

Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde
Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação
Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias - Agronomia

MORFOLOGIA FLORAL E BIOLOGIA DA
POLINIZAÇÃO DE *Byrsonima basiloba* A. JUSS.
(MALPIGHIACEAE) PROVENIENTE DE CERRADO DO
SUDOESTE GOIANO

Autora: Cristiane Libindo Balestra
Orientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

Rio Verde- GO
outubro – 2013

Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde
Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação
Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias - Agronomia

**MORFOLOGIA FLORAL E BIOLOGIA DA
POLINIZAÇÃO DE *Byrsonima basiloba* A. JUSS.
(MALPIGHIACEAE) PROVENIENTE DE CERRADO DO
SUDOESTE GOIANO**

Autora: Cristiane Libindo Balestra
Orientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE em Ciências Agrárias no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias- Agronomia de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Câmpus Rio Verde.

Rio Verde- GO
outubro – 2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
Elaborada por Igor Yure Ramos Matos Bibliotecário CRB1-2819

B153m Balestra, Cristiane Libindo.

Morfologia Floral e Biologia da Polinização de
BYRSONIMA BASILOBA A. JUSS. (MALPIGHIACEAE)
Proveniente de Cerrado do Sudoeste Goiano / Cristiane Libindo
Balestra. - 2013.

54 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva. Co-orientadoras:
Dr^a. Michellia Pereira Soares e Dr^a. Paula Reys.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias, Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Goiano, 2013.

Biografia.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. BYRSONIMA BASILOBA A. JUSS. 2. Murici. 3 Fruto-
Cerrado. I. Título. II. Autor. III. Orientador. IV. Co-
orientadoras.

CDU: 582.754(251.3) (81)

Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde
Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação
Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias - Agronomia

**MORFOLOGIA FLORAL E BIOLOGIA DA
POLINIZAÇÃO DE *Byrsonima basiloba* A. JUSS.
(MALPIGHIACEAE) PROVENIENTE DE CERRADO DO
SUDOESTE GOIANO**

Autora: Cristiane Libindo Balestra
Orientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 24 de outubro de 2013.

Prof^ª. Dra. Michellia Pereira Soares
Avaliadora externa
IFNMG/Salinas

Prof^ª. Dra. Luzia Francisca de Souza
Avaliadora externa
UFG/Jataí

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva
Presidente da banca
IF Goiano/RV

Prof^ª. Dra. Gisele de Oliveira Menino
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e ao mestre Jesus Cristo pela orientação no caminho do bem, pela força, perseverança, paciência, tolerância, saúde, aceitação das dificuldades, pela oportunidade de evolução e crescimento espiritual no caminho que escolhi, mas principalmente pela luz e proteção.

Ao Instituto Federal Goiano- Câmpus Rio Verde, pela oportunidade de realização desta dissertação.

Ao professor Fabiano Guimarães Silva, por ter aceitado ser o Orientador.

A professora Michellia Pereira Soares, pela orientação, dedicação, perseverança, paciência, pelos momentos de descontração no laboratório de Sistemática e Ecologia Vegetal, pelo aprendizado durante nossa convivência.

A professora Paula Reys, pela amizade, consideração, carinho, pelo conhecimento transmitido, pelas várias caronas até a minha casa e câmpus, pelas conversas positivas e incentivadoras.

Ao professor Alan Carlos Costa, por ter aceitado ser o orientador no projeto de pesquisa do processo seletivo do Programa de Pós-Graduação.

Ao professor Bernardo Souza Dunley pela atenção e disponibilidade em identificar a espécie vegetal do trabalho.

Aos professores Eduardo A. B. Almeida e Sidnei Mateus do Laboratório de Comportamento e Ecologia de Insetos Súcias da Universidade de São Paulo (USP) pela atenção e disponibilidade em identificar os insetos do trabalho.

Aos meus pais, José Nilson P. Balestra e Maria Cristina L. Balestra, pelo apoio incondicional, pela compreensão, incentivo, amor e carinho, respeito e principalmente pelo exemplo de caráter e perseverança.

A minha filha Isadora R. Balestra, pelo amor incondicional, carinho, por ser o motivo da busca desse objetivo e por ser a energia impulsionadora.

Ao meu marido Gabriel J. Rodrigues, pelo apoio, incentivo e carinho.

Aos meus irmãos, Anderson, Bruno e Ana Carolina, pelo apoio, carinho, amor e amizade.

