species colonizing cerrado open areas: distance and area effects on the nucleation process. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 37, n. 2, p. 143-150, 2014.
- DOS SANTOS, C. O. et al. Food Niche of Solitary and Social Bees (Hymenoptera Apoidea) in a Neotropical Savanna. **Sociobiology**, v. 67, n. 4, p. 554-565, 2020.

- DURIGAN, G. et al. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, assis, SP. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 421-429, 1998.
- FONSECA, R. S.; DOS SANTOS, F. A.; VIEIRA, M. F. Is the pollination efficiency of long-lived orchid flowers affected by age? **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 347-350, 2015.
- FREITAS, C. V.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 311-321, 2002.
- FU, Y. et al. Progress in plant phenology modeling under global climate change. **Science China Earth Sciences**, v. 63, n. 9, p. 1237-1247, 2020.
- GAGNON, K. et al. Facilitating foundation species: The potential for plant-bivalve interactions to improve habitat restoration success. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 6, p. 1161-1179, 2020.
- GOMES, V. M. et al. Long-term monitoring of shrub species translocation in degraded Neotropical mountain grassland. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 1, p. 91-96, 2018.
- GONCALVES, R. V. S. et al. Changes in the Cerrado vegetation structure: Insights from more than three decades of ecological succession. **Web Ecology**, v. 21, n. 1, p. 55-64, 2021.
- GRAY, R. E. J.; EWERS, R. M. **Monitoring forest phenology in a changing world** Forests, 2021.
- HERNANDEZ, F. M. P. et al. Germinação de sementes de *Heteropteris tomentosa* A. Juss. sob diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 617-621, out. 2011.
- IBARRA-ISASSI, J.; SENDOYA, S. F. Ants as floral visitors of *Blutaparon portulacoides* (A. St-Hil.) Mears (Amaranthaceae): an ant pollination system in the Atlantic Rainforest. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 10, n. 3, p. 221-227, 2016.
- KLINK, C. A. et al. The Role of Vegetation on the Dynamics of Water and Fire in the Cerrado Ecosystems: Implications for Management and Conservation. **Plants**, v. 9, n. 12, p. 1803, 18 dez. 2020.
- KLINK, C.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- LANNES, L. S. et al. Species richness both impedes and promotes alien plant invasions in the Brazilian Cerrado. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2020.
- LE STRADIC, S. et al. The role of native woody species in the restoration of Campos Rupestres in quarries. **Applied Vegetation Science**, v. 17, n. 1, p. 109-120, jan. 2014.
- MACHADO, R. B. et al. Estimativa de perda da área do Cerrado brasileiro. **Conservação Internacional**, 2004.
- MALUCELLI, T. S.; MAIA, F. R.; VARASSIN, I. G. Breeding system and pollination of *Pleroma trichopodum* DC. (Melastomataceae): A potential species for the restoration of Atlantic Forest in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 3, p. 402-409, 2018.

MAMEDE, M. C. H. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Malpighiaceae. **Boletim de Botânica Da Universidade de São Paulo**, v. 22, n. 2, p. 291-302, 2004.

MANRIQUE-HERNÁNDEZ, H. et al. Assessing Restoration Outcomes in Light of Succession: Management Implications for Tropical Riparian Forest Restoration. **Ecological Restoration**, v. 34, n. 2, 2016.

MARQUIS, R. J. Phenological Variation in the Neotropical Understory Shrub Piper Arielanum: Causes and Consequences. **Ecology**, v. 69, n. 5, p. 1552-1565, 1988.

MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Post-fire resprouting and mortality in Cerrado woody plant species over a three-year period. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 65, n. 1, p. 53-68, 2008.

MENDES, F. N.; RÊGO, M. M. C.; DE ALBUQUERQUE, P. M. C. Phenology and reproductive biology of two species of Byrsonima Rich. (Malpighiaceae) in Cerrado area in Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 4, 2011.

MICHENER, C. D. The Meliponini. In: **The bees of the world**. 2nd. ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, fev. 2000.

NEFF, J. L.; SIMPSON, B. B. Oil-Collecting Structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): Morphology, Function, and Use in Systematics. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 54, n. 1, p. 95-123, 1981.

NEFF, J. L.; SIMPSON, B. B. Vogel's great legacy: The oil flower and oil-collecting bee syndrome. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 232, p. 104-116, 1 jul. 2017.

NEWESTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, n. 2, p. 141, jun. 1994.

NUNES, Y. R. F. et al. Germinação de sementes de Guazuma ulmifolia Lam. (Malvaceae) e Heteropterys byrsonimifolia A. Juss (Malpighiaceae) sob diferentes tratamentos de escarificação tegumentar. **Unimontes Científica**, v. 8, n. 1, p. 43-52, 2006.

OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. **Flora**, v. 195, n. 4, p. 311-329, 2000.

PANSARIN, E. R.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; PANSARIN, L. M. Comparative reproductive biology and pollinator specificity among sympatric Gomesa (Orchidaceae: Oncidiinae). **Plant Biology**, v. 19, n. 2, p. 147-155, 2017.

PEREIRA, C. C. et al. What triggers phenological events in plants under seasonal environments? A study phylogenetically related plant species in sympatry. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2022.

- PEREIRA, I. M. et al. Estrutura da vegetação colonizadora em ambiente degradado por extração de cascalho em Diamantina, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 77, 2015.
- PESSOA, C.; COSTA, J. A. S.; AMORIM, A. M. Flora da Bahia: Malpighiaceae 2 - Heteropterys. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 14, p. 1-41, 30 dez. 2014.
- PILON, N. A. L. et al. The diversity of post-fire regeneration strategies in the cerrado ground layer. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 1, p. 154-166, 2021.
- PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de Cerrado. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 41, n. 99, p. 389-399, 2013.
- POSSOBOM, C. C. F.; MACHADO, S. R. Elaiophores: their taxonomic distribution, morphology and functions. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 3, p. 503-524, 15 maio 2017.
- POSSOBOM, C. C. F.; MACHADO, S. R. Elaiophores in three Neotropical Malpighiaceae species: a comparative study. **Plant Systematics and Evolution**, v. 304, n. 1, p. 15-32, 25 jan. 2018.
- RECH, A. R. et al. Polinização por engodo. In: **Biologia da Polinização**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 524.
- REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. 1-12, 2019.
- RIBEIRO, J. F., & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado : ambiente e flora**, p. 556, 1998.
- RIBEIRO, J. F.; MACHADO, B.; WALTER, T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. [s.l.] EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166.
- SAKAI, S.; KITAJIMA, K. Tropical phenology: Recent advances and perspectives. **Ecological Research**, v. 34, n. 1, p. 50-54, 2019.
- SANTOS, J. V. DOS; AMORIM, A. M.; CONCEIÇÃO, A. DE S. Malpighiaceae in the raso da catarina ecoregion, Bahia, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 3, 2018.
- SAZAN, M. S.; BEZERRA, A. D. M.; FREITAS, B. M. Oil collecting bees and *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (Malpighiaceae) interactions: The prevalence of long-distance cross pollination driving reproductive success. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, p. 347-357, mar. 2014.
- SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Oil-Gathering Bees Visit Flowers of Eglandular Morphs of the Oil-Producing Malpighiaceae. **Botanica Acta**, v. 102, n. 1, p. 106-111, 1989.
- SCHMIDT, I. B.; SAMPAIO, A. B.; BORGHETTI, F. Efeitos da época de queima sobre a reprodução sexuada e estrutura populacional de *Heteropterys pteropetala* (Adr. Juss.), Malpighiaceae, em áreas de Cerrado sensu stricto submetidas a queimas bienais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 927-934, 2005.

- SEBASTIANI, R.; MAMEDE, M. C. H. Estudos taxonômicos em Heteropterys subsect: Stenophyllarion (Malpighiaceae) no Brasil. **Hoehnea**, v. 37, n. 2, p. 337-366, 2010.
- SIGRIST, M. R.; SAZIMA, M. Pollination and reproductive biology of twelve species of neotropical malpighiaceae: Stigma morphology and its implications for the breeding system. **Annals of Botany**, v. 94, n. 1, p. 33-41, 2004.
- SILVA-BATISTA, I. C. DA; KOSCHNITZKE, C.; BOVE, C. P. Reproductive assurance in three Neotropical species of Podostemaceae: strategies of self-pollination and the first report of apomixis1. **Hoehnea**, v. 47, p. 1-9, 2020.
- SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 35, p. 1-14, 2018.
- SOUZA, L. A. D. et al. Structure and composition of the insect community associated with flower buds and inflorescences of Byrsonima verbascifolia (Malpighiaceae). **Journal of Natural History**, v. 54, n. 45-46, p. 2909-2925, 2020.
- TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 13-26, mar. 2000.
- TEIXEIRA, L. A. G.; MACHADO, I. C. Sistema de Polinização e Reprodução de Byrsonima Sericea DC (Malpighiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 3, p. 347-357, 2000.
- TORRETTA, J. P. et al. Is the variation of floral elaiophore size in two species of Stigmaphyllon (Malpighiaceae) dependent on interaction with pollinators? **Plant Ecology and Diversity**, v. 10, n. 5-6, p. 403-418, 2 nov. 2017.
- VILELA, A. A. et al. Climate changes affecting biotic interactions, phenology, and reproductive success in a savanna community over a 10-year period. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 12, n. 2, p. 215-227, 1 abr. 2018.
- VOGEL, S. History of the Malpighiaceae in the Light of Pollination Ecology. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 55, n. 1, p. 130-142, 1990.
- VOGEL, S.; MACHADO, I. C. Pollination of four sympatric species of Angelonia (Scrophulariaceae) by oil-collecting bees in NE. Brazil. **Plant Systematics and Evolution**, v. 178, n. 3-4, p. 153-178, 1991.
- WILLSON, M. F.; SCHEMSKE, D. W. Pollinator Limitation , Fruit Production , and Floral Display in Pawpaw (Asimina triloba). **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 107, n. 3, p. 401-408, 1980.
- WOODARD, S. H.; JHA, S. Wild bee nutritional ecology: predicting pollinator population dynamics, movement, and services from floral resources. **Current Opinion in Insect Science**, v. 21, n. Figure 1, p. 83-90, 2017.
- ZIAJA, M. et al. Availability of food resources for pollinators in three types of lowland meadows. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 4, p. 467-478, 2018.

