

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA FLORESTAL

**Estratégias reprodutivas de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss.  
(MALPIGHIACEAE) em cerrado degradado**

LARISSA CAROLINE DA MATA TERRA

LARISSA CAROLINE DA MATA TERRA

**Estratégias reprodutivas de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss.  
(MALPIGHIACEAE) em cerrado degradado**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal de Minas  
Gerais para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Florestal.

**Professor Orientador:** Rubia Santos Fonseca

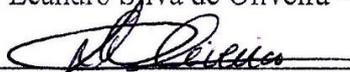
Montes Claros

2018

Larissa Caroline da Mata Terra. Estratégias reprodutivas de  
Heteropterys pyramimoides A. Juss. (Malpighiaceae) em ecossistema  
degradado

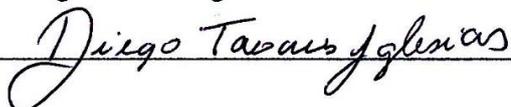
Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Leandro Silva de Oliveira – ICA/UFMG



---

Diego Tavares Iglesias – Mestrando Unimontes



---



---

Prof. Rubia Santos Fonseca - Orientadora ICA/UFMG

Montes Claros, 06 de 12 de 2018

*DEDICO*

*Primeiramente a Deus,*

*pelas conquistas alcançadas em minha vida,*

*à toda a minha família, amigos, orientadora e*

*professores.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, pela força, esperança e por abençoar sempre meu caminho em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Leonor e Jaqson, por não medirem esforços para me proporcionar sempre o melhor, pelo apoio, incentivo, amor e principalmente por não me deixarem perder a fé diante dos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos, Lorena e Daniel pelo amor e carinho.

Aos meus avós, Geralda, Anatólio, Vita e José, pelo carinho, apoio e por me incentivar sempre a seguir em frente, servindo-me de inspiração.

A todos os familiares, pelo apoio, carinho e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal de Minas Gerais, em especial aos meus mestres Stanley, pelas palavras de carinho, incentivo e conselhos, Rubia, pela paciência, orientação e ensinamentos, e a todos os professores que colaboraram para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos integrantes dos grupos REFFLOR, Deicy, Ivan, Saulo e Carlos que colaboraram com a realização desse trabalho.

De modo muito especial agradeço à Ivan, que foram meu braço direito e conforto para que pudesse seguir em frente, em meio aos desesperos. Pela amizade, companheirismo e contribuição para minha evolução acadêmica e pessoal.

Às minhas amigas Deicy, Nicole, Rayane e Juni por todo amor, carinho, apoio, pelos momentos divertidos e por toda ajuda a mim concedida durante a graduação.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este momento memorável fosse alcançado.

## RESUMO

O conhecimento das estratégias reprodutivas das plantas envolve a compreensão dos eventos da biologia floral, que ocorrem desde a abertura da flor até sua senescência, bem como a sua interação com os polinizadores. Malpighiaceae é uma das seis famílias de eudicotiledôneas que oferece óleo como recompensa floral para os visitantes. Esse recurso tem um alto valor energético e é utilizado por abelhas para alimentação de suas larvas e impermeabilização das células que cria. *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. apresenta indivíduos com e sem elaióforos. É uma espécie abundante no cerrado, com grande potencial para recuperação de áreas degradadas. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar aspectos da biologia reprodutiva de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. em cerrado *sensu stricto* e responder às seguintes perguntas: 1) Qual é o período de floração? Qual a duração da flor? Em que horário há maior visitação dos polinizadores? Essa espécie é dependente dos polinizadores para a frutificação? Qual é a viabilidade polínica? O comportamento reprodutivo varia entre indivíduos com e sem elaióforos? O presente trabalho foi realizado em remanescente de cerrado *sensu stricto* degradado no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros-MG. Foi analisada a fenologia reprodutiva, biologia floral, visitantes florais, viabilidade polínica e testes polinização, sendo eles: agamospermia, polinização natural e autopolinização espontânea, comparando plantas com e sem elaióforos. A floração de *H. byrsonimifolia* ocorre no período de outubro a novembro, com maior intensidade no final de outubro. A frutificação ocorreu durante todo o período analisado, com maior produção de frutos na última semana de novembro. A antese é diurna, com abertura da flor entre 06:00 e 07:00 horas com duração de 48 horas. Os visitantes florais foram mais frequentes em flores com elaióforos, sendo de 06:00 às 09:30 o horário com maior frequência de visitação. A viabilidade polínica para flores com elaióforos foi de 17,29% enquanto que em flores sem elaióforos foi de 7%. Os testes de polinização apresentaram sucesso reprodutivo de 74,26% para polinização natural em plantas sem elaióforos e 92,31% em plantas com elaióforos. Os testes de autopolinização espontânea e agamospermia não produziram frutos. Esses resultados evidenciam que *H. byrsonimifolia* é dependente de polinizador para frutificação e que o maior sucesso dos indivíduos com elaióforos pode estar relacionado à maior visitação e viabilidade polínica.

**Palavras-chave:** Elaióforo. Restauração. Viabilidade polínica.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** Flores de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. A: Cálice dos botões florais com elaióforos (seta); B: Cálice dos botões florais sem elaióforos (seta)..... 10
- Figura 2** Floração e frutificação em *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. de outubro a novembro de 2018..... 10
- Figura 3** Biologia floral de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. **A** – Botão em início de abertura (06:00 horas). **B** – Flor recém-aberta (07:00 horas). **C** – Flor após 6 horas de abertura. **D** – Flor senescente (após 49 horas de abertura).....11
- Figura 4** Número de visitantes florais em indivíduos de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. com e sem elaióforos ao longo do dia.....14

## LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1** Testes de polinização em flores de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. com e sem elaióforos.....12
- Tabela 1** Percentual de germinação dos grãos de pólen em indivíduos *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. com e sem elaióforos .....13
- Tabela 1** Média de visitantes por planta/hora, duração e recurso forrageado em flores de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. com e sem elaióforos.....14

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	3
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	4
<b>2.1. Cerrado</b> .....	4
<b>2.2. Fenologia e biologia reprodutiva</b> .....	5
<b>2.3. Família Malpighiaceae</b> .....	6
<b>2.4. Ecologia de polinização de Malpighiaceae</b> .....	7
<b>2.5. <i>Heteropterys byrsonimifolia</i></b> .....	8
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	8
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	9
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	15
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	15
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	16

## 1. INTRODUÇÃO

A compreensão da biologia reprodutiva das espécies depende fundamentalmente do conhecimento e determinação de padrões fenológicos, biologia floral, fluxo de pólen e do sistema reprodutivo (MAUÉS e COUTURIER, 2002). A manutenção das populações vegetais, é dependente da ação dos polinizadores, assim a diversidade de polinizadores e a sua relação com a comunidade vegetal explica alguns processos que promovem a conservação da biodiversidade (RODARTE et al., 2008).