A minha amiga Ma. Karen Proto Souza, pela grande ajuda no projeto de pesquisa do processo seletivo do Programa de Pós-Graduação, pela amizade, consideração, respeito, carinho, atenção, incentivo, confiança.

A minha amiga e colega Marcela Christofolli, pela amizade, carinho, coleguismo, apoio, respeito.

A Vanilda Campos, secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias- Agronomia, pela atenção, respeito, consideração e carinho dispensados a mim e minha filha Isadora R. Balestra.

BIOGRAFIA DA AUTORA

CRISTIANE LIBINDO BALESTRA, filha de José Nilson Pereira Balestra e Maria Cristina Libindo Balestra, nasceu em 9 de agosto de 1980, em Uruguaiana, Rio Grande do Sul.

Em 2007, concluiu o Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), em Cruz Alta, RS.

Em fevereiro de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Ciências Agrárias – Agronomia no Instituto Federal Goiano- câmpus Rio Verde, em Rio Verde, GO, submetendo-se à defesa de dissertação em outubro de 2013.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Geral.....	5
2.2. Específicos.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1. Área de estudo.....	6
3.2. A espécie <i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss.....	7
3.3. Observações fenológicas.....	8
3.4. Morfometria.....	10
3.5. Biologia floral.....	10
3.6. Sistema reprodutivo.....	11
3.7. Polinizadores e visitantes florais.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1. Fenologia reprodutiva.....	13
4.2. Morfometria.....	16
4.3. Biologia floral.....	21
4.4. Sistema reprodutivo.....	23
4.5. Polinizadores e visitantes florais.....	25
5. CONCLUSÕES.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Características morfológicas e estruturais das flores de <i>B.basiloba</i> (Malpighiaceae) em área de Cerrado sentido restrito no sudoeste goiano.....	17
Tabela 2 – Resultados da Correlação de Spearman das fenofases (botão, antese, fruto imaturo e maduro) de <i>B.basiloba</i> com as variáveis climáticas temperatura, umidade e precipitação.....	24
Tabela 3 – Resultados dos experimentos controlados sobre o sistema reprodutivo de <i>B. basiloba</i> e das observações de polinização natural e manual.....	25
Tabela 4 - Visitantes florais de <i>B. basiloba</i> recurso coletado, número de indivíduos coletados, atuação na polinização e frequência.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Área de estudo delimitada pela linha vermelha, com predominância das fitofisionomias cerrado sentido restrito e Cerradão no sudoeste goiano, Rio Verde.....	6
Figura 2 - Médias mensais da precipitação (colunas) e temperatura média do ar (linha para a região) de Rio Verde, GO, Centro Oeste do Brasil.....	7
Figura 3 – <i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss. (Murici-do-campo) A - Visão geral do arbusto; B - Folha simples com filotaxia oposta cruzada; C – Nervura Peninérveas; D - Frutos	8
Figura 4 - Atividade das fenofases reprodutivas e condições climáticas durante o período de estudo, porcentagem de indivíduos manifestando fenofase.....	15
Figura 5 - Intensidade das fenofases reprodutivas e condições climáticas durante o período de estudo, porcentagem de intensidade de Fournier.....	16
Figura 6 - Estruturas da espécie <i>B. basiloba</i> : A – Inflorescência; B – Flor pentâmera; C - Estandarte; D - Elaióforos.....	18
Figura 7 – Estame de <i>B. basiloba</i> demonstrando o filete simples de coloração amarela e a antera após a deiscência (escurecidas).....	19
Figura 8 - Grãos de pólen de <i>B. basiloba</i> após coloração com carmim acético. A - programa Anati quanti utilizado para contagem dos grãos viáveis e inviáveis. B - viável (seta vermelha) e inviável (seta	

amarela).....	19
Figura 9 – Estilete de <i>B. basiloba</i> indicado pela seta vermelha e estigma indicado pela seta amarela.....	20
Figura 10 - Indicação de estigma receptivo de <i>B. basiloba</i> após liberação de bolhas por reação com peróxido de hidrogênio.....	21
Figura 11 – Abertura das flores de <i>B. basiloba</i> A- Início da abertura promovido pelo estandarte; B - Abertura das demais pétalas dos indivíduos expostos aos primeiros raios de sol.....	21
Figura 12 - <i>B.basiloba</i> : A - Botão em pré-antese de; B - Deslocamento do estandarte; C - Abertura do estandarte; D - Todas as pétalas se abrem em sincronia.....	22
Figura 13 – A - Abelha do gênero <i>Epicharis</i> raspando elaióforos de <i>B. basiloba</i> ; B - Flor recém - aberta visitada pela abelha <i>Epicharis</i> ; C - Transferência dos grãos de pólen para as patas posteriores; D - <i>Synoea surinama</i> perfurando botões e raspando glândulas de óleo; E - Presença da espécie <i>Parachartegus fraternus</i> em fruto; F - Abelha da espécie <i>Paratetrapedia testacea</i> (Visão lateral).....	28