4 ARTIGO

4.1 Biologia reprodutiva de *Heteropterys byrsonimifolia* A.Juss. (MALPIGHIACEAE): uma espécie potencial para restauração de cerrados degradados

Este artigo foi elaborado conforme normas da Anais da Academia Brasileira de Ciências.

RESUMO

O estudo foi desenvolvido em remanescente de cerrado *sensu stricto* degradado no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada em Montes Claros-MG. Nessa área, *H. byrsonimifolia* apresentou indivíduos com morfos com e sem elaióforos. Foi realizado o estudo da fenologia, morfologia floral, biologia floral, viabilidade polínica, sistema reprodutivo, morfometria de frutos e sementes, germinação e observados polinizadores. A floração atingiu pico de intensidade no início de outubro; a formação e dispersão dos frutos ocorreram nos meses de novembro e dezembro. Os morfos florais apresentaram diferenças morfológicas na largura da pétala de pouso, comprimento dos filetes, comprimento da antera e comprimento das demais pétalas. Tais diferenças podem ser explicadas pela relação com os polinizadores. A longevidade floral foi de 24 horas, com estigma receptivo por 12h. A espécie apresentou baixa viabilidade polínica de ambos os morfos florais, com germinação menor que 5%. *H. byrsonimifolia* é autoincompatível e dependente da ação de polinizadores para a frutificação. Foram observadas formigas e abelhas forrageando as flores. Houve diferença significativa na morfometria de frutos e sementes entre plantas com e sem elaióforos. Não foram observadas diferenças entre cruzamentos. Não houve germinação de sementes. O conhecimento das estratégias reprodutivas das espécies nativas é determinante na gestão de áreas para conservação ou restauração, além de permitir controlar a qualidade das sementes para a produção de mudas.

Palavras-chave: Polinização. Sistema Reprodutivo. Sucessão. Flores-de-óleo.

INTRODUÇÃO

Cerca de 87,5% das angiospermas são polinizadas por insetos. Algumas espécies apresentam polinizadores específicos e fundamentais no processo reprodutivo, pois garantem a manutenção da variabilidade genética (DOS SANTOS et al., 2020; FONSECA; DOS SANTOS; VIEIRA, 2015; NEFF; SIMPSON, 2017; SIGRIST; SAZIMA, 2004; ZIAJA et al., 2018). A ausência de determinados grupos de plantas, produtoras de alimentos e recursos florais, impacta diretamente na comunidade de polinizadores, pois limita a sobrevivência de grupos dependentes de recursos florais raros (WOODARD; JHA, 2017). Os principais recursos florais ofertados pelas angiospermas são pólen e néctar, entretanto, outros recursos menos frequentes, como resina, óleo e fragrância são essenciais para sobrevivência de grupos específicos de polinizadores (NEFF; SIMPSON, 1981). O óleo, por exemplo, apresenta alto valor energético, sendo usado na alimentação das larvas, impermeabilização das células de cria e construção dos ninhos (SAZAN; BEZERRA; FREITAS, 2014; SIGRIST; SAZIMA, 2004; VOGEL; MACHADO, 1991).

Plantas com flores-de-óleo apresentam uma interação específica com o polinizador, pois apenas abelhas especializadas são capazes de coletar o óleo nas glândulas (os elaióforos) presentes na base das pétalas, enquanto realizam a polinização cruzada dessas espécies (COSTA; COSTA; RAMALHO, 2006; NEFF; SIMPSON, 2017; SAZAN; BEZERRA; FREITAS, 2014; SIGRIST; SAZIMA, 2004). Malpighiaceae é a mais antiga e principal família produtora de óleo em regiões Neotropicais e abelhas solitárias fêmeas são os principais polinizadores (AGUIAR et al., 2020; MICHENER, 2007; POSSOBOM; MACHADO, 2017).

Recuperação de áreas degradadas é um dos maiores desafios para o restabelecimento das funções e serviços dos ecossistemas. A perda de nutrientes do solo, alteração na hidrologia local, desaparecimento da fauna responsável pela polinização e dispersão são alguns dos impactos que devem ser superados quando pensamos em restauração (ALVARENGA et al., 2016; MANRIQUE-HERNÁNDEZ et al., 2016). O reestabelecimento das funções do ecossistema é prioridade no processo de restauração dos ambientes degradados. Sendo assim, o estudo da biologia reprodutiva de espécies nativas que sejam adaptadas a ambientes degradados e capazes de se estabelecerem e viabilizarem uma rápida regeneração desses locais é de extrema importância (ALVARENGA et al., 2016; PEREIRA et al., 2015).

Heteropterys byrsonimifolia A. Juss., conhecida popularmente por murici-macho, é amplamente encontrada em região de cerrado e campo rupestre. É caracterizada como arbusto, chegando a arvoretas, raramente lianas. Essa espécie destaca-se pela capacidade de colonização de áreas degradadas e rebrota aérea pós-fogo (MEDEIROS; MIRANDA, 2008). Além de apresentar elevada taxa de sobrevivência após 8,5 anos de plantio, tem a habilidade de superar condições ambientais adversas e rápido crescimento após rebrota. Por isso, é sugerida com espécie com grande potencial para restauração de áreas degradadas no bioma Cerrado por apresentar um rápido crescimento, capacidade de se estabelecer em áreas degradadas e proporcionar um microclima para que outras espécies possam colonizar a área também (GOMES et al., 2018; LE STRADIC et al., 2014; PEREIRA et al., 2015). Somado a isso, está a capacidade de *H. byrsonimifolia* de ofertar óleo aos polinizadores, um

recurso floral raro entre as angiospermas e determinante para a sobrevivência de muitas espécies de abelhas solitárias. Entretanto, o desconhecimento das estratégias reprodutivas de *H. byrsonimifolia* limita o seu uso em planos de restauração ecológica, projetos de produção de mudas e de conservação da biodiversidade. Visando a preencher essas lacunas, o presente trabalho caracteriza a fenologia e a biologia reprodutiva dessa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado em remanescentes de cerrado *sensu stricto* degradado no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros-MG (coordenadas: 16°40'57,70" S, "43°50'19,62" W, 650m anm; Figura 1). A condição atual de degradação da área é resultante de histórico de uso com pastagem, o que gerou compactação dos solos, erosão e perda do componente orgânico. Essa situação é tipicamente encontrada em cerrados da região norte de Minas Gerais.



Figura 1. Imagem dos fragmentos de cerrado *sensu stricto*, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil. Fonte: Adaptado do Google Earth, 2022.

O Município de Montes Claros está localizado à mesorregião do norte do Estado de Minas Gerais. O clima da região é caracterizado por Köppen como AW (Tropical chuvoso), com temperatura

média mensal variando de 22,8°C (janeiro) a 18,3°C (julho) e a precipitação média anual de 1.096 mm (ALVARES et al., 2013) (Figura 2).

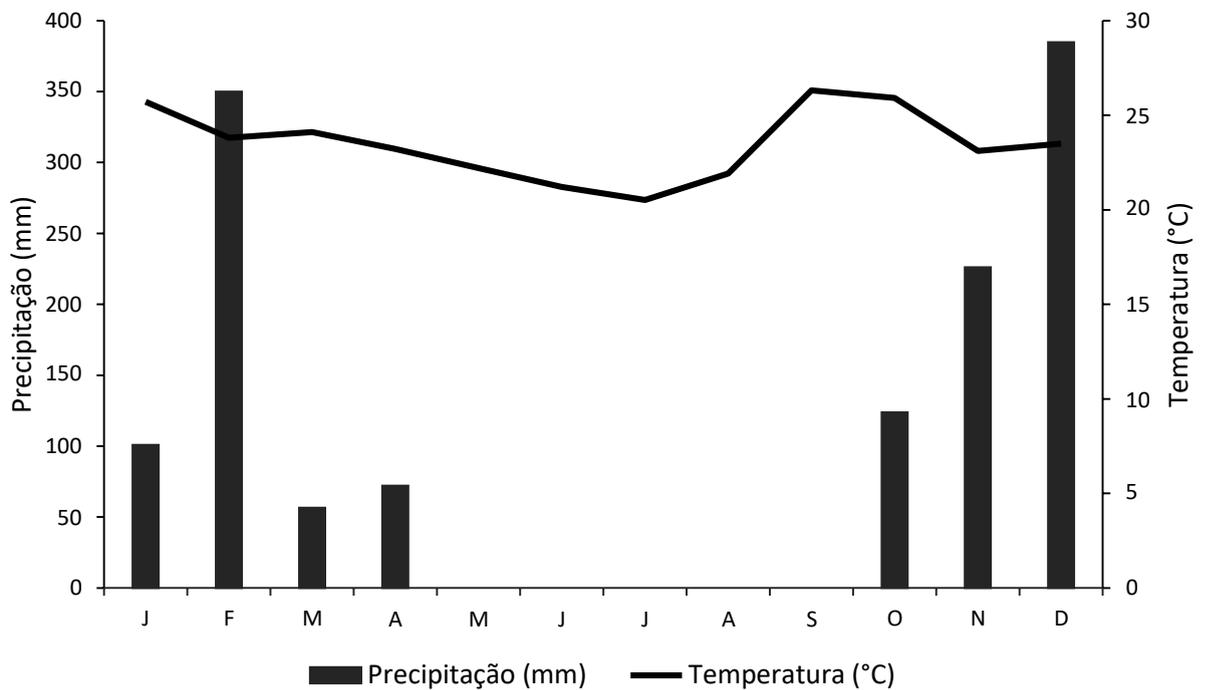


Figura 2. Diagrama climatológico do período de janeiro a dezembro de 2021, no município de Montes Claros, Minas Gerais (fonte: INMET). Barras = precipitação (mm); Linha = temperatura (°C).

Espécie Estudada

Heteropterys byrsonimifolia A. Juss. é uma espécie arbustiva a arbórea, medindo de 0,5 a 4m de altura (Figura 3). As folhas são verde-claro, coriáceas, ambas as faces seríceas a glabrescentes. As flores estão dispostas em inflorescências paniculiformes terminais do tipo corimbo. Apresenta flores hermafroditas, zigomorfas, pentâmeras, com pétalas amarelas, uma pétala diferenciada (pétala de pouso) e oito elaióforos (dois por sépala, exceto a sépala da pétala de pouso). O androceu é constituído por dez estames e anteras pilosas. O gineceu é composto por três estigmas centrais acima das anteras. O fruto é esquizocárpico com samarídeos (mericarpos) alados e asa dorsal mais desenvolvida que as laterais, dispersos pelo vento. Quando imaturos apresentam cor verde claro e maduro apresentam cor marrom (AMORIM; MARINHO; FRANCENER, 2022; PESSOA; COSTA; AMORIM, 2014). Na área de estudo *H. byrsonimifolia* encontramos indivíduos que apresentam elaióforos (padrão na família) e indivíduos que não apresentam elaióforo. Evidencia até o momento não relatado para a espécie.