A biologia floral reúne informações de todas as manifestações de vida da flor e da interação com seus polinizadores, seu estudo é determinante para o conhecimento sobre o sistema reprodutivo das plantas e estabelecimento de estratégias de conservação e manejo de espécies (FAEGRI e PIJL, 1979). Além disso, tais pesquisas são essenciais para a avaliação de interação entre flores e polinizadores e do sucesso reprodutivo, permitindo a compreensão maneira pela qual garantem a sua sobrevivência e perpetuação das populações em diferentes ambientes (KEARNS e INOUYE, 1993).

A família botânica Malpighiaceae é predominantemente tropical, com 65 gêneros e cerca de 1.250 espécies (CAMERON et al. 2001), das quais aproximadamente 85% são neotropicais (DAVIS et al. 2001). Essa família apresenta variedade de hábitos, frutos, pólenes e cromossomos, porém, há uniformidade na estrutura e arquitetura floral que apresenta sempre cinco pétalas, sendo uma delas diferenciada pela espessura da unha e a presença de elaióforos, glândulas de óleo, no cálice da flor na maioria dos gêneros, características que relacionam-se com atração, orientação e recompensa de polinizadores (ANDERSON, 1979).

As espécies dessa família apresentam um número variável de glândulas, ou as glândulas podem estar ausentes em algumas espécies ou indivíduos (VILHENA, 2007). Essas glândulas, são produtoras de óleo, recurso usado para alimentação das larvas de abelhas e impermeabilização das células que cria (VOGEL, 1990), pelo menos duas vezes mais energético que o néctar (BUCHMANN, 1987). Esse recurso é utilizado por cerca de 330 espécies de abelhas coletoras de óleo (ALVES-DOS-SANTOS, MACHADO e GAGLIANONE, 2007). O grupo mais diversificado desse tipo de abelhas é o da tribo Centridini, restrito às Américas, compreendendo cerca de 250 espécies (RAMALHO e SILVA, 2002). Malpighiaceae é a principal família produtora de óleos florais, sendo que

apenas as linhagens americanas desenvolveram elaióforos (BUCHMANN, 1987; VOGEL, 1990).

*Heteropterys byrsonimifolia* A.Juss., Malpighiaceae, é caracterizada pelo pecíolo seríceo a glabrescente, folhas ovais, inflorescências de cor amarela com as últimas unidades florais em corimbos (MAMEDE, 2004; AMORIM, 2014). Ocorre nos estados da Bahia, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e São Paulo (MAMEDE, 2004; AMORIM, 2014), em formações de campos rupestres e cerrados, entre 420 e 1450 metros de altitude, e é observada com flores de maio a dezembro e com frutos de abril a junho e de agosto a dezembro (PESSOA et al., 2014).

*H. byrsonimifolia* é típica e abundante em comunidade de cerrado *sensu stricto* (DINIZ e SOUSA, 2011; AMARAL, PEREIRA e MUNHOZ, 2006; FELFILI et al. 2002; ASSUNÇÃO e FELFILI, 2004; RODRIGUES-PINTO et al. 2009; MIRANDA, SILVA-JÚNIOR e SALLES, 2007). Essa espécie apresenta grande potencial para restauração de áreas degradadas, Le Stradic et al. (2014), ao pesquisar a reintrodução de espécies em campo rupestre observou que *H. byrsonimifolia* contribui com o estabelecimento de espécies herbáceas e na conservação do solo, além de apresentar elevada taxa de sobrevivência, acima de 78%. Além disso, *H. byrsonimifolia* apresenta resistência ao fogo, por apresentar emissão de brotos após queimada controlada (MEDEIROS e MIRANDA, 2008), demonstrando a importância da inclusão dessa espécie em planos de restauração.

Diante disso, o presente trabalho objetivou caracterizar aspectos da biologia reprodutiva de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. em cerrado *sensu stricto* e responder às seguintes perguntas: 1) Qual é o período de floração? Qual a duração da flor? Em que horário há maior visitação dos polinizadores? Essa espécie é dependente dos polinizadores para a frutificação? Qual é a viabilidade polínica? O comportamento reprodutivo varia entre indivíduos com e sem elaióforos?

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Cerrado**

O Cerrado é o segundo maior domínio brasileiro, ocupando 21% do território nacional, área inferior apenas à Amazônia (BORLAUG, 2002). No entanto, sua biodiversidade ainda é pouco estudada, o que é preocupante, pois apresenta a mais rica e ameaçada savana tropical

do planeta (BORLAUG, 2002). Segundo Aguiar et al. (2004), a velocidade em que o Cerrado está sendo destruído é muito superior à capacidade da comunidade científica em promover o conhecimento necessário para sua proteção e conservação. Machado et al. (2004a) realizaram um estudo que mostra que 55% do Cerrado já foi desmatado ou transformado pela ação humana, o que equivale a uma área de 880.000 km<sup>2</sup> e as taxas anuais variam entre 22.000 e 30.000km<sup>2</sup>.

## **2.2. Fenologia e biologia reprodutiva**

A fenologia é definida como o estudo temporal dos eventos do ciclo de vida. Para as plantas, a sazonalidade da floração, frutificação, brotamento, pode ser crítica para sobrevivência e reprodução. A análise fenológica é qualitativa e quantitativa, caracterizada pela observação dos fenômenos naturais da planta e o momento de ocorrência, duração e sincronia entre as fenofases (RATHCKE e LACEY, 1985). Fournier e Sallas (1966) realizaram um dos primeiros estudos fenológicos a nível de comunidade em espécies arbóreas de um bosque tropical seco, seguido pelo estudo de Janzen (1967), sobre o sincronismo na reprodução sexual de espécies arbóreas de floresta tropical, ambos na Costa Rica. Estes estudos mostram que a maioria das espécies arbóreas estudadas nestas comunidades apresenta o pico de floração e frutificação na estação seca.