RESUMO

BALESTRA, CRISTIANE LIBINDO, Instituto Federal Goiano- Câmpus Rio Verde - GO, outubro de 2013. **Morfologia floral e biologia da polinização de *Byrsonima basiloba* A. Juss. (Malpighiaceae) proveniente de cerrado do sudoeste goiano.** Orientador: Dr. Fabiano Guimarães Silva. Co-orientadoras: Dr^a. Michellia Pereira Soares e Dr^a. Paula Reys.

A espécie *Byrsonima basiloba* A. Juss. (murici-do-campo ou murici de folhas brancas) é um arbusto ramificado que atinge de 6 a 10 metros de altura, com inflorescências do tipo racemo terminal, flores pentâmeras, zigomorfas, apresentando sépalas e pétalas de formato e coloração variáveis. Possui elaióforos caliciformes, glândulas produtoras de óleo consideradas a principal fonte de óleo floral, imprescindível na alimentação e desenvolvimento das larvas de abelhas coletoras de óleo. O objetivo deste trabalho foi acompanhar a fenologia reprodutiva, bem como determinar aspectos da biologia floral e identificar os visitantes florais de *B. basiloba* em um fragmento de Cerrado em Rio Verde, Goiás (17°47'12"S e 50°57'48"W) com altitude de 778 m. As observações fenológicas foram feitas quinzenalmente, de dezembro de 2012 a agosto de 2013. Durante o período de floração foram observados a duração da antese e os visitantes florais. Foram coletadas flores para as análises morfométricas e de viabilidade polínica. A espécie possui sincronia em todas as fenofases. A floração ocorreu entre dezembro e abril. A frutificação foi pouco sincrônica, com a maturação dos frutos ocorrendo de março a junho, durante a transição entre o período chuvoso e seco. Houve correlação positiva significativa entre temperatura, umidade e precipitação e as fenofases de botão e antese. *B. basiloba* apresentou antese diurna, com início de abertura das flores entre 6 e 7 horas da manhã. A abertura das pétalas ocorreu de forma sincrônica. Iniciou-se com a separação do estandarte, pétala maior e superior, logo após ocorreu a abertura das demais pétalas, evidenciando os estames e estigmas. A viabilidade polínica foi de $96,22\% \pm 4,01$. As flores possuem diâmetro de $19,60 \pm 2,1$ mm. O cálice apresentou prefloração valvar, sendo dialissépalo, com sépalas verdes que variaram de 1,5-3,7 mm de comprimento e 1,4-2,5 mm de largura. A corola possui pétalas livres unguiculadas, com prefloração imbricada, tendo comprimento de $7,98 \pm 0,75$ mm e para a largura de $5,81 \pm 1,09$ mm. O androceu é diplostêmone, com o tamanho dos estames variando de 2,7 a 6,5 mm. O pistilo de 4 a 6 mm de comprimento e os elaióforos de 2 a 2,9 mm. As

flores são amarelas quando em antese, tornaram-se avermelhadas na senescência. Nos testes de apomixia não houve formação de frutos. A menor taxa de formação de frutos foi observada na polinização manual cruzada (geitonogamia - 0,87%) e a maior foi obtida na polinização natural (29%). No tratamento de autopolinização espontânea 3,14% das flores formaram frutos e na autopolinização manual 4,24%. Dessa forma, *B. basiloba* é autocompatível e necessita de agente polinizador para obter maior sucesso reprodutivo de acordo com o índice de autoincompatibilidade (ISI) que foi de 1%. Os visitantes florais foram abelhas das famílias Anthoproridae, Tapinotaspidini e vespas da família Vespidae. As espécies de visitantes florais mais frequentes e considerados polinizadores efetivos por possuírem grãos de pólen na porção ventral e pernas, bem como contatarem as estruturas reprodutivas de *B. basiloba* foram as espécies *Epicharis flava* e *Epicharis analis*.

PALAVRAS-CHAVE: polinizadores, sistema reprodutivo, morfometria, plantas produtoras de óleo, fenologia.