Figura 3. Indivíduos a, b e c de *Heteropterys byrsonimifolia* A.Juss. em remanescente de cerrado *sensu stricto* degradado apresentando característica nucleadora, fundamental para desenvolvimento de outras espécies, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

Acompanhamento Fenológico

Trinta indivíduos, com altura maior que 1,30m, foram selecionados aleatoriamente, mantendo-se a distância mínima de 5m entre plantas. Esses indivíduos foram monitorados, semanalmente, de setembro a dezembro de 2021, período reprodutivo da espécie, sendo a dispersão dos frutos na estação chuvosa. Em cada monitoramento, foi realizada avaliação semi-quantitativa com o uso do Índice de Fournier (1974). Foram avaliadas as seguintes fenofases: i) galhos secos, ii) folhas senescentes, iii) folhas jovens/brotamento, iv) folhas adultas, v) botões florais, vi) flores abertas, vii) frutos imaturos e viii) frutos maduros.

Morfologia e Biologia Floral

Na morfologia floral, foi realizada medição (comprimento e largura) dos componentes das flores (elaióforos, pedicelo, sépalas, pétala de pouso, antera e filete, estilete e estigma, ovário) usando o microscópio. Foram analisadas 30 flores recém coletadas, oriundas de três indivíduos com elaióforos e três sem elaióforos.

Para avaliação da biologia floral, as flores foram acompanhadas ao longo de 12h, em apenas um dia, desde a abertura à senescência. Registramos as mudanças no padrão de coloração, posição e morfologia das peças e longevidade floral, sendo observadas de hora em hora (DAFNI; PACINI; NEPI, 2005). A avaliação foi realizada em 25 flores oriundas de cinco indivíduos com elaióforo e mesma repetição para flores sem elaióforos, totalizando 50 flores.

Para caracterização da receptividade estigmática, botões florais foram isolados em pré-antese. Foram usadas, nesse teste, 75 flores com e 75 sem elaióforos, provenientes de três indivíduos cada. A receptividade foi determinada por variações morfológicas (mudança na coloração e aparência) do estigma ao longo do período de antese da flor e o teste químico com o uso do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 6% (DAFNI; PACINI; NEPI, 2005).

A viabilidade polínica foi testada com a coleta de material de cinco flores por planta em 10 indivíduos com e 10 sem elaióforos. As flores foram coletadas pela manhã, com a antera ainda túrgida. Os grãos de pólen foram removidos das anteras de cada flor, com auxílio de seringa, e distribuídos em placas de Petri, contendo meio de cultura (200g de sacarose diluída em 400 mL de água destilada e 8g de ágar). As placas permaneceram em câmara com temperatura de 25°C, por 48h, no escuro. Após esse período, foram analisados 300 grãos de pólen por placa, usando o microscópio, retirando uma parte da placa de petri e colocando em lâminas, afim de determinar a proporção de germinação. Foram considerados germinados grãos de pólen que apresentaram tubo polínico com comprimento superior ao diâmetro do pólen, usando o microscópio (DAFNI; PACINI; NEPI, 2005).

Sistema Reprodutivo

Os experimentos para avaliar o sistema reprodutivo foram realizados em 20 indivíduos, sendo 10 com e 10 sem elaióforos. Foram executados seis testes de polinização (DAFNI et al. 2005): polinização aberta - flores mantidas em condições naturais e expostas aos polinizadores; autopolinização espontânea - botões florais isolados da pré - antese à senescência da flor ou início da frutificação; apomixia - botões em pré - antese submetidos à remoção dos estigmas e isolados (*sensu* MENDES; RÉGO; DE ALBUQUERQUE, 2011a); autopolinização manual (geitonogamia) - flores polinizadas com pólen de outras flores da mesma planta; polinização cruzada no mesmo morfo (xenogamia) - flores polinizadas com pólen de outros indivíduos do mesmo morfo; polinização cruzada entre morfos distintos - flores polinizadas com pólen de outros indivíduos com morfo floral distinto. Os isolamentos dos botões e flores foram realizados com embalagens de TNT (tecido não tecido).

Os cruzamentos foram realizados, na parte da manhã, com estigmas úmidos e brilhantes e anteras recém deiscentes. Os frutos produzidos foram coletados e usados na morfometria e teste de germinação. Foi determinado o sucesso reprodutivo (SR = % de samarídeos formados em relação à % de carpelos avaliados), o índice de autoincompatibilidade (ISI = % samarídeos formados por flores autopolinizadas manualmente / % samarídeos formados em flores submetidas à polinização cruzada) e a eficácia reprodutiva (ER = % de samarídeos formados em condições naturais / % de samarídeos formados por polinização cruzada) (FREITAS; OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA; GIBBS, 2000).

Morfometria dos Samarídeos e Diásporos

Para cada samarídeo e diásporo (semente mais parte do fruto), foram obtidos comprimento e largura, com o uso de paquímetro digital, e peso, com o uso de balança de precisão de 0,001g. Após a medição de cada samarídeo, a ala foi removida com auxílio de tesoura e o remanescente foi considerado semente (Tabela 1).

Tabela I. Número de samarídeos e sementes avaliados para cada teste de polinização em plantas com elaióforo (E) e sem elaióforo (SE). Autopolinização espontânea (AE); autopolinização manual (AM); polinização cruzada diferentes morfos (DM); polinização cruzada mesmo morfo (MM) e polinização aberta (PA).

Tratamento	Plantas E	Plantas SE
AE	5	5
AM	12	5
DM	31	55
MM	52	82
PA	114	135
TOTAL	214	282

Germinação

Após as medições, as sementes foram direcionadas para o teste de germinação. O número de sementes avaliadas foi distinto entre os testes de polinização, em função do sucesso reprodutivo, mas não houve separação entre os morfos. As sementes permaneceram armazenadas em sacos de papel por, aproximadamente, 5 meses. Foram avaliadas 100 sementes para polinização aberta, 10 para autopolinização espontânea, 17 para autopolinização manual, 100 para polinização cruzada mesmo de morfo e 87 para polinização cruzada entre morfos distintos. As sementes passaram por assepsia usando hipoclorito de sódio a 1% por dois minutos, lavadas com água corrente e dispostas em papel absorvente autoclavado para secagem (BRASIL/MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2009). O papel mata-borrão e a água destilada foram autoclavados; as caixas Gerbox® (10x10cm) e a câmara vertical tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) foram esterilizadas com o uso de álcool 70%.

Em cada caixa Gerbox®, o papel germitest foi umedecido com água destilada até o ponto de saturação. Foram adicionadas, em cada caixa Gerbox®, 10 sementes. A BOD foi mantida em temperatura e luz alternados: 30°C luz/12 horas e 20°C escuro/12 horas. As sementes foram acompanhadas por 30 dias (NUNES et al., 2006). Foram consideradas germinadas as sementes com emissão de radícula.

Visitantes Florais

O comportamento de polinizadores e visitantes florais foi observado ao longo dos experimentos de fenologia e biologia floral. Foram realizadas observações entre 05:30 às 17:30h, no mês de outubro, através de filmagens esporádicas ao longo das observações da biologia floral. Não realizamos nenhum tipo de identificação dos indivíduos observados. Eles foram classificados como polinizadores quando tocavam as partes reprodutivas das flores. Não foram coletados espécimes.

Análise de Dados

Dados, com distribuição paramétrica, foram analisados usando teste Tukey, enquanto, para distribuição não paramétrica, foi usado o teste de Kruskal-Wallis, isto é, na análise da produção de frutos através dos diferentes cruzamentos e na análise morfometria dos frutos e sementes. Os dados foram analisados com o uso do software R versão 4.2.0 (2022).

RESULTADOS

Acompanhamento Fenológico

Foi observada elevada sincronia entre os eventos fenológicos vegetativos e reprodutivos na população, exceto para três indivíduos que não apresentaram nenhuma das fases reprodutivas. Para as fenofases vegetativas, o mês de setembro foi caracterizado pela maior proporção de galhos secos e folhas senescentes, o que reduziu, gradativamente, até outubro, quando ocorreram os maiores índices de folhas jovens e adultas. (Figura 4).

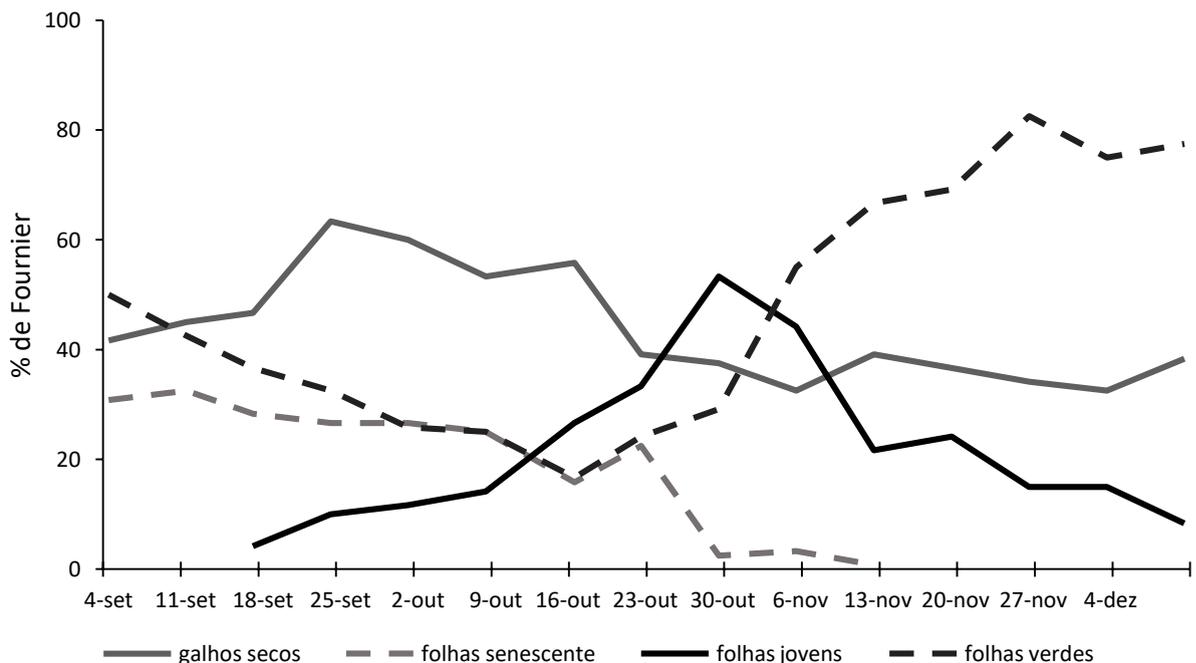


Figura 4. Índice de atividade das fenofases vegetativas em *Heteropterys byrsonimifolia*, em fragmento de cerrado sensu stricto degradado, em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

Em relação aos eventos reprodutivos, as flores abertas foram observadas, de meados de setembro até novembro, com pico nas duas primeiras semanas de outubro. O pico de frutos imaturos ocorreu na terceira semana de outubro, enquanto o pico de frutos maduros foi observado na primeira semana de novembro (Figura 5). Isso mostra que a espécie tem investimento rápido no desenvolvimento dos frutos, além de todo o ciclo reprodutivo ocorrer na estação chuvosa.