A época de ocorrência de cada fenofase tem grande importância para sobrevivência da espécie, pois uma fase pode influenciar a ocorrência da outra, por exemplo, o florescimento é crucial, pois é o período em que ocorrem os cruzamentos e formação dos frutos e genótipos da próxima geração (SHIMIZU, 2007). Se em um ambiente, árvores florescem em tempos distintos, não haverá cruzamentos e a única forma será a autofecundação, que pode levar à baixa variabilidade das progênes, assim, a frutificação é influenciada diretamente pela floração, pois há situações em que certas espécies não frutificam e outras, não muito distantes, manifestam intensas frutificações (SHIMIZU, 2007).

Entender a reprodução e a ecologia das plantas é dependente do conhecimento de estratégias fenológicas como floração, frutificação, dispersão e estabelecimento. Em ambientes tropicais a diversidade de estratégias fenológicas representa formas de sobrevivência, e os mecanismos que selecionam padrões podem ser determinados pelas interações ecológicas, pelas relações filogenéticas e pela história das comunidades (EMBRAPA, 2008). O sucesso da população, em relação à sobrevivência e o estabelecimento de indivíduos jovens é dependente da época em que acontecem os eventos reprodutivos

(JANZEN, 1967). A fenologia das espécies é regulada por características endógenas associadas às variações climáticas, como época, intensidade, duração e periodicidade dos eventos (JANZEN, 1967; RATHCKE e LACEY, 1985).

As características da flor, de forma geral, odor, cor, fornecimento de recursos, período de antese e posição na planta, estão diretamente relacionadas à forma e ao comportamento de polinizadores, essas relações são determinantes para a manutenção da biodiversidade vegetal (FAEGRI e VAN DER PIJL, 1979; WASER et al., 1996; MACHADO e LOPES, 2004).

### **2.3. Família Malpighiaceae**

Malpighiaceae possui aproximadamente 71 gêneros e 1250 espécies (LOMBELLO e FORNI-MARTINS, 2003), das quais 85% são neotropicais (ANDERSON, 1979; DAVIS et al. 2001). No Brasil essa família encontra-se distribuída por todas as formações vegetais, com 45 gêneros e 572 espécies, sendo 345 endêmicas (FLORA DO BRASIL, 2018).

Há semelhança nas flores de Malpighiaceae em termos de morfologia geral, principalmente com relação à atração e recompensa aos polinizadores (ANDERSON, 1979). Apenas seis famílias de eudicotiledôneas produzem óleo como recurso floral, Malpighiaceae é uma delas (VOGEL e COCUCCI, 1995).

São encontrados alguns trabalhos sobre a biologia reprodutiva de Malpighiaceae, destacando o comportamento e ação das abelhas na polinização e no sucesso reprodutivo (KERR, 1960; ANDERSON, 1979; SIMPSON e NEFF 1981; SAZIMA e SAZIMA 1989; VINSON et al. 1997). Em várias espécies, alguns indivíduos de uma mesma população podem apresentar flores com redução ou ausência das glândulas de óleo ao lado de indivíduos com elaióforos (ANDERSON, 1979; SAZIMA e SAZIMA, 1989). Sigrist e Sazima (2004), estudando o sistema reprodutivo de doze espécies de Malpighiaceae, verificaram que em *Banisteriopsis lutea* (Rich.) Small e alguns indivíduos de *B. muricata* (Cav.) Cuatrec. e *Heteropterys intermedia* (A.Juss.) Griseb. ocorriam flores sem glândulas, as quais oferecem somente pólen como recompensa.

Estudos do comportamento dos visitantes florais em *B. intermedia* feitos por Oliveira (2007) demonstraram que as abelhas do gênero *Epicharis* são polinizadores efetivos e fundamentais para o ciclo reprodutivo da espécie, por exibirem alta frequência de visitas, sendo assim, a preservação de *B. intermedia* (A.Juss.) Griseb e das demais espécies de Malpighiaceae produtoras de óleo deve ser priorizada, uma vez que este recurso é necessário

para sobrevivência de abelhas Centridini, as quais utilizam o óleo na alimentação, desenvolvimento das larvas e na construção dos ninhos (OLIVEIRA et al, 2007).

#### 2.4. Ecologia de polinização de Malpighiaceae

Estudos sobre ecologia da polinização de espécies de Malpighiaceae têm sido relatados desde a descoberta do óleo como recompensa floral para os polinizadores, principalmente abelhas dos gêneros *Epicharis*, *Centris*, *Tetrapedia*, *Paratetrapedia* e *Monoeca* (BUCHMANN, 1987; SAZIMA e SAZIMA, 1989), que são adaptadas à coleta de óleo, possuindo estruturas especializadas (BUCHMANN, 1987). Essa especificidade estimulou estudos da morfologia do sistemas de polinização das Malpighiaceae neotropicais de vários ecossistemas (GOTTSBERGER, 1986; SAZIMA e SAZIMA, 1989; SIMPSON 1989; TEIXEIRA e MACHADO, 2000). O óleo é utilizado no alimento larval como substituto do néctar, devido ao seu valor energético superior (SIMPSON e NEFF, 1981; BUCHMANN, 1987; VINSON et al., 1997).