ABSTRACT

BALESTRA, CRISTIANE LIBINDO, Instituto Federal Goiano (Federal Institute of Goiás - Rio Verde Câmpus–Goiás State-GO, Brazil, October, 2013. **Floral morphology and pollination biology of *Byrsonima basiloba* A. Juss. (Malpighiaceae) from Cerrado in southwest of Goiás State, Brazil.** Advisor: D.Sc.Ag Fabiano Guimarães Silva. Co-Advisers: D.Sc.Ag Michellia Pereira Soares and D.Sc.Ag Paula Reys.

Byrsonima basiloba A. Juss. species (field murici or murici of white leaves) is a branched shrub reaching 6-10 m tall with terminal inflorescence, pentamerous flowers, zygomorphic with sepals and petals of variables shape and color. It has caliciform elaiophores, oil-producing glands considered the main source of floral oil essential in feeding and development of larvae oil collecting bees. This study aimed to monitor the reproductive phenology, determine aspects of floral biology, and identify floral visitors of *B. basiloba* in a Cerrado fragment in Rio Verde municipality, Goiás State, Brazil (17°47'12"S and 50°57'48"W), 778 m altitude. Phenological observations were made every two weeks from December, 2012, to August, 2013. During the flowering period, anthesis duration and flower visitors were observed. Flowers were collected for morphometric analysis and pollinic viability. The species has synchrony in all phenophases. Flowering occurred from December, 2012, to April 2013. Fruiting was little synchronous with fruit ripening, occurring from March to June during the transition from wet to dry seasons. There was a significant positive correlation comparing temperature, humidity, and precipitation with phenophases of button and anthesis. *B. basiloba* has diurnal anthesis, starting opening the flowers between 6:00 and 07:00 A.M. The opening of the petals occurs synchronously. It began with the tassel separation, the larger and upper petal; shortly after, the opening of the remaining petals occurred showing the stamens and stigmas. Pollinic viability was 96.22%±4.01. The flowers have a diameter of 19.60±2.1 mm. The calyx showed valvular aestivation being diallisepal with green sepals ranging from 1.5-3.7 mm long and 1.4-2.5 mm wide. The corolla has free and fringed petals with imbricated aestivation, of 7.98±0.75 mm length and 5.81±1.09 mm width. The androecium is diplostemous with the stamens size ranging from 2.7 to 6.5 mm. The pistil ranged from 4 to 6 mm length and elaiophores from 2 to 2.9 mm length. The flowers are yellow at anthesis becoming reddish at the senescence. In apomixis tests, there was not fruit formation. The lower rate of fruit formation was observed at manual cross-pollination (geitonogamy - 0.87%) and the highest rate of fruit formation was obtained at natural pollination (29%). At the treatment of spontaneous self-pollination, 3.14% of flowers resulted in fruits and in the manual self-pollination the formation of fruits was 4.24%. Thus, *B. basiloba* is self-compatible species and requires a pollinating agent to obtain greater reproductive

success according to the self-incompatibility index (SCI), which was 1%. Floral visitors were bees from Anthoproridae, Tapinotaspidini families, and wasps belonging to Vespidae family. The most frequent floral visitors were *Epicharis flava* and *Epicharis analis* species. They are considered effective pollinators because they have pollen grains on the ventral side and legs as well as because they can contact the reproductive structures of *B. basiloba*.

KEYWORDS: pollinators, reproductive system, morphometry, oil-producing plants, phenology.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é considerado o segundo maior domínio da América do Sul, possuindo a área de aproximadamente dois milhões de quilômetros quadrados, ocupando cerca de 1/3 do território nacional ocorrendo em praticamente todas as regiões do país. Este domínio é considerado um dos ‘hotspots’ para a conservação da biodiversidade mundial por possuir várias espécies endêmicas com alto grau de ameaça em virtude das ações antrópicas (Klink e Machado, 2005). Estudos recentes demonstram que cerca de 5% da flora mundial, cerca de 12.000 espécies, ocorre nos domínios do Cerrado. Acredita-se também que o Cerrado tenha perdido cerca de 60% de sua cobertura original, principalmente pelo avanço das práticas agropastoris, colocando em risco infinidade de espécies endêmicas que ocorrem neste domínio vegetal (Lehn et al., 2008).