Figura 5. Ciclo fenológico da fase reprodutiva da espécie, a) botões em desenvolvimento, b) botões desenvolvidos, c) flores, d) frutos em início de desenvolvimento, e) frutos imaturos e f) frutos maduros.

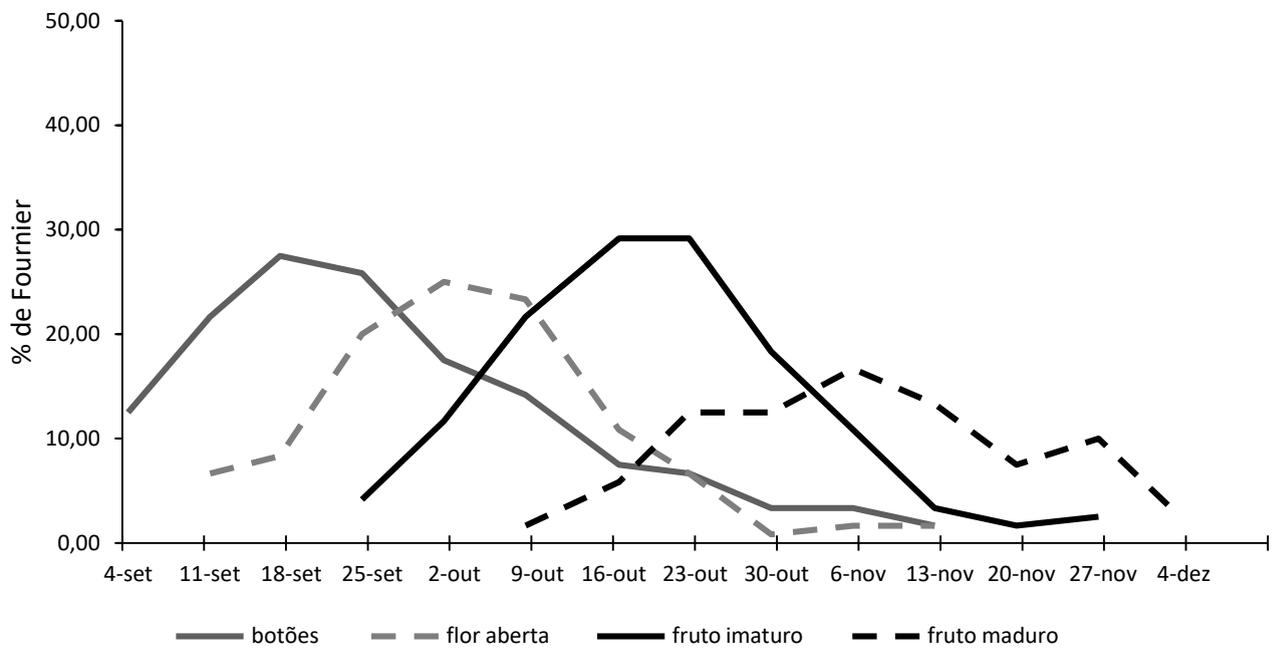


Figura 6. Índice de atividade das fenofases reprodutivas em *Heteropterys byrsonimifolia*, em fragmento de Cerrado degradado, em Montes Claros, Minas Gerais.

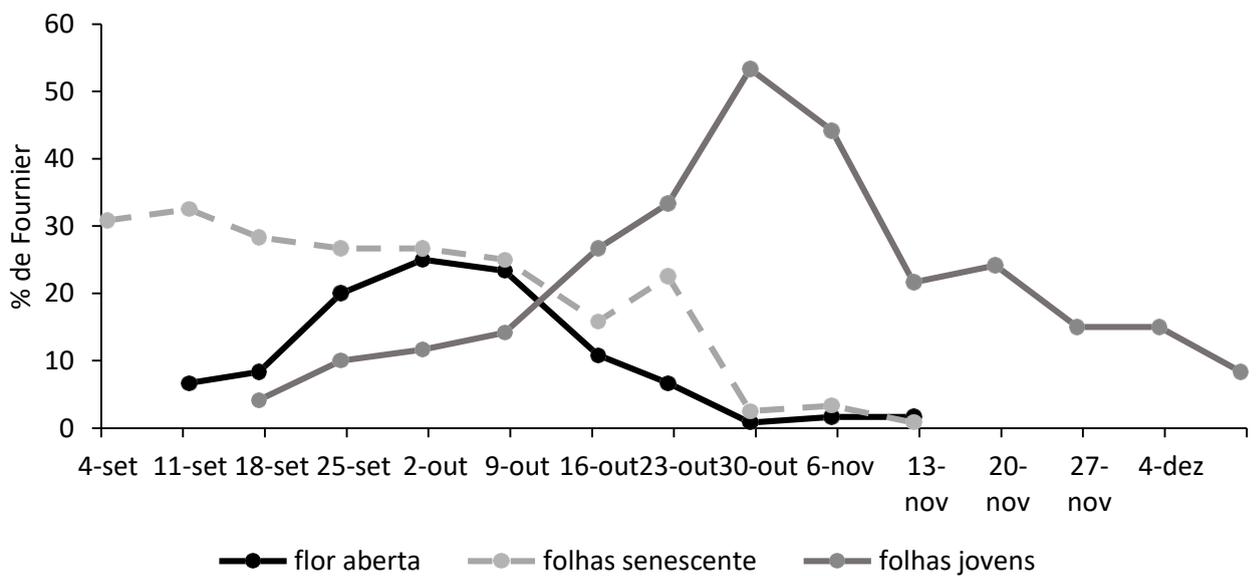


Figura 7. Índice de atividade das fenofases reprodutivas e vegetativa evidenciando o rápido investimento na produção de frutos e dispersão na estação chuvosa em *Heteropterys byrsonimifolia*.

Morfologia floral

Ao comparar as medidas entre das partes florais morfos com elaióforo e sem elaióforo algumas variáveis biométricas apresentaram valor significativo, evidenciando diferenças dentro da espécie. Foram distintas: pétala de pouso, comprimento dos filetes, comprimento da antera e comprimento das pétalas (Tabela 2).

Tabela II. Morfometria das flores com e sem elaióforos. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Variáveis biométricas	Sigla	Tipo de glândula			
		Com Elaióforo		Sem Elaióforo	
Comprimento Sépala	CS	3.1592 ± 0.255	a	3.0426 ± 0.303	a
Largura Sépala	LS	1.7360 ± 0.211	a	1.7430 ± 0.214	a
Comprimento Pétala	CP	7.0705 ± 0.765	b	7.9513 ± 1.067	a
Largura Pétala	LP	5.1076 ± 0.408	a	5.2171 ± 0.680	a
Comprimento Antera	AC	1.0222 ± 0.838	a	0.5973 ± 0.095	b
Comprimento Filetes	FIL	2.2274 ± 0.804	b	2.7241 ± 0.411	a
Comprimento Estiletos	EST	3.6115 ± 0.234	a	3.6886 ± 0.468	a
Comprimento Carpelo	CAC	0.7355 ± 0.135	a	0.7584 ± 0.071	a
Largura Carpelo	CAL	0.5899 ± 0.107	a	0.6515 ± 0.071	a
Pedicelo	PED	6.3650 ± 1.275	a	7.2027 ± 1.944	a
Comprimento Pétala de Pouso	CPP	6.9682 ± 0.877	a	7.3768 ± 0.540	a
Largura Pétala de Pouso	LPP	4.9820 ± 0.433	a	4.4824 ± 0.422	b

Foi observada variação na quantidade de elaióforos entre indivíduos e entre flores de um mesmo indivíduo. Dentre as flores avaliadas, dez apresentaram oito elaióforos, sendo dois por sépala e uma sépala sem nenhum. A média geral do comprimento dos elaióforos foi de $1,667 \pm 0,17$ e de $0,947 \pm 0,11$ para a largura.

Biologia Floral

A abertura das flores ocorre entre 05:00h e 08:00h. As pétalas se abrem de forma síncrona (todas de uma só vez) ou de forma sequencial (Figura 6). Na parte da manhã, os estames apresentam anteras túrgidas e os estigmas estão brilhantes. As flores permanecem em antese por 24h. Em seguida, entram em processo de senescência. A senescência é evidenciada com a mudança nas pétalas, que passam de amarelas a alaranjadas, e começam a murchar.



Figura 8. Ciclo da Biologia floral de *H. byrsonimifolia* A. Juss, Observações realizadas, durante 12h, no dia 12 de outubro de 2021. Esse dia estava nublado e com chuva fraca. Fases observadas: botão (pré antese). Foram selecionados e isolados no dia anterior. 1) 5:30h da manhã, as pétalas começam a abrir; 2) 9h, encontra-se, praticamente aberto, com estigma brilhante e anteras túrgidas; 3) 12h, flor completamente aberta; 4) 15h, estigma receptivo; 5) 18h, flor começa a entrar em senescência, antera vazia e 6) 24h, a avaliação: a flor murcha e com mudança na coloração das pétalas, estames caídos, ficando evidente apenas o estigma.