Observações comportamentais dos visitantes às flores de *Byrsonima sericea* mostraram que a coleta de óleo nesta espécie é exclusiva das abelhas Anthophoridae, especialmente tribo Centridini, sendo as espécies de *Centris* e *Epicharis* consideradas como polinizadores efetivos (TEIXEIRA e MACHADO, 2000). As abelhas do gênero *Augochloropsis* também são consideradas polinizadores efetivos, embora não colem óleo e *Trigona* e *Paratetrapedia* são pilhadores (TEIXEIRA e MACHADO, 2000). Sazima e Sazima (1989) descreveram o comportamento de abelhas *Centris* e *Epicharis* em visita às flores sem elaióforos de *Banisteriopsis muricata* e *Heteropterys aceroides*, constatando sucesso na coleta de pólen por vibração das anteras. Este fato foi observado de forma semelhante em *B. sericea* por Teixeira e Machado (2000). Mendes et al. (2011) observaram *Centris maranhensis* e *C. bicolor* coletando apenas óleo em duas espécies de *Byrsonima*, para coletar o óleo estas abelhas prendem-se através das mandíbulas na pétala estandarte e com os pentes basitarsais (aparato coletor de óleo), raspam os elaióforos, que acabam rompidos, e transferem para as escovas das pernas posteriores.

Buchmann (1987) mostrou que *Byrsonima umbellata* apresenta alta sincronia nos eventos fenológicos e um grande número de flores abertas por indivíduo, o que aumenta a quantidade de recursos disponíveis para os visitantes, sendo um importante fator para a manutenção e sobrevivência de populações de abelhas coletoras de óleo, que dependem deste recurso para completar seu ciclo de vida.

## 2.5. *Heteropterys byrsonimifolia*

*Heteropterys* é considerado o maior gênero da Malpighiaceae, com mais de 140 espécies que habitam diferentes ecossistemas, de savanas e bosques secos a florestas tropicais úmidas (DAVIS e ANDERSON, 2010). *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. ocorre de Tocantins, no norte do Brasil, Nordeste (Bahia, Maranhão, Piauí), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais, São Paulo) até o estado do Paraná, no sul do país. Ocorre em todo o domínio do Cerrado e em Florestas Estacionais Semidecíduais (FLORA DO BRASIL, 2018).

*H. byrsonimifolia* é arbusto ou arvoreta, com folhas coriáceas com 4 a 6 glândulas intramarginais, tomentosas e ferrugíneas, e laterais biglandulosas. Apresenta flores com pétalas amarelas, membranáceas, androceu isostêmone, com filetes glabros e anteras pilosas a glabrescentes. O gineceu apresenta ovário tomentoso, com estiletes retos e estigmas laterais (PESSOA et al., 2014).

Esse gênero tem mostrado resultados promissores em estudos farmacológicos (HUERTA-REYES et al. 2015). Segundo os mesmos autores *H. byrsonimifolia* apresentou efeito antifúngico, sendo eficiente no combate ao *Aspergillus ochraceus*, contaminante dos grãos de café. Entre as 43 espécies de plantas avaliadas, o extrato das folhas de *H. byrsonimifolia* foi o mais ativo.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em remanescente de cerrado *sensu stricto* degradado no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros-MG. O Município de Montes Claros está situado na Bacia do Alto Médio São Francisco, ao norte do estado de Minas Gerais. De acordo com dados do Instituto de Geo-Ciências Aplicadas – IGA, a sede do município tem a seguinte localização geográfica: Latitude, 16° 43' 41", Longitude, 43° 51' 54" e altitude de 638 metros. Esse município é caracterizado por clima sazonal (AW), com seis meses consecutivos de seca, isto é, com precipitação mensal inferior a 60 mm (ANTUNES, 1994).

A fenologia reprodutiva foi registrada semanalmente de outubro a novembro de 2018, com a avaliação das fenofases de floração (botão e flores) e frutificação (frutos imaturos e

maduros) em 14 indivíduos, sendo 7 com elaióforos e 7 sem elaióforos. O método utilizado para a análise de fenologia foi o de Fournier (1974), o qual para cada indivíduo, se estima a fenofase utilizando uma escala de 0 a 4, sendo considerado para uma dada fenofase o valor 0 se a mesma não existe, o valor 1 se a mesma ocorre numa intensidade de 1%-25%, o valor 2 se ocorre na intensidade de 26%-50%, o valor 3 para intensidade de 51%-75% e o valor 4 para intensidade de 76%-100%. O pico de floração foi determinado quando mais de 50% dos ramos de cada indivíduo se encontravam floridos (MACHADO e SEMIR, 2006).

A viabilidade do pólen foi analisada *in vitro* em meio de cultura. Os grãos de pólen coletados na antese foram inoculados em placas de Petri contendo sacarose, ágar e cloreto de cálcio. O pólen foi distribuído sobre o meio de cultura de modo a promover uma distribuição mais homogênea do material. A análise foi feita com flores de 6 indivíduos diferentes. Uma placa foi composta por grãos de pólen oriundos de três flores com elaióforos e outra placa com pólen de três flores sem elaióforos. Após 24 horas, foram avaliados a germinação do pólen a partir da presença do tubo polínico observado em microscópio óptico. Foram contabilizados um mínimo de 500 grãos de pólen por indivíduo.

Para o registro da longevidade dos eventos de floração e frutificação foram marcadas 2 inflorescências com flores em botão, distribuídos em 2 indivíduos, com e sem elaióforos. Os botões foram marcados antes da abertura e acompanhados para determinar o horário de abertura (início da separação das pétalas), liberação de pólen e a longevidade floral (período da abertura à senescência).

Para a compreensão inicial do sistema reprodutivo foram realizados os seguintes testes: (1) Autopolinização espontânea: botões florais isolados, com tecido musseline, da pré-antese à senescência; (2) Controle (polinização aberta): inflorescências marcadas e deixadas naturalmente expostas ao ambiente; (3) Agamospermia: remoção da superfície estigmática em botões florais com o auxílio de estilete, seguida do isolamento dos mesmos.

Os visitantes foram observados das 06:00h às 17:00h no dia 14 de novembro de 2018, em duas plantas com elaióforos e duas sem elaióforos, sendo anotadas a duração e o horário de visitas, bem como os comportamentos mais frequentes e o recurso floral forrageado.