Dentre as famílias classificadas como angiospermas recorrentes do Cerrado, esta a família Malpighiaceae que compreende cerca de 1.250 espécies distribuídas em 68 gêneros. O gênero *Byrsonima* se destaca na família apresentando aproximadamente 150 espécies (<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb>, 2013), sendo 48 delas endêmicas do Brasil e 47 ocorrem no domínio Cerrado. Dentre essas a espécie *Byrsonima basiloba* A. Juss. (murici-do-campo ou murici de folhas brancas) é um arbusto comum no cerrado da região sudeste e centro-oeste do país, considerado taxonomicamente afim de *B. verbascifolia* Rich, ex. A. Juss (Almeida et al., 1998, Mamede, 2013).

Os indivíduos de *B. basiloba* atingem de 6 a 10 metros de altura, com tronco cilíndrico de 30 - 40 cm de diâmetro, revestido por casca com ritidoma suberoso. Suas inflorescências são do tipo racemo terminal, com flores pentâmeras, de simetria bilateral

apresentando sépalas e pétalas de formato e coloração variáveis. A pétala superior é maior e possui unguículo mais espesso recobrando as demais sendo denominada estandarte (Anderson, 1981; Mamede, 1993; Lorenzi, 2008). A presença do estandarte é considerada uma importante característica dentro do processo de polinização principalmente em espécies, que são visitadas por abelhas como as da família Malpighiaceae (Benezar e Pessoni 2006; Gaglianone, 2000).

O tipo de morfologia que as flores apresentam pode contribuir para a visita dos polinizadores, como também inibi-los (Morales e Kohler, 2008). Para isso as flores desenvolveram ao longo dos anos, estratégias como odores, pétalas coloridas, e estruturas que facilitam o pouso, além de disponibilizarem néctar, pólen e óleos para atraírem os visitantes florais e garantirem a sua polinização, pois, a eficiência da polinização está diretamente relacionada à biologia floral e o comportamento do polinizador (Percival, 1965; Freitas, 1998). Daily (1997) e Palmer et al., (2004) relatam que um dos principais componentes dos ecossistemas agrícolas são os polinizadores. A conservação de determinada fisionomia vegetal está diretamente relacionada à preservação das espécies somada às interações ecológicas (Bawa, 1985).

A determinação de estratégias evolutivas por diferentes espécies estão ligadas a estudos fenológicos que fornecem informações das relações evolutivas com fatores abióticos como temperatura, precipitação e umidade e bióticos como agentes polinizadores (Morellato e Leitão-Filho, 1992).

A polinização é imprescindível para garantir a reprodução e conservação da diversidade de espécies de plantas, resultando em alimentos para humanos e animais, influenciando, também, o aspecto qualitativo da produção (Buchmann et al., 1996). O serviço ambiental prestado pelos polinizadores é indispensável principalmente na produção agrícola. Segundo Freitas e Imperatriz – Fonseca (2004; 2005) somente no Brasil existem oito culturas (maçã, melão, laranja, maracujá, café, caju, soja e algodão) que dependem de tais serviços e que geram US\$ 9,3 bilhões de euros em exportações.

De acordo com Veddeler et al., (2008) existem espécies que possuem um sistema reprodutivo de autopolinização como o café, por exemplo e não necessitaria atuação de agentes polinizadores. Mas pesquisas realizadas em diversas localidades do mundo inteiro demonstraram que houve aumento na produtividade de 14% a 50% desta cultura em razão da polinização realizada por animais (De Marco e Coelho, 2004; Ricketts et al., 2008).

Portanto, se a valorização dos serviços ecológicos não aumentar a população de insetos polinizadores será diminuída a níveis críticos que podem cessar os serviços de polinização nos ecossistemas naturais e agrícolas e a manutenção da capacidade reprodutiva de plantas (Kremen, 2004).

Dentre as causas da diminuição acentuada de polinizadores estão: o desmatamento de fragmentos florestais, a expansão de áreas agrícolas, o uso inadequado de práticas de cultivo, o emprego abusivo de pesticidas, bem como a mudança de áreas com vegetação nativa que apresentam diversidade de espécies que fornecem pólen, óleo e néctar para insetos polinizadores, por monoculturas (Altieri e Masera, 1998; Fletcher e Barnett, 2003; Freitas, 1991; Freitas, 1995A; Freitas et al., 2009; Kremen et al., 2002; Larsen et al., 2005; Osborne et al., 1991).