Receptividade estigmática

Foi observado borbulhamento, durante 12h, após a abertura das flores, com resposta mais intensa entre 09:00 e 15:00h (Figura 7).

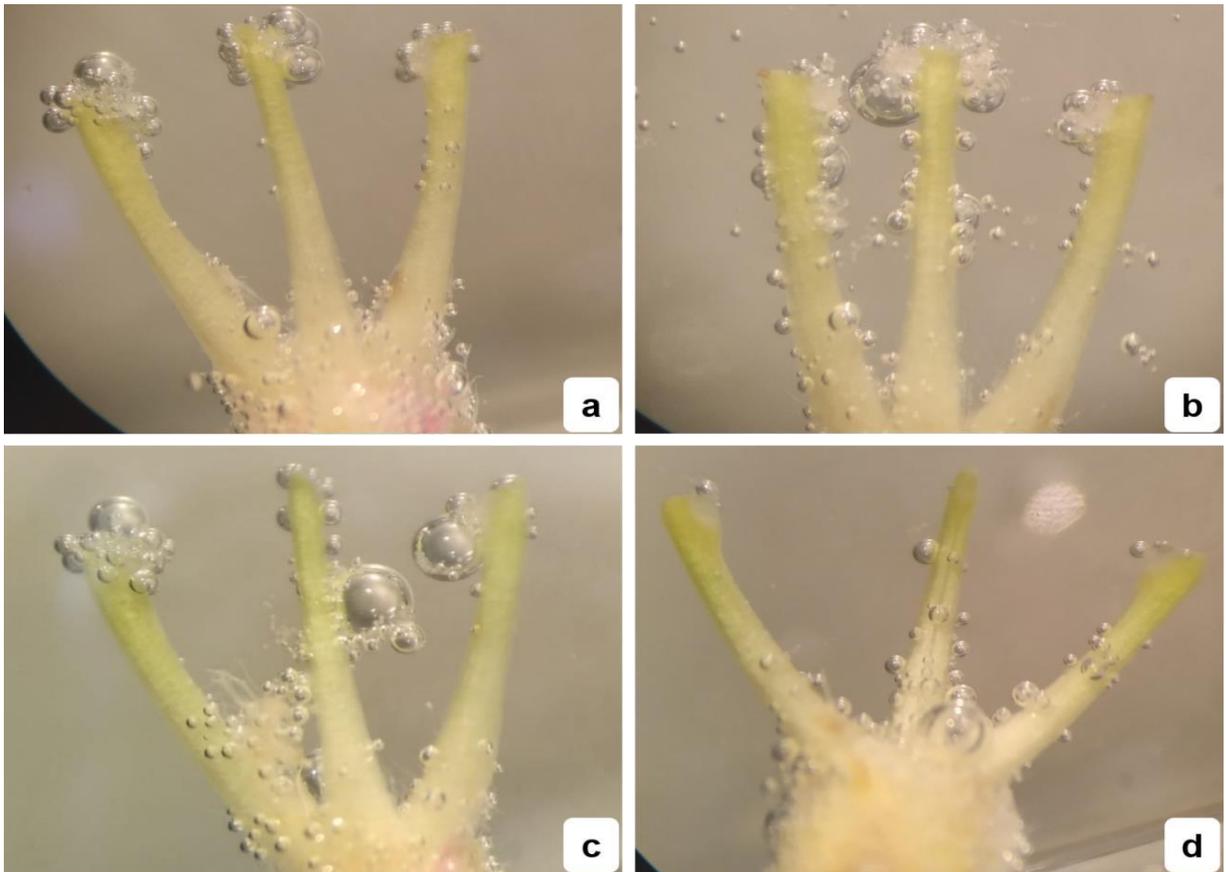


Figura 9. Receptividade estigmática - fotos tiradas em estereomicroscópio, momento em que ocorre o contato do estigma com o H_2O_2 , indicando a receptividade através do borbulhamento. A - 6h da manhã, logo após abertura da flor; B - 9h da manhã, início do período de maior receptividade; C - 12h, indicando alta receptividade; D - 18h, quando ocorre redução da receptividade estigmática.

Viabilidade polínica

Foi observada reduzida viabilidade polínica ambos os morfos, com germinação 4,82% em planta com elaióforos e 4,38% em plantas sem elaióforos (Figura 8). Em três indivíduos, sem elaióforos, não foi observada germinação dos grãos de pólen.

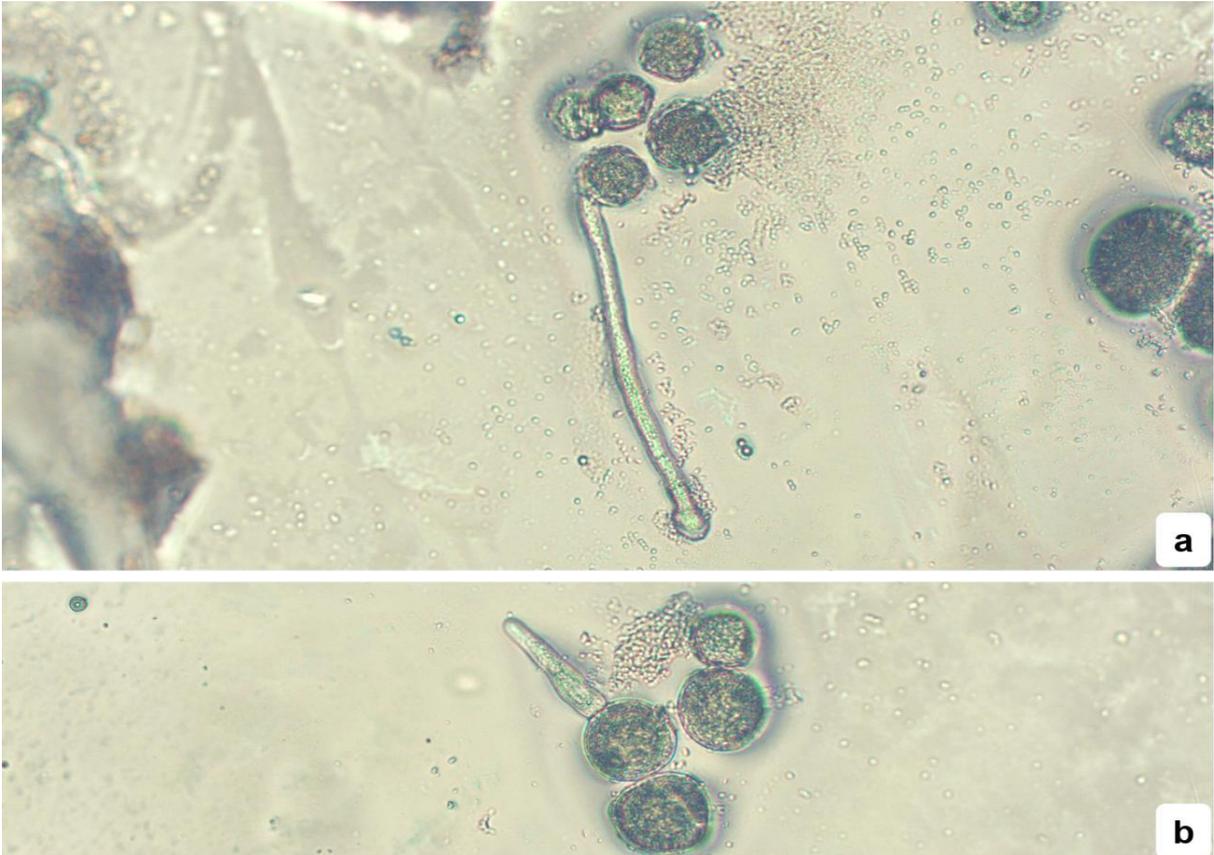


Figura 10. Detalhe da emissão de tubos polínicos em grãos de pólen germinados de *Heteropterys byrsonimifolia*.

Sistema Reprodutivo

Heteropterys byrsonimifolia caracteriza-se como espécie não apomítica (Tabela 3). A espécie apresenta-se autoincompatível, com menor formação de frutos para esse tratamento nas flores com elaióforos. Portanto, caracteriza – se como dependente da ação de polinizadores para a frutificação. As polinizações cruzadas entre mesmo morfos apresentaram maior sucesso reprodutivo.

Tabela III. Resultados dos testes de polinização controlada em *Heteropterys byrsonimifolia* em área de cerrado degradado, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil. ER – eficácia reprodutiva (% frutos de polinização natural / % frutos de polinização cruzada); ISI – índice de autocompatibilidade (% frutos de autopolinização manual / % frutos de polinização cruzada).

TRATAMENTOS	ELAIÓFOROS	SEM ELAIÓFOROS
	% (nº frutos / nº carpelos)	% (nº frutos / nº carpelos)
Polinização Aberta	20.23 % (213 / 1053)	21.59 % (195 / 903)
Apomixia	0 % (0 / 279)	0 % (0 / 315)
Autopolinização Espontânea	1.22 % (11 / 903)	0.69 % (6 / 870)
Autopolinização Manual	2.31 % (7 / 303)	6.87 % (20 / 291)
Pol. Cruzada Mesmo Morfo	42.98 % (98 / 228)	38.79 % (36 / 177)
Pol. Cruzada Diferente Morfo	33.82 % (69 / 204)	20.34 % (64 / 165)
ER	0.47%	0.55%
ISI	0.05%	0.17%

Morfometria dos Samarídeos e Diásporo

Os frutos de indivíduos com elaióforos apresentaram valores médios de comprimento 23,90mm ($\pm 5,05$), espessura 0,35mm ($\pm 0,34$), largura 9,47mm ($\pm 2,04$) e peso 0,04mg ($\pm 0,05$). Para indivíduos sem elaióforos, foram registrados os valores médios de comprimento 21,09mm ($\pm 4,76$), espessura 0,33mm ($\pm 0,37$), largura 8,32mm ($\pm 2,42$) e peso 0,03mg ($\pm 0,01$) (Figura 9). Foram observadas diferenças significativas nessas variáveis entre indivíduos com e sem elaióforos ($\chi^2 = 6,716$; $p = 0,009555$). Não foram observadas diferenças significativas entre a morfometria de frutos oriundos de diferentes tratamentos de polinização ($\chi^2 = 6,3249$; $p = 0,1762$).