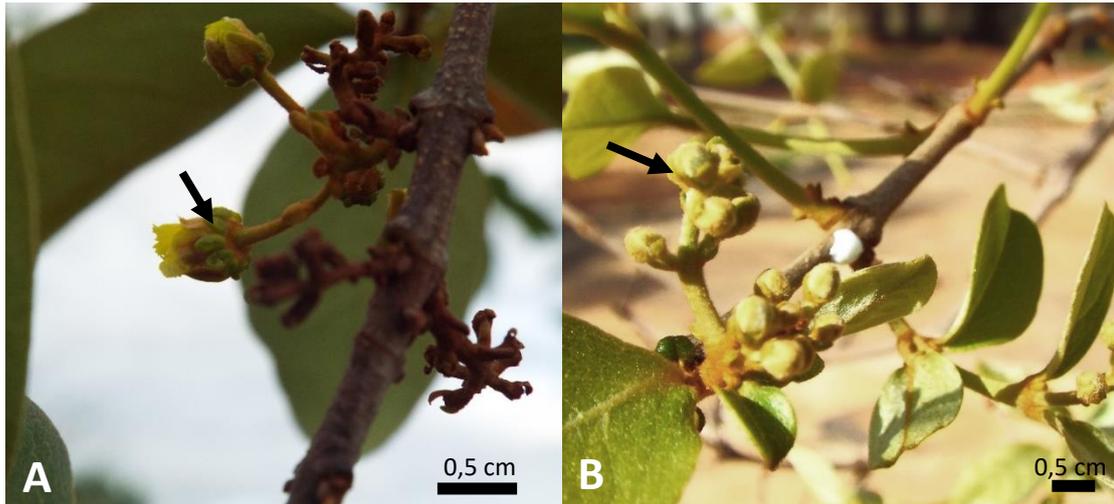
A diferença entre a germinabilidade dos grãos de pólen de plantas com e sem elaióforos foi analisada pelo teste qui-quadrado no programa BioEstat.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

*Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. possui flores hermafroditas, zigomorfas, pentâmeras, com uma pétala diferenciada e dez elaióforos (dois por sépala), apresenta

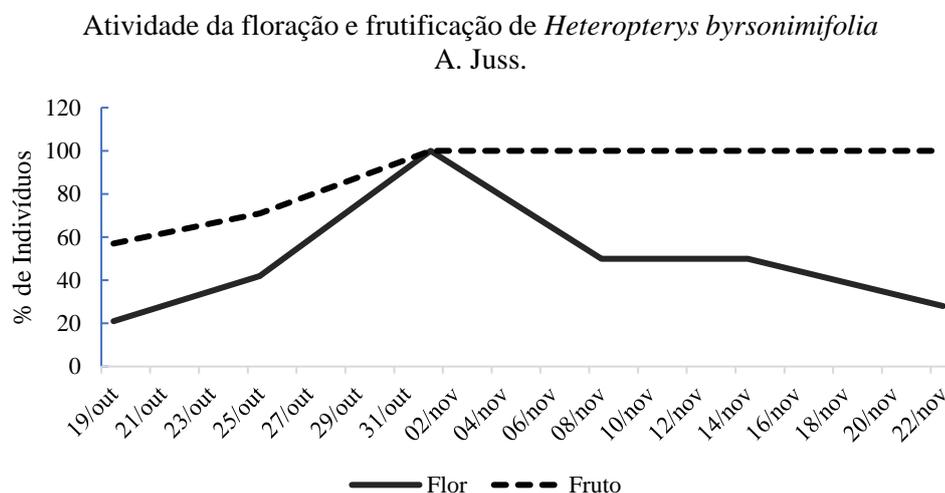
também indivíduos sem elaióforos. As flores estão dispostas em inflorescências terminais do tipo racemo.

Figura 1: Flores de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. A: Cálice dos botões florais com elaióforos (seta); B: Cálice dos botões florais sem elaióforos (seta). Barras de escala = 0,5 cm.



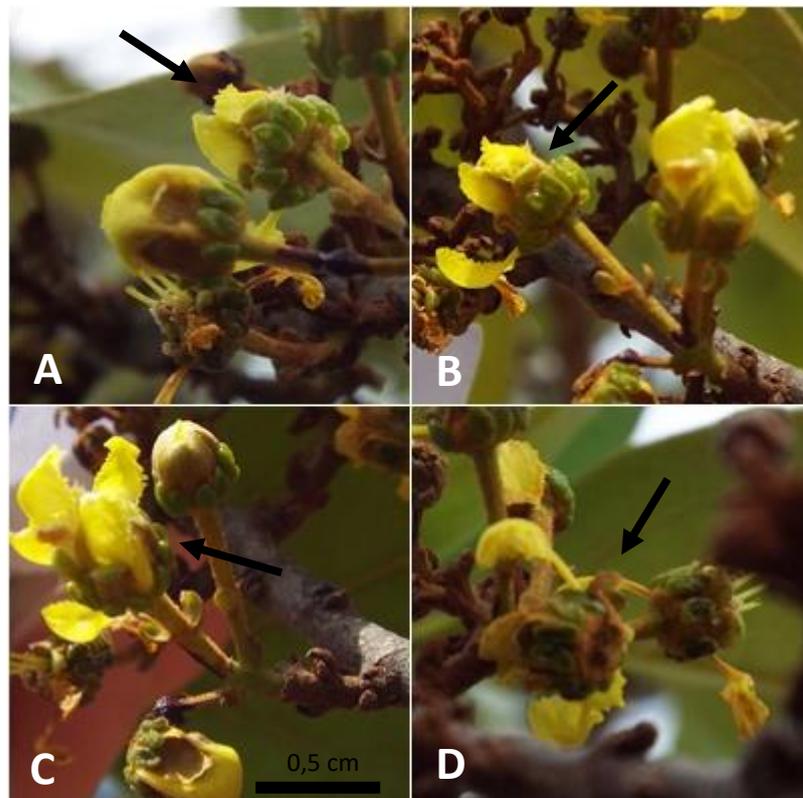
*H. byrsonimifolia* floresceu de outubro a novembro, apresentando pico de floração no final de outubro, quando todos os indivíduos apresentavam flores. A frutificação ocorreu durante todo o período analisado, com maior produção de frutos na última semana de novembro. Houve sincronia na frutificação dessa espécie entre os indivíduos e o período de desenvolvimento dos frutos foi de aproximadamente 20 dias.

Figura 2: Floração e frutificação em *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. de outubro a novembro de 2018.