Dessa forma, o conhecimento dos padrões fenológicos, da morfologia e biologia floral e dos visitantes florais colaboram para a compreensão do sistema reprodutivo, importante para a conservação das espécies nativas e dos animais que dependem de suas flores, frutos e demais recursos (Anderson, 1979). Trabalhos dessa natureza são essenciais, fornecendo resultados que contribuirão tanto para a conservação da biodiversidade e a recuperação de áreas degradadas como para o aumento da produção agrícola (Klink e Machado, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Caracterizar os aspectos morfológicos, ecológicos e da biologia floral de *Byrsonima basiloba* A. Juss. e sua relação com os visitantes florais em um remanescente de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano.

2.2. Específicos

- Descrever a morfologia das estruturas reprodutivas de *B. basiloba*;
- Estudar a biologia floral de *B. basiloba*;
- Analisar de forma qualitativa e quantitativa os eventos fenológicos reprodutivos de *B. basiloba*;
- Verificar quais são os tipos de sistemas reprodutivos de *B. basiloba*;
- Identificar os visitantes florais e verificar sua efetividade como polinizadores;
- Comparar os aspectos reprodutivos de *B. basiloba* com outros trabalhos do mesmo gênero.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O trabalho foi realizado em um fragmento de Cerrado com cerca de 11 ha, localizado na Universidade de Rio Verde - UniRV, na cidade de Rio Verde, Goiás (17°47'12''S e 50°57'48''W) com altitude de 778 m, (Figura 1). Na área ocorrem as fitosionomias de cerrado sentido restrito e o cerradão (Ribeiro e Walter, 2008), em diferentes níveis de conservação devido à ação antrópica com ocorrência anterior nesta área, como queimadas e implantação de pastagens.



Figura 1. Área de estudo delimitada pela linha vermelha, com predominância das fitofisionomias cerrado sentido restrito e Cerradão no sudoeste goiano, Rio Verde (Fonte: maps.google.com.br).

O clima da região, segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw (tropical) com chuva nos meses de outubro a abril e com seca nos meses de junho a setembro, ou seja, com chuva no verão e seca no inverno. A precipitação média anual de 1.600 mm e temperatura média variando entre 20°C e 25°C ao longo do ano (Figura 2) (INMET, 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-amarelo caracterizado como: profundo, bem drenado, com alto teor de argila, baixa fertilidade, alta toxidez de alumínio, possui uma textura argilosa e areno-argilosa (Batista e Mattos Junior, 2007).

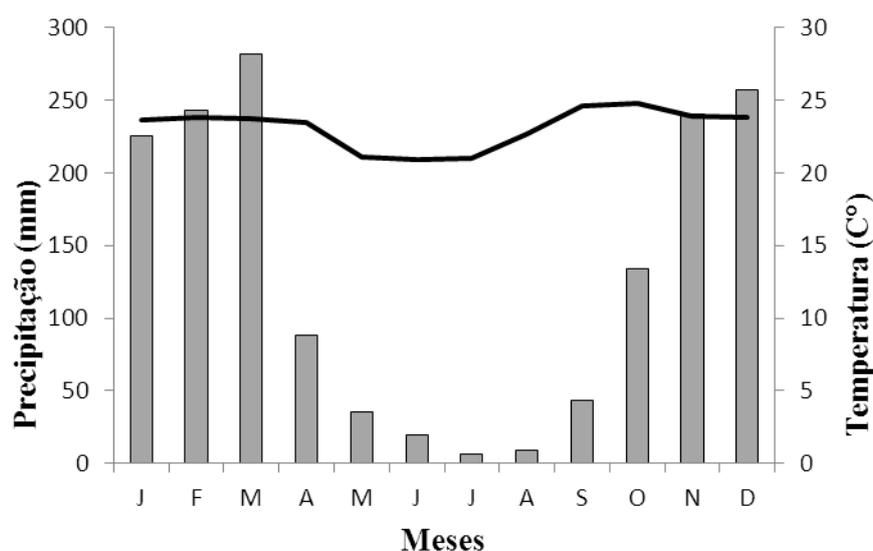


Figura 2. Médias mensais da precipitação (colunas) e temperatura média do ar (linha) para a região de Rio Verde, GO, centro - oeste do Brasil, calculadas com base no registro histórico de janeiro de 1996 a dezembro de 2012 (registros cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)).

3.2. A espécie *Byrsonima basiloba* A. Juss.

B. basiloba apresenta indivíduos de hábito arbustivo (Figura 3 A). Possui folhas simples com filotaxia oposta cruzada (Figura 3 B), discolores, coriácea, pelos unicelulares, em forma de T denominados malphiguiáceos, limbo de forma elíptica, estípula intrapeciolar, com nervuras penínervas, estando a principal ligeiramente impressa na face adaxial e proeminente na face abaxial (Figura 3 C), atingem em torno de 20 cm de comprimento (Lorenzi, 2008).