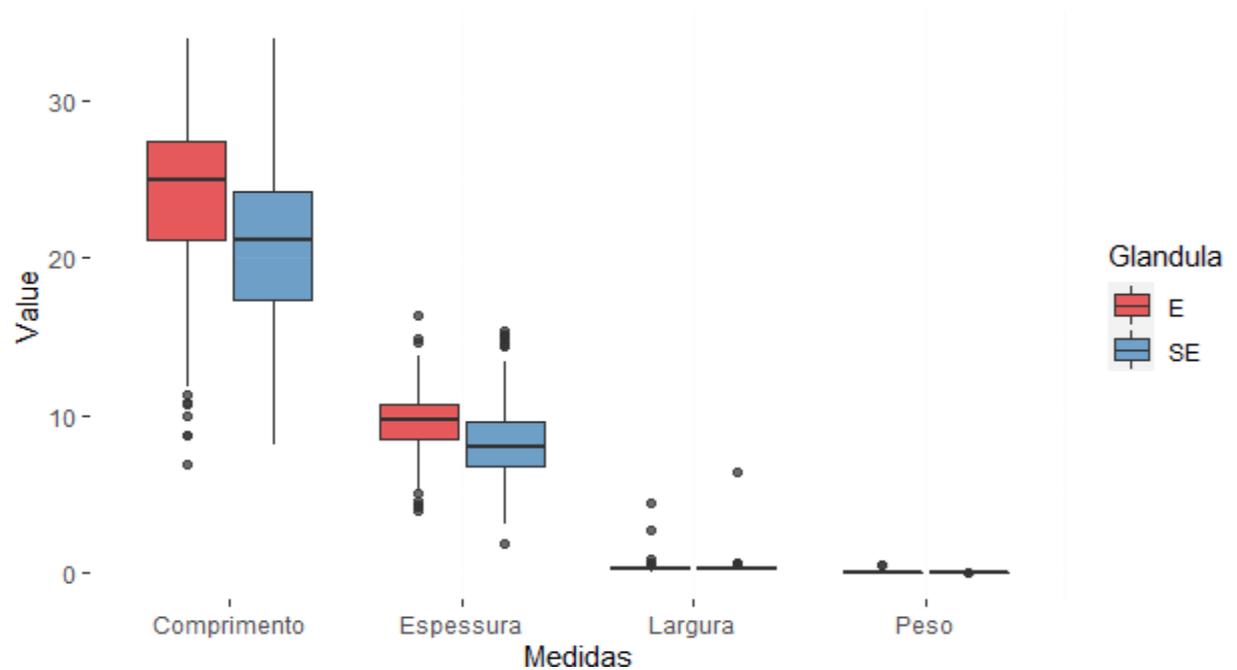


Figura 11. Medianas comparando o tratamento glândula (E - com elaióforo, SE - sem elaióforo) em relação ao valor apresentado pelos frutos em cada uma das categorias de medidas.

As sementes de indivíduos com elaióforos apresentaram valores médios de comprimento 6,85mm ($\pm 1,31$), espessura 3,16mm ($\pm 0,52$), largura 4,79mm ($\pm 0,63$) e peso 0,028mg ($\pm 0,01$). Para indivíduos sem elaióforos, foram registrados os valores médios de comprimento 6,78mm ($\pm 1,38$), espessura 2,66mm ($\pm 0,68$), largura 4,48mm ($\pm 0,81$) e peso 0,02mg ($\pm 0,01$) (Figura 10). Foram observadas diferenças significativas nessas variáveis para sementes de indivíduos com e sem elaióforos ($\chi^2 = 9,2775$; $p = 0,00232$). Não foram observadas diferenças significativas entre o morfometria das sementes oriundas de diferentes tratamentos de polinização ($\chi^2 = 6,6012$; $p = 0,1585$).

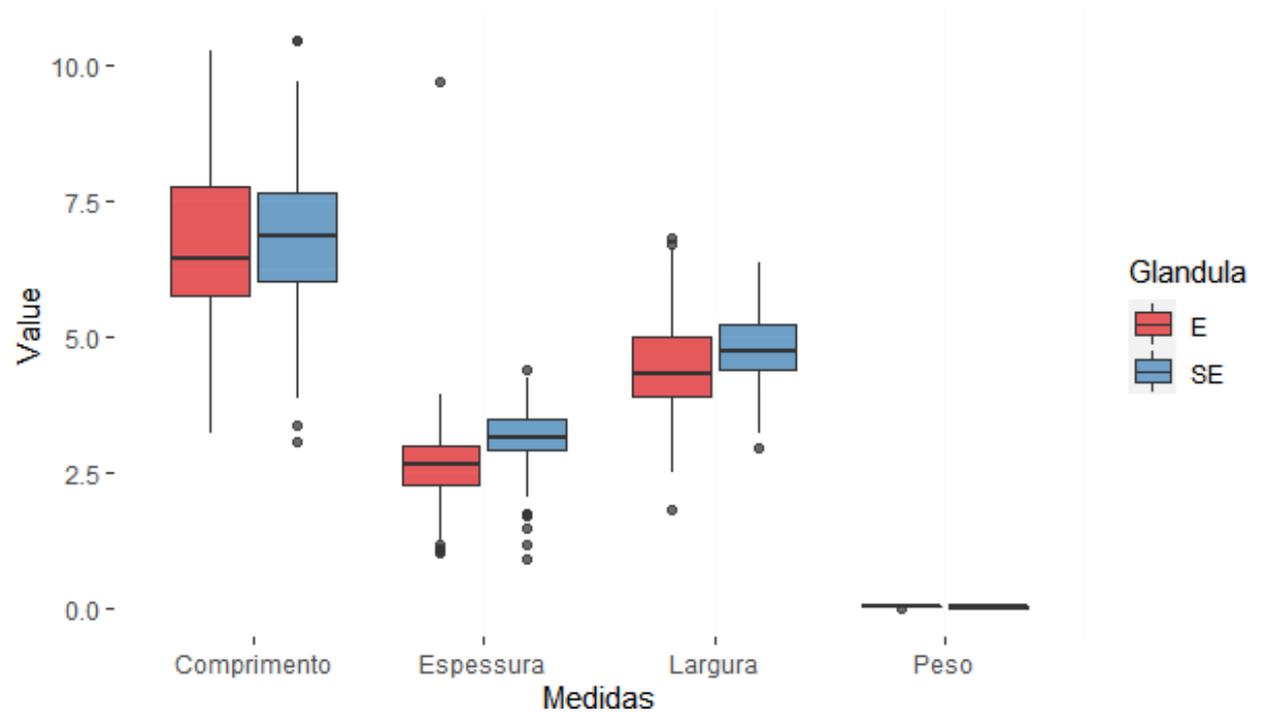


Figura 12. Medianas comparando o tratamento glândula (E - com elaióforo, SE - sem elaióforo) em relação ao valor apresentado pelas sementes em cada uma das categorias de medidas.

Germinação

Apenas uma semente germinou, do cruzamento de polinização cruzada entre diferentes morfos, de um indivíduo com elaióforo.

Visitantes Florais

Foram observadas formigas e abelhas forrageando as flores. Raramente, as formigas entraram em contato com o pólen, permanecendo na base das flores. As abelhas entraram em contato com o pólen e, em flores com elaióforos, foi observada a coleta do óleo. As visitas florais foram mais rápidas em flores sem elaióforos (Figura 11).



Figura 13. Abelhas visitando flores de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. em remanescente de cerrado *sensu stricto* degradado, em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

DISCUSSÃO

A *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. apresenta ciclo reprodutivo anual, com floração curta, de acordo com a classificação proposta por Newstrom et al. (1994). Espécies de ambientes sazonais, geralmente, apresentam ciclos anuais de reprodução, sendo o fator hídrico um dos principais influenciadores. Espécies de regiões secas demonstram maior periodicidade nas fases fenológicas, sendo que a mudança climática (mudança de estação seca e úmida) tem papel fundamental no surgimento das fenofases (MAMEDE, 2004; TALORA; MORELLATO, 2000). A sincronia observada nos eventos reprodutivos é estratégia adaptativa que garante a atração e fidelização do polinizador, que, por sua vez, promove o fluxo gênico nas espécies (MARQUIS, 1988; WILLSON; SCHEMSKE, 1980). *H. byrsonimifolia* demonstrou abundante floração e oferta de recursos florais para polinizadores no final da estação seca, período com baixa disponibilidade de flores no ecossistema, tornando essa espécie chave para a manutenção dos polinizadores óleo-dependentes na área. Seu ciclo de reprodução rápido é indicativo de que aproveita a estação chuvosa para dispersar os samarídeos e,

possivelmente, germinar as sementes, aproveitando a alta disponibilidade hídrica, mesmo sendo uma espécie que apresenta fruto seco.

Os elaióforos em plantas da família Malpighiaceae surgiram devido a forças seletivas exercidas pelos seus polinizadores (ALISCIONI et al., 2022). Na base das sépalas, estão presentes os elaióforos, sendo, regularmente, encontrados 8 elaióforos por flor. Às vezes, é possível encontrar flores com 7 ou com elaióforos vestigiais na base da pétala de pouso. A redução no número de elaióforos é uma característica recente dentro das Malpighiaceae e pode ser explicada tanto por um processo evolutivo, hereditário ou pela junção devido os feixes vasculares laterais da sépala anterior serem compartilhados com as sépalas laterais adjacentes (ALISCIONI et al., 2022). Alguns pontos que podem ser levantados sobre a supressão das glândulas de óleo: uma baixa frequência de abelhas coletoras de óleo na área. Isso pode ocorrer quando o recurso ofertado é de baixa qualidade e/ou quantidade; economia de recursos, por parte da espécie, que mantém os níveis de polinização através de uma estratégia de mimetismo entre os indivíduos com e sem elaióforos (BENEZAR; PESSONI, 2006; CAPPELLARI et al., 2011). Porém, como observado, o resultado reprodutivo foi maior entre indivíduos que apresentam elaióforo, demonstrando a importância das espécies coletoras de óleo para a permanência dessa característica na espécie.