A espécie possui flores com antese diurna. A abertura das flores inicia entre 06:00 e 07:00 h, com a separação das pétalas evidenciando os estames e estigmas. As flores permanecem abertas por até 48 horas, em seguida entram em processo de senescência, percebido pelo ressecamento dos estames, murchamento da corola e queda das pétalas. Essa biologia floral é comum na família (MENDES, 2011). A libração do pólen acontece logo após a abertura da flor.

Figura 3: Biologia floral de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. **A** – Botão em início de abertura (06:00 horas). **B** – Flor recém-aberta (07:00 horas). **C** – Flor após 6 horas de abertura. **D** – Flor senescente (após 49 horas de abertura). Barras de escala = 0,5 cm.



Não houve formação de frutos nos testes de (agamospermia) e autopolinização espontânea. O sucesso na frutificação natural foi elevado e variou de 74,26 a 92,31 % entre os indivíduos. A frutificação natural foi maior nas plantas com elaióforos, foi superior em relação às sem elaióforos. Dessa forma, os resultados demonstram que a espécie estudada é dependente de polinizadores para a frutificação e manutenção as populações, e que a presença de elaióforos eleva seu sucesso reprodutivo (Tabela 1).

Tabela 1: Testes de polinização em flores de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. com e sem elaióforos.

Tratamento	Elaióforos	N° de flores	N° de frutos formados	Sucesso %
Agamospermia	Ausente	66	0	0
	Presente	52	0	0
Autopolinização espontânea	Ausente	60	0	0
	Presente	50	0	0
Polinização controle	Ausente	202	150	74,26
	Presente	169	156	92,31

Em relação aos testes de polinização, Mendes et al. (2001) encontraram resultados semelhantes ao estudar o sistema reprodutivo de *Byrsonima umbellata*, para a qual não houve frutificação nos testes de agamospermia e autopolinização espontânea, enquanto a polinização natural apresentou sucesso de 36 %. Das 12 espécies de Malpighiaceae estudadas por Sigrist e Sazima (2004), apenas *Banisteriopsis pubipetala* Juss. foi considerada agamospérmica, o que é de ocorrência restrita na família. Os resultados preliminares do sistema reprodutivo, que mostram *H. byrsonimifolia* não se autopoliniza e não é apomítica, sugerem que segue essa espécie segue o padrão geral da família de dependência por polinizador.

Na maioria das Malpighiaceae, a autopolinização espontânea é limitada por hercogamia, impossibilidade de polinização direta devido à disposição de estames e carpelo, protoginia, em que os órgãos femininos amadurecem antes dos masculinos e cutícula estigmática, o que pode ser um determinante significativo no comportamento reprodutivo de espécies autocompatíveis (HESLOP-HARRISON e HESLOP-HARRISON, 1983).

Autocompatibilidade parece ser comum em espécies neotropicais de Malpighiaceae, já sendo confirmada nos gêneros *Byrsonima*, *Banisteriopsis*, *Galphimia*, *Heteropterys*, *Malpighia*, *Peixotoa* (BAWA, 1974). Das 12 espécies de Malpighiaceae estudadas por Sigrist e Sazima (2004), seis apresentaram certo grau de autocompatibilidade: *Banisteriopsis adenopoda*, *B. lutea* (Griseb.) Cuatrec., *B. muricata* (Cav.) Cuatrec., *Mascagnia anisopetala*, *Tetrapteryx guilleminiana* e *T. phlomoides* (Spreng.) Nied. Já espécies como *Byrsonima sericea* (TEIXEIRA e MACHADO, 2000) e *B. microphylla* (COSTA et al., 2006) foram consideradas autoincompatíveis. No presente trabalho não foram realizadas autopolinizações manuais, por isso, não se sabe se *H. byrsonimifolia* apresenta autocompatibilidade. Sendo necessários estudos posteriores para determinar o sistema reprodutivo dessa espécie.

As flores com e sem elaióforos são semelhantes com relação à coloração, o número e tamanho das peças florais e a grande produção de grãos de pólen brancos e pulverulentos. No entanto, a viabilidade dos grãos foi distinta. Indivíduos com elaióforos apresentaram

germinabilidade de 17,29%, enquanto nos sem elaióforos a germinabilidade foi de 7% (Tabela 2). Dessa forma, a viabilidade dos grãos de pólen foi estatisticamente diferente entre os indivíduos com e sem elaióforos ( $\chi^2= 4.366$ ;  $p= 0,03$ ).

Tabela 2: Percentual de germinação dos grãos de pólen em indivíduos *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. com e sem elaióforos.

<b>Viabilidade polínica</b>				
	<b>Indivíduo</b>	<b>N° de grãos de pólen avaliados</b>	<b>Germinados %</b>	
<b>Com elaióforo</b>	<b>1</b>	502	125	24,9
	<b>2</b>	500	73	14,6
	<b>3</b>	501	62	12,4
<b>Sem elaióforo</b>	<b>1</b>	501	39	7,8
	<b>2</b>	500	41	8,2
	<b>3</b>	500	25	5

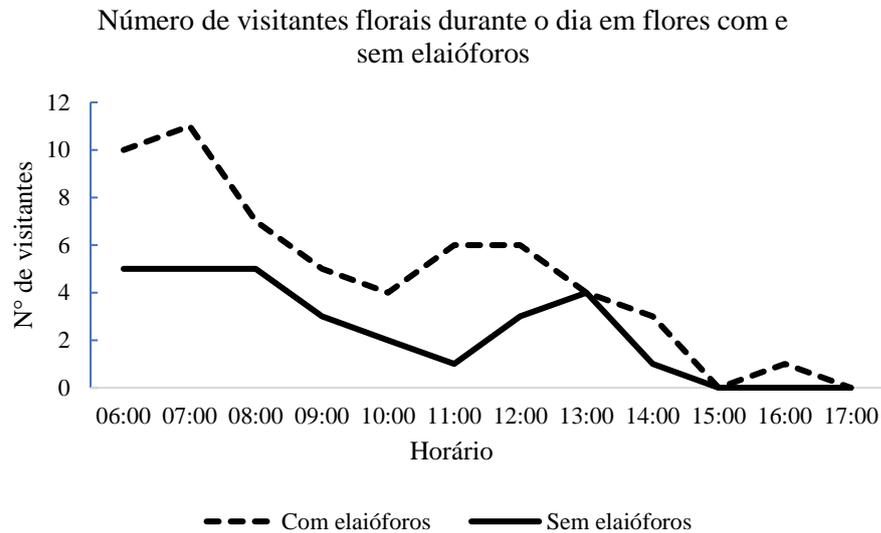
O estudo da viabilidade polínica mostra o grau de eficiência da fecundação do gameta masculino e posterior fertilização (BIONDO e BATTISTIN, 2001), assim, quanto mais alta for a viabilidade maior será o índice de fertilização (SOUZA et al., 2002). Mendes et al. (2001) estudando duas espécies de *Byrsonima*, mostrou que as duas apresentaram diferentes viabilidades do pólen, sendo alta em *B. Umbellata*, isto é, 94%, e baixa em *B. Rotunda*, 9%. Por outro lado, *B. rotunda* possui alta eficiência reprodutiva, pois houve produção de frutos em todos os experimentos de polinização. Não foram encontradas comparações em relação à presença e ausência dos elaióforos em uma mesma população.