Conhecida popularmente como “Murici-de-ema” é considerada uma espécie de importância econômica, fornece frutos, com sabor levemente adstringente que pode ser

consumido *in natura*, no uso de geleias, sucos e sorvetes, (Farias et al., 2002) (Figura 3 D).



Figura 3 - *B. basiloba* (Murici-do-campo): (A) Visão geral do arbusto; (B) Folha simples com filotaxia oposta cruzada; (C) Nervuras Peninérveas; (D) Frutos. Barras: A, 2cm, B, 1,0mm, C, 2,5mm, D, 3,0mm.

3.3. Observações fenológicas

Foram escolhidos ao acaso, marcados e numerados quinze indivíduos de *B. basiloba* com circunferência variando de 28,4 cm a 152 cm e altura de 2 m a 6 m. O material testemunho foi depositado no Herbário de Rio Verde do Instituto Federal Goiano- Câmpus Rio Verde (IFRV) com o número de registro 75.

As observações foram feitas quinzenalmente entre dezembro de 2012 e agosto de 2013 e registradas as fenofases reprodutivas de floração (botão e antese), frutificação (fruto imaturo e fruto maduro) (Morellato et al., 1989).

As fenofases foram avaliadas segundo a metodologia de Fournier (1974) definindo a intensidade de cada fenofase adotando uma escala intervalar semi-quantitativa de cinco categorias (0 a 4), com intervalos de 25% entre cada uma delas,

em que: zero = ausência de fenofase, 1 = com amplitude entre 1 a 25%, 2 = presença da fenofase com amplitude entre 26% a 50%, 3 = presença da fenofase com amplitude entre 51% a 75% e 4 = presença de fenofase com amplitude entre 76% a 100%.

Para o índice de Fournier (IF) os valores obtidos em campo através de uma escala intervalar semi-quantitativa (0 a 4) permitem calcular a porcentagem de intensidade da fenofase (o quanto o indivíduo está expressando uma fenofase do que potencialmente poderia expressar) e foi calculado da seguinte forma (equação 1): em cada quinzena, foi feito a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos da espécie e dividido pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicados por quatro). O valor obtido que corresponde a uma proporção é então multiplicado por cem para transformá-lo em porcentagem (Bencke e Morellato, 2002a).

$$\begin{aligned} & \text{(Equação 1): soma dos valores de todos os indivíduos (cada quinzena)} \\ & \div \text{n}^\circ \text{ de indivíduos (15)} \times 4 \text{ (valor corresponde a uma proporção)} \\ & \times 100 = \% \end{aligned}$$

Sendo assim, o índice de Fournier mostra quando uma determinada fenofase ocorre de modo mais intenso, enfatizando a quantidade estimada de flores, frutos, folhas ou brotos produzidos e não apenas o número de indivíduos que manifestaram a fenofase, indica os picos de intensidade.

Já para a estimativa da sincronia, foi utilizado o índice de atividade que indica a proporção de indivíduos que estão manifestando simultaneamente um determinado evento fenológico. Para isso foi considerado evento fenológico não sincrônico ou assincrônico: < 20% de indivíduos na fenofase; pouco sincrônico ou sincronia baixa: 20-60% de indivíduos na fenofase e sincronia alta: > 60% de indivíduos na fenofase (Bencke e Morellato, 2002b).

Foi utilizada a correlação de Spearman (r_s) (ZAR, 1999) para a atividade e intensidade de Fournier de cada fenofase com as variáveis climáticas (temperatura média mensal e precipitação anual) com nível de significância de 0,05 utilizando o *software* BioEstat 3.5 (Ayres et al., 2003).

Os dados de precipitação anual e temperatura média mensal da região de estudo foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013).

3.3.4. Morfometria

Flores frescas foram escolhidas ao acaso a fim de realizar as medições das partes florais em estereomicroscópio contendo uma régua milimetrada e câmera fotográfica acoplada (Samsung).

As medidas foram tomadas de trinta inflorescências (comprimento e número de flores) e trinta flores, determinando o tamanho (mm e cm), de cada parte floral, diâmetro da flor, pedicelo, elaióforos, sépalas, pétalas, estames, anteras, carpelo, estilete e estigma. Foram calculadas as médias e o desvio padrão para todas as medições e realizado o teste *t* através do programa BioEstat 5.3 (Ayres et al., 2003).