Plantas com elaióforo apresentaram o comprimento das pétalas menor e largura da pétala de pouso maior do que as plantas sem elaióforo, sendo que essa pétala é usada para sinalizar abelhas coletoras de óleo no local de forrageamento (ARÉVALO-RODRIGUES; DE ALMEIDA; CARDOSO-GUSTAVSON, 2020). Ao realizar o forrageamento, o polinizador encosta seu ventre nas anteras, ocorrendo a adesão do pólen. Flores que apresentam uma antera menor depositam o pólen na parte ventral e flores com anteras maiores depositam na parte dorsal. Ao direcionar-se para outra flor, o exato local onde o pólen está aderido tocará no estigma, realizando, assim, a polinização e favorecendo a polinização cruzada de mesmo morfo. Dessa forma, a diferença no tamanho das peças florais pode influenciar o sucesso reprodutivo entre indivíduos de mesmo morfo.

Os resultados dos cruzamentos realizados mostraram dependência do polinizador por parte dos indivíduos de ambos os morfos de *H. byrsonimifolia*. Essa exigência pode ser explicada por um fator morfológico. Várias espécies de Malpighiaceae apresentam uma cutícula no estigma que impede o pólen de aderir, hidratar ou germinar. Essa barreira é rompida pela ação do polinizador, tornando essa família de plantas tipicamente dependente de polinizadores (ALISCIONI; GOTELLI; TORRETTA, 2018; SIGRIST; SAZIMA, 2004). Em boa parte dessas espécies, os órgãos reprodutivos ficam localizados no centro das flores, o que favorece o contato pelo polinizador no androceu e gineceu (ALISCIONI; GOTELLI; TORRETTA, 2018; POSSOBOM; MACHADO, 2018). Durante a coleta do óleo das flores com elaióforo, o ventre da abelha toca o estigma, rompendo a cutícula e permitindo a entrada do pólen depositado na parte ventral do abdômen. Por outro lado, nas flores que não apresentam elaióforo, o contato é mais rápido entre o polinizador e a flor, sendo, então, rompida a cutícula, recebendo pólen presente na parte dorsal do abdômen.

A autoincompatibilidade observada para *H. byrsonimifolia* não foge aos padrões da família Malpighiaceae, que apresenta espécies autoincompatíveis, auto-compatíveis e, mais raramente, apomíticas (SIGRIST; SAZIMA, 2004). Para *Byrsonima sericea*, foi observada variação no sistema

reprodutivo na mesma população, com indivíduos autocompatíveis e autoincompatíveis (TEIXEIRA; MACHADO, 2000). Um ponto importante a ser observado (Tabela 1) é a necessidade da presença de ambos os morfos em processos de restauração de áreas degradadas, pois o número de samarídeos produzidos através da polinização cruzada de indivíduos de Mesmo Morfo é, significativamente, maior do que as demais formas de polinização, mostrando a importância em manter a presença do polinizador na área para que seja possível realizar a polinização cruzada entre os indivíduos.

A ausência de germinação, observada no teste durante a pesquisa, contrasta com os achados de Nunes et al., (2006) para *Heteropterys byrsonimifolia*, que apresentou germinação próxima de 40% no controle. Alguns motivos para o insucesso da germinação podem estar relacionados a mecanismos ligados à baixa umidade (sementes ortodoxas) ou à perda da viabilidade por dessecação ou baixas temperaturas (sementes recalcitrantes) (MURDOCH; ELLIS, 2000). Ambos mecanismos se relacionam à forma de armazenamento que foi em condições ambiente para o experimento supra - citado. A assepsia também deve ser levada em consideração na falha do processo germinativo, pois todas as sementes apresentaram algum tipo de fungo. Semelhante ao citado para um experimento de germinação realizado com sementes de *Heteropterys tomentosa*, que apresentou alta suscetibilidade a ataques de patógenos e consequente deterioração das sementes (HERNANDEZ et al., 2011). Nos experimentos realizados com a *H. byrsonimifolia* por Nunes et al., (2006) foi usado fungicidas comercial que, inclusive, acelerou o processo germinativo.

A relação entre espécies de plantas e formigas pode vir a ser mutualística, dependendo da espécie de formiga e da fase reprodutiva (botão, floração) a qual ela está presente. Formigas podem atuar como protetoras contra ataques de herbívoros e, em alguns casos, atuam como polinizadoras, usando néctar como recompensa (IBARRA-ISASSI; SENDOYA, 2016; SOUZA et al., 2020). Em muitos casos, entretanto, a presença de formigas pode atrapalhar no processo de polinização, por reduzir a atração do polinizador pela planta ou, até mesmo, atuar como ladrão de néctar e se alimentar das partes florais (BELAN et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

A maioria das plantas produtoras de óleo ocorrem em regiões de distribuição geográfica das abelhas coletoras de óleo, sendo o Cerrado uma das principais áreas de presença desses polinizadores (CAPPELLARI et al., 2011). Mesmo os indivíduos que não apresentam elaióforo, tendem a ser polinizados por abelhas coletoras de óleo por mimetizarem as flores e por florescerem de forma síncrona com os indivíduos que apresentam flores com elaióforo (ALISCIONI et al., 2022; SAZIMA; SAZIMA, 1989), como observado em *H. byrsonimifolia*.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro; aos professores dos laboratórios de Melhoramento Florestal e Patologia Florestal, pela permissão do desenvolvimento deste trabalho nos respectivos laboratórios. À Fapemig, pelo recurso na compra dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

- ABERNETHY, K. et al. Current issues in tropical phenology: a synthesis. **Biotropica**, v. 50, n. 3, p. 477-482, 2018.
- AGUIAR, A. J. C. et al. Biogeography and early diversification of Tapinotaspidini oil-bees support presence of Paleocene savannas in South America. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 143, n. November 2019, p. 106692, 2020.
- ALISCIONI, S. S. et al. Structural diversity of elaiophores in Argentine species of Malpighiaceae: morphology, anatomy, and interaction with pollinators. **Protoplasma**, v. 259, n. 3, p. 789-807, 1 maio 2022.
- ALISCIONI, S. S.; GOTELLI, M.; TORRETTA, J. P. Structure of the stigma and style of *Callaeum psilophyllum* (Malpighiaceae) and its relation with potential pollinators. **Protoplasma**, v. 255, n. 5, p. 1433-1442, 1 set. 2018.
- ALMEIDA, R. F.; PELLEGRINI, M. O. O. *Heteropterys rosmarinifolia*, a new species of Malpighiaceae with verticillate leaves from savannas grasslands of central Brazil. **PhytoKeys**, v. 175, p. 45-54, 2021.
- ALVARENGA, A. P. et al. Regeneração Natural em Nascentes Degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 1135-1140, 24 jun. 2016.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, I. DE J. et al. Fenologia reprodutiva e vegetativa de três espécies ocorrentes em uma área de restinga urbana em Salvador, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 48, 2021.
- AMORIM, A. M.; MARINHO, L. C.; FRANCENER, A. Deciphering the *Heteropterys pannosa* species complex (Malpighiaceae). **PeerJ**, v. 10, 17 fev. 2022.
- ARÉVALO-RODRIGUES, G.; DE ALMEIDA, R. F.; CARDOSO-GUSTAVSON, P. Anatomy of staminal glands in the Stigmaphylloid clade sheds light into new morphotypes of elaiophores and osmophores in Malpighiaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 306, n. 3, 1 jun. 2020.
- ATASAGUN, B. et al. Reproductive biology of *astragalus argaeus* (Fabaceae), a critically endangered endemic species. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, p. 1-11, 2021.
- AVALOS, A. A. et al. Structure and development of anthers and connective glands in two species of *Stigmaphyllon* (Malpighiaceae): are heteromorphic anthers related to division of labour? **Protoplasma**, v. 257, n. 4, p. 1165-1181, 1 jul. 2020.
- BARÔNIO, G. J.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Temporal niche overlap and distinct bee ability to collect floral resources on three species of Brazilian Malpighiaceae. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 168-180, 1 mar. 2017.

- BELAN, H. C. et al. Extranuptial nectaries in flowers: ants increase the reproductive success of the ant-plant *Miconia tococha* (Melastomataceae). **Plant Biology**, v. 22, n. 5, p. 917-923, 2020.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 269-275, 2002.
- BENEZAR, R. M.; PESSONI, L. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 159-168, 2006.
- BONIFÁCIO, S. K. V. et al. Floral synorganization in acmantheroid clade suggests hypotheses to explain elaiophore suppression in Malpighiaceae. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 281, 1 ago. 2021.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A. **Regras para análise de Sementes**. 1. ed. [s.l.: s.n.].
- CAPPELLARI, S. C. et al. *Pterandra pyroidea*: A case of pollination shift within Neotropical Malpighiaceae. **Annals of Botany**, v. 107, n. 8, p. 1323-1334, 2011.
- COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 5, p. 1465-1475, 2020.
- COSTA, C. B. N.; COSTA, J. A. S.; RAMALHO, M. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, p. 103-114, 2006.
- DAFNI, A.; PACINI, E.; NEPI, M. A. S. S. I. M. O. Pollen and stigma biology. In: **Practical pollination biology**. [s.l.: s.n.]. p. 111-121.
- DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology; A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. **American Journal of Botany**, v. 97, n. 12, p. 2031-2048, 2010.
- DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R.; DONOGHUE, M. J. Phylogeny of Malpighiaceae: Evidence from chloroplast *ndhF* and *trnL-F* nucleotide sequences. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 1-12, p. 1830-1846, 2001.
- DE MELO, B. T. et al. Floral colour change in *Byrsonima variabilis* (Malpighiaceae) as a visual cue for pollen but not oil foraging by oil-collecting bees. **Science of Nature**, v. 105, n. 7-8, 1 ago. 2018.
- DE SILVÉRIO ARANTES, C. et al. Forest species colonizing cerrado open areas: distance and area effects on the nucleation process. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 37, n. 2, p. 143-150, 2014.
- DOS SANTOS, C. O. et al. Food Niche of Solitary and Social Bees (Hymenoptera Apoidea) in a Neotropical Savanna. **Sociobiology**, v. 67, n. 4, p. 554-565, 2020.