A menor viabilidade observada em *H. byrsonimifolia* em relação a outras espécies da família pode ser devido ao teste, uma vez que outros trabalhos utilizaram testes colorimétricos que superestimam a viabilidade (HESLOP-HARRISON e HESLOP-HARRISON, 1970). Dessa forma, testes de germinação *in vitro* são mais seguros quando comparados aos colorimétricos (DAFNI, et al. 2005).

Apenas abelhas foram observadas visitando flores de *H. byrsonimifolia* com e sem elaióforos. As visitas ocorreram, principalmente, entre 06:30h e 09:30h, e foram mais frequentes em flores com elaióforos, sendo que após esse horário elas demoravam mais tempo

para selecionar as flores, e em menor frequência na parte da tarde até, aproximadamente, às 16:00 h (Tabela 3; Figura 4).

Figura 4: Número de visitantes florais em indivíduos com e sem elaióforos de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. ao longo do dia.



As abelhas foram observadas coletando óleo e pólen em flores com elaióforos, e coletando apenas pólen nas flores sem elaióforos. Nas flores com elaióforos, demoram em média 50 segundos raspando as glândulas de óleo de modo que, na maioria das vezes, todas as glândulas foram exploradas. Algumas vezes estas abelhas deslocam-se para outra flor do mesmo indivíduo e repetem os mesmos movimentos de raspagem. Foram observadas também com muita frequência rodeando flores senescentes de plantas sem elaióforos.

Tabela 3: Média de visitantes por planta/hora, duração e recurso forrageado em flores de *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. com e sem elaióforos.

	Com elaióforo	Sem elaióforo
<b>Média visitação planta/hora</b>	5	2
<b>Duração média visita (seg.)</b>	50	15
<b>Recurso floral forrageado</b>	Pólen e óleo	Pólen

## 5. CONCLUSÕES

*H. byrsonimifolia* apresentou período de floração de outubro a novembro, com maior intensidade no final de outubro, com longevidade floral de aproximadamente 48 horas. A frutificação ocorreu durante todo o período analisado, com maior produção de frutos na última semana de novembro.

A viabilidade foi baixa em relação a outras espécies do grupo e distinta entre indivíduos com e sem elaióforos, estes apresentaram menor viabilidade.

A visitação por abelhas é determinante para *H. byrsonimifolia*, pois é não apomítica e dependente da ação desses vetores para a frutificação.

Os indivíduos com elaióforo apresentaram maior viabilidade polínica, visitação por abelhas e consequente sucesso reprodutivo.

Mais estudos devem ser realizados para melhor compreensão da biologia reprodutiva de *H. byrsonimifolia*, visando a definição do sistema reprodutivo e das espécies de polinizadores.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

*H. byrsonimifolia* tem grande importância para o domínio do Cerrado, para restauração e recomposição de áreas degradadas, e por atrair abelhas que visitam suas flores à procura de pólen e/ou óleo, portanto deve ser inserida em planos de restauração de áreas degradadas.

## 7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. Pp. 17- 40, *em: Cerrado: ecologia e caracterização*. Planaltina, Distrito Federal, Embrapa Cerrados; Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 2004.
- ALVES-DOS-SANTOS, I.; MACHADO, I. C.; GAGLIANONE, M. C. História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis*, 11 (4): 544-557, 2007.
- AMORIM, A. M. *Heteropterys*. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2014. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8865/>; acesso em 20 nov. 2018.
- ANDERSON, W.R. Floral conservatism in neotropical Malpighiaceae. *Biotropica*, 11:219-223. 1979.
- ANTUNES, F.Z. 1994. Caracterização Climática – Caatinga do Estado de Minas Gerais. Informe Agropecuário, 17:15-19.
- BARROSO, G.M., PEIXOTO, A.L., ICHASO, C.L.F., GUIMARÃES, E.F., COSTA, C.G.; LIMA, H.C. 1991. Sistemática de angiospermas do Brasil. **Livros Técnicos e Científicos**, Rio de Janeiro.
- BAWA, K.S. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* 28(1):85-92. 1974.
- BIONDO, E.; BATTISTIN, A. Comparação da eficiência de diferentes corantes na estimativa da viabilidade de grãos de pólen em espécies dos gêneros *Eriosema* (DC.) G.Don e *Rhynchosia* Lour (Leguminosae – Faboideae), nativas na Região Sul do Brasil. *Bioikos* 15(1):39-44. 2001.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Centro de Informação e Documentação Ambiental, 2005.
- BUCHMANN, S.L. The ecology of oil flowers and their bees. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18:343-369. 1987.
- BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. *In Vitro Cell. Dev. Biol.—Plant* 38:221–228, March–April 2002.

CAMERON, K.M., CHASE, M.W., ANDERSON, W.R.; HILLS, H.G. Molecular systematics of Malpighiaceae: evidence from plastid *rbcL* and *matK* sequences. **American Journal of Botany** 88:1847-1862. 2001.

COSTA, C.B.N., COSTA, J.A.S.; RAMALHO, M. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. **Rev. Bras. Bot.** 29(1):103-114. 2006.

COSTA, C.B.N., COSTA, J.A.S.; RAMALHO, M. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. **Rev. Bras. Bot.** 29(1):103-114. 2006.