3.5. Biologia floral

Os registros sobre eventos florais de *B. basiloba* como horário de abertura e modificações sofridas ao longo da antese foram observados em seis flores em horários variados entre 06h e 16h30min.

A receptividade estigmática foi determinada em laboratório em seis flores com diferentes fases (botão em pré-antese e antese), pingando uma gota de peróxido de hidrogênio (água oxigenada 10 volumes) no estigma e observando a liberação de bolhas em estereomicroscópio (Kearns e Inouye, 1997).

A partir de quinze flores em pré-antese provenientes de indivíduos de *B. basiloba* foram retirados os grãos de pólen de duas anteras de cada flor e se obteve a coloração do citoplasma dos grãos com carmim acético a 0,25% (Radford et al., 1974) e confeccionadas quinze lâminas. Para avaliar a viabilidade polínica dos grãos cada lâmina foi fotografada em três campos diferentes em fotomicroscópio óptico da marca Leica, modelo DM500 com câmera acoplada LEICA ICC50. Foram quantificados 283 grãos de pólen em cada campo através do *software* anati quanti (Aguiar et al., 2007).

A presença de odor foi testada dissecando os verticilos florais e colocando-os em diferentes recipientes de vidro, mantidos fechados por cerca de vinte minutos e, em seguida, utilizados para detectar através do olfato a emissão de odor por essas estruturas (Vogel, 1983).

3.6. Sistema reprodutivo

O sistema reprodutivo da espécie foi estudado através de experimentos de autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada, polinização natural, além da verificação de ocorrência ou não de agamospermia (Radford et al., 1974). Em todos os tratamentos os maiores racemos com botões em pré-antese foram isolados e encobertos com sacos de organza e marcados com cordões de cores distintas em diferentes indivíduos para identificação de cada teste.

Para verificar a autopolinização espontânea e polinização natural, foram escolhidos quinze indivíduos de *B. basiloba* e marcadas a inflorescência em pré-antese em cada um deles para cada tratamento. No teste de autopolinização espontânea todas as inflorescências foram isoladas com sacos de organza. Para o tratamento de polinização natural, as inflorescências foram apenas marcadas com uma linha colorida e deixadas a exposição e ação de agentes naturais.

Para avaliar a ocorrência de polinização cruzada, autopolinização manual e agamospermia foram marcados nove indivíduos e escolhidas doze inflorescências em pré-antese. Os cruzamentos foram feitos todos os dias à medida que as flores abriram e foram previamente emasculadas. Realizaram os seguintes experimentos: geitonogamia manual, com grãos de pólen de flores diferentes, mas do mesmo indivíduo; xenogamia manual, com grãos de pólen de flores de diferentes indivíduos; autopolinização manual, os grãos de pólen da flor foram empurrados para o estigma e na apomixia todas as anteras foram retiradas com pinça fina. Os sacos foram mantidos até a senescência das inflorescências ou formação de frutos em todos os tratamentos. A taxa de polinização espontânea foi determinada avaliando a porcentagem de frutos formados ou senescência das flores, através da média e desvio padrão que mostra o quanto de variação ou dispersão existe em relação à média (ou valor esperado).

Para análise estatística do número de frutos formados entre os tratamentos foram obtidos os índices de autopolinização espontânea ($ISA = \text{percentual de frutificações formadas por autopolinização espontânea dividido pela porcentagem de frutos formados por autopolinização manual}$), índice autoincompatibilidade ($ISI = \text{percentual de frutificações resultantes de autopolinização manual dividido pelo percentual de frutos oriundos de xenogamia}$) e eficácia reprodutiva ($RE = \text{percentual de frutificações provenientes de polinização natural dividido pela porcentagem de frutificações formado por xenogamia}$), de acordo com a metodologia de Sobrevila e Arroyo (1982).

3.7. Polinizadores e visitantes florais

O comportamento dos visitantes florais, a duração, o horário das visitas e o recurso floral por eles procurado foram registrados através de observações visuais diretas no campo, em horários variados ao longo do dia, complementadas através de registros fotográficos em plantas focais. O polinizador efetivo foi determinado com base na frequência de visitas, por entrar em contato com as estruturas reprodutivas, coletar e apresentar o recurso em suas patas posteriores e no abdômen. As observações foram feitas entre 06h e 16h horas em um total de 96 horas de observação. A frequência de visitas foi analisada durante o pico de floração da espécie. A classificação dos visitantes florais foi feita quanto ao tamanho: (a) pequenos (comprimento <12 mm) ou (b) médio-grandes (≥ 12