- DURIGAN, G. et al. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, assis, SP. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 421-429, 1998.
- FONSECA, R. S.; DOS SANTOS, F. A.; VIEIRA, M. F. Is the pollination efficiency of long-lived orchid flowers affected by age? **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 347-350, 2015.
- FREITAS, C. V.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 311-321, 2002.
- FU, Y. et al. Progress in plant phenology modeling under global climate change. **Science China Earth Sciences**, v. 63, n. 9, p. 1237-1247, 2020.
- GAGNON, K. et al. Facilitating foundation species: The potential for plant-bivalve interactions to improve habitat restoration success. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 6, p. 1161-1179, 2020.
- GOMES, V. M. et al. Long-term monitoring of shrub species translocation in degraded Neotropical mountain grassland. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 1, p. 91-96, 2018.
- GONCALVES, R. V. S. et al. Changes in the Cerrado vegetation structure: Insights from more than three decades of ecological succession. **Web Ecology**, v. 21, n. 1, p. 55-64, 2021.
- GRAY, R. E. J.; EWERS, R. M. **Monitoring forest phenology in a changing world** *Forests*, 2021.
- HERNANDEZ, F. M. P. et al. Germinação de sementes de *Heteropteris tomentosa* A. Juss. sob diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 617-621, out. 2011.
- IBARRA-ISASSI, J.; SENDOYA, S. F. Ants as floral visitors of *Blutaparon portulacoides* (A. St-Hil.) Mears (Amaranthaceae): an ant pollination system in the Atlantic Rainforest. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 10, n. 3, p. 221-227, 2016.
- KLINK, C. A. et al. The Role of Vegetation on the Dynamics of Water and Fire in the Cerrado Ecosystems: Implications for Management and Conservation. **Plants**, v. 9, n. 12, p. 1803, 18 dez. 2020.
- KLINK, C.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- LANNES, L. S. et al. Species richness both impedes and promotes alien plant invasions in the Brazilian Cerrado. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2020.
- LE STRADIC, S. et al. The role of native woody species in the restoration of Campos Rupestres in quarries. **Applied Vegetation Science**, v. 17, n. 1, p. 109-120, jan. 2014.
- MACHADO, R. B. et al. Estimativa de perda da área do Cerrado brasileiro. **Conservação Internacional**, 2004.
- MALUCELLI, T. S.; MAIA, F. R.; VARASSIN, I. G. Breeding system and pollination of *Pleroma trichopodum* DC. (Melastomataceae): A potential species for the restoration of Atlantic Forest in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 3, p. 402-409, 2018.

- MAMEDE, M. C. H. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Malpighiaceae. **Boletim de Botânica Da Universidade de São Paulo**, v. 22, n. 2, p. 291-302, 2004.
- MANRIQUE-HERNÁNDEZ, H. et al. Assessing Restoration Outcomes in Light of Succession: Management Implications for Tropical Riparian Forest Restoration. **Ecological Restoration**, v. 34, n. 2, 2016.
- MARQUIS, R. J. Phenological Variation in the Neotropical Understory Shrub Piper Arielanum: Causes and Consequences. **Ecology**, v. 69, n. 5, p. 1552-1565, 1988.
- MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Post-fire resprouting and mortality in Cerrado woody plant species over a three-year period. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 65, n. 1, p. 53-68, 2008.
- MENDES, F. N.; RÊGO, M. M. C.; DE ALBUQUERQUE, P. M. C. Phenology and reproductive biology of two species of Byrsonima Rich. (Malpighiaceae) in Cerrado area in Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 4, 2011.
- MICHENER, C. D. The Meliponini. In: **The bees of the world**. 2nd. ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, fev. 2000.
- NEFF, J. L.; SIMPSON, B. B. Oil-Collecting Structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): Morphology , Function , and Use in Systematics. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 54, n. 1, p. 95-123, 1981.
- NEFF, J. L.; SIMPSON, B. B. Vogel's great legacy: The oil flower and oil-collecting bee syndrome. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 232, p. 104-116, 1 jul. 2017.
- NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, n. 2, p. 141, jun. 1994.
- NUNES, Y. R. F. et al. Germinação de sementes de Guazuma ulmifolia Lam. (Malvaceae) e Heteropterys byrsonimifolia A. Juss (Malpighiaceae) sob diferentes tratamentos de escarificação tegumentar. **Unimontes Científica**, v. 8, n. 1, p. 43-52, 2006.
- OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. **Flora**, v. 195, n. 4, p. 311-329, 2000.
- PANSARIN, E. R.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; PANSARIN, L. M. Comparative reproductive biology and pollinator specificity among sympatric Gomesa (Orchidaceae: Oncidiinae). **Plant Biology**, v. 19, n. 2, p. 147-155, 2017.
- PEREIRA, C. C. et al. What triggers phenological events in plants under seasonal environments? A study phylogenetically related plant species in sympatry. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2022.

- PEREIRA, I. M. et al. Estrutura da vegetação colonizadora em ambiente degradado por extração de cascalho em Diamantina, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 77, 2015.
- PESSOA, C.; COSTA, J. A. S.; AMORIM, A. M. Flora da Bahia: Malpighiaceae 2 - Heteropterys. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 14, p. 1-41, 30 dez. 2014.
- PILON, N. A. L. et al. The diversity of post-fire regeneration strategies in the cerrado ground layer. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 1, p. 154-166, 2021.
- PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de Cerrado. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 41, n. 99, p. 389-399, 2013.
- POSSOBOM, C. C. F.; MACHADO, S. R. Elaiophores: their taxonomic distribution, morphology and functions. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 3, p. 503-524, 15 maio 2017.
- POSSOBOM, C. C. F.; MACHADO, S. R. Elaiophores in three Neotropical Malpighiaceae species: a comparative study. **Plant Systematics and Evolution**, v. 304, n. 1, p. 15-32, 25 jan. 2018.
- RECH, A. R. et al. Polinização por engodo. In: **Biologia da Polinização**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 524.
- REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. 1-12, 2019.
- RIBEIRO, J. F., & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado : ambiente e flora**, p. 556, 1998.
- RIBEIRO, J. F.; MACHADO, B.; WALTER, T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. [s.l.] EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166.
- SAKAI, S.; KITAJIMA, K. Tropical phenology: Recent advances and perspectives. **Ecological Research**, v. 34, n. 1, p. 50-54, 2019.
- SANTOS, J. V. DOS; AMORIM, A. M.; CONCEIÇÃO, A. DE S. Malpighiaceae in the raso da catarina ecoregion, Bahia, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 3, 2018.
- SAZAN, M. S.; BEZERRA, A. D. M.; FREITAS, B. M. Oil collecting bees and *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (Malpighiaceae) interactions: The prevalence of long-distance cross pollination driving reproductive success. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, p. 347-357, mar. 2014.
- SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Oil-Gathering Bees Visit Flowers of Eglandular Morphs of the Oil-Producing Malpighiaceae. **Botanica Acta**, v. 102, n. 1, p. 106-111, 1989.
- SCHMIDT, I. B.; SAMPAIO, A. B.; BORGHETTI, F. Efeitos da época de queima sobre a reprodução sexuada e estrutura populacional de *Heteropterys pteropetala* (Adr. Juss.), Malpighiaceae, em áreas de Cerrado sensu stricto submetidas a queimas bienais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 927-934, 2005.

- SEBASTIANI, R.; MAMEDE, M. C. H. Estudos taxonômicos em Heteropterys subsect: Stenophyllarion (Malpighiaceae) no Brasil. **Hoehnea**, v. 37, n. 2, p. 337-366, 2010.
- SIGRIST, M. R.; SAZIMA, M. Pollination and reproductive biology of twelve species of neotropical malpighiaceae: Stigma morphology and its implications for the breeding system. **Annals of Botany**, v. 94, n. 1, p. 33-41, 2004.
- SILVA-BATISTA, I. C. DA; KOSCHNITZKE, C.; BOVE, C. P. Reproductive assurance in three Neotropical species of Podostemaceae: strategies of self-pollination and the first report of apomixis1. **Hoehnea**, v. 47, p. 1-9, 2020.
- SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 35, p. 1-14, 2018.
- SOUZA, L. A. D. et al. Structure and composition of the insect community associated with flower buds and inflorescences of *Byrsonima verbascifolia* (Malpighiaceae). **Journal of Natural History**, v. 54, n. 45-46, p. 2909-2925, 2020.
- TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 13-26, mar. 2000.
- TEIXEIRA, L. A. G.; MACHADO, I. C. Sistema de Polinização e Reprodução de *Byrsonima Sericea* DC (Malpighiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 3, p. 347-357, 2000.
- TORRETTA, J. P. et al. Is the variation of floral elaiophore size in two species of *Stigmaphyllon* (Malpighiaceae) dependent on interaction with pollinators? **Plant Ecology and Diversity**, v. 10, n. 5-6, p. 403-418, 2 nov. 2017.
- VILELA, A. A. et al. Climate changes affecting biotic interactions, phenology, and reproductive success in a savanna community over a 10-year period. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 12, n. 2, p. 215-227, 1 abr. 2018.
- VOGEL, S. History of the Malpighiaceae in the Light of Pollination Ecology. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 55, n. 1, p. 130-142, 1990.
- VOGEL, S.; MACHADO, I. C. Pollination of four sympatric species of *Angelonia* (Scrophulariaceae) by oil-collecting bees in NE. Brazil. **Plant Systematics and Evolution**, v. 178, n. 3-4, p. 153-178, 1991.
- WILLSON, M. F.; SCHEMSKE, D. W. Pollinator Limitation , Fruit Production , and Floral Display in Pawpaw (*Asimina triloba*). **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 107, n. 3, p. 401-408, 1980.
- WOODARD, S. H.; JHA, S. Wild bee nutritional ecology: predicting pollinator population dynamics, movement, and services from floral resources. **Current Opinion in Insect Science**, v. 21, n. Figure 1, p. 83-90, 2017.
- ZIAJA, M. et al. Availability of food resources for pollinators in three types of lowland meadows. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 4, p. 467-478, 2018.

5 CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS

Heteropterys byrsonimifolia apresenta floração síncrona com abundante oferta de recurso no final do período seco, momento de baixa disponibilidade de flores no ecossistema. São de fundamental importância para a manutenção de polinizadores coletores de óleo, além de favorecer o estabelecimento de outras espécies sob sua copa.

A população estudada apresenta indivíduos com e sem elaióforos, característica até então desconhecida na espécie. Apresenta a necessidade de que ambos os morfos sejam introduzidos quando utilizados em processos de restauração de áreas degradadas. Foram observadas diferenças na morfometria das flores, frutos e sementes entre esses indivíduos, características que influenciam no sucesso reprodutivo. A espécie é autoincompatível e dependente da ação de polinizadores para a frutificação.