DAFNI, A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND, B.C. 2005. Practical pollination biology. Ontario, Enviroquest. Ltd

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** 88:1830-1846. 2001.

DAVIS, C.C.; ANDERSON, W.R. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. **American Journal of Botany**, Vol. 97, No. 12. p. 2031-2048. 2010.

EMBRAPA. **Cerrado ecologia e flora**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Cerrados. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. V. 1. Brasília. 2008

FAEGRI, K.; PIJL, V. D. L. **The principles of pollination ecology**. 3. ed. Oxford: Pergamon, 244 p. 1979.

FOURNIER, L. A. Método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, vol. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.

GALEN, C.; ZIMMER, K. A.; NEWPORT, M. E. Pollination and floral scent morphs of *Polemonium viscosum*: a mechanism for disruptive selection on flower size. **Evolution** 41: (3). pp. 599–606. 1987.

GOTTSBERGER, G. Some pollination strategies in neotropical savanas and forests. **Plant Systematics and Evolution**.152: 29-45. 1986.

HESLOP-HARRISON, J.; HESLOP-HARRISON, Y. Evaluation of pollen viability by enzymatically induced fluorescence; intracellular hydrolysis of fluorescein diacetate. **Stain Technology** 45:115-120. 1970.

- HESLOP-HARRISON, J.; HESLOP-HARRISON, Y. Pollen-stigma interaction in the Leguminosae: the organization of the stigma in *Trifolium pretense* L. **Ann. Bot.** 51:571-583. 1983.
- HUERTA-REYES, M.; JUÁREZ, R. M. F.; AGUILAR-ROJAS, A. *Heteropterys* Genus: A Review of its Phytochemistry and Pharmacology. **International Journal of Pharmacology.** 11 (6): 523-531, 2015.
- JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. **Evolution**, 21: 620-37. 1967
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. **Techniques for pollination biologists.** University Press of Colorado, Boulder, CO. 583 pp. 1993.
- LE STRADIC, S.; BUISSON, E.; NEGREIROS, D.; CAMPAGNE, P.; FERNANDES, G. W. The role of native woody species in the restoration of Campos Rupestres in quarries. **Applied Vegetation Science** 17, p.109–120. 2014.
- MACHADO, I.C.S.; LOPES A.V. Floral Traits and Pollination Systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. **Annals of Botany** 94, 365-376. 2004.
- MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M.B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Conservação Internacional do Brasil**, Brasília. 2004a.
- MACHADO, C. G.; SEMIR, J. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área de Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Revista Brasil. Bot.**, V.29, n.1, p.163-174. 2006.
- MALPIGHIACEAE IN: Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB155>>. Acesso em: 19 Nov. 2018.
- MAMEDE, M. C. H. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Malpighiaceae. **Boletim Botânica da Universidade de São Paulo.** 22(2): 291–302. 2004.
- MAUÉS, M.M.; COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva do Camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae) no Estado do Pará, Brasil. **Rev. Bras. Bot.** 25(4):441-448. 2002.
- MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Post-fire resprouting and mortality in cerrado woody plant species over a threeyear period. **Edinburgh Journal of Botany.** V. 65. pp 53-68. 2008.
- MENDES, F.N.; RÊGO, M.M.C.; ALBUQUERQUE, P.M.C. **Fenologia e biologia reprodutiva de duas espécies de *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Nordeste do Brasil.** Biota Neotrop. 11(4). 2011.

- OLIVEIRA, M. I. B.; POLIDO, C. A.; COSTA, L. C.; FAVA, W. S. Sistema reprodutivo e polinização de *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Malpighiaceae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 756-758, jul. 2007.
- PESSOA, C. S.; COSTA, J.A.; AMORIM, A. M. Flora da Bahia: Malpighiaceae 2 - Heteropterys. *Sitientibus serie Ciencias Biologicas (SCB)*, v. 14, p. 01-41, 2014.
- RAMALHO, M.; SILVA, M. Flora oleífera e sua guilda de abelhas em uma comunidade de restinga tropical. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**. v. 2, p. 34-43, 2002.
- RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological patterns of terrestrial plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 16: 179-214. 1985
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos**. São Paulo: HUCITEC, v. 1. 1976.
- RODARTE, A.T.A., SILVA, F.O.; VIANA, B.F. A flora melitófila de uma área de dunas com vegetação de caatinga, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Acta Bot. Bras.** 22(2):301-312. 2008.
- SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Oil-gathering bees visit flowers of eglandular morphs of the oil-producing Malpighiaceae. **Bot. Acta** 102:106-111. 1989.
- 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, p. 33-41. 2004.
- SIMPSON, B.B.; NEFF, J. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 68: 301-322. 1981.
- SIMPSON, B. B. Pollination biology and taxonomy of *Dinamandra* and *Dinemagonum* (Malpighiaceae). **Systematic Botany**. 14: 408-426. 1989.
- TEIXEIRA, L. A. G; MACHADO, I. C. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). **Acta Botanica Brasilica** 14: 347-357. 2000.
- VILHENA, A. M. G. F.; AUGUSTO, S. C. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC. (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, Supplement 1, p. 14-23, 2007.
- VINSON, S.B.; WILLIAMS, H.J.; FRANKIE, G.W.; SHRUM, G. Floral lipid chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a use of floral lipids by *Centris* bees (Hymenoptera: Apidae). **Biotropica**, 29: 76-83. 1997.

VOGEL, S.; RENNER, S. **The role of scent glands in pollination: On the structure and function of osmophores.** Washington, D.C: Smithsonian Institution Libraries and National Science Foundation. ed. 10. p. 202, 1990.

VOGEL, S. & COCUCCHI, A. Pollination of *Basistemon* (Scrophulariaceae) by oil-collecting bees in Argentina. **Flora** **190**: 353-363. 1995.

Vogel S (1990) History of the Malpighiaceae in the light of the pollination ecology. Mem NY Bot Gard 55:130–142

WASER, N.M., CHITTKA, L., PRICE, M.V., WILLIAMS, N.M. & OLLERTON, J. Generalization in pollination systems, and why it matters. **Ecology**, v.77, 1043-1060. 1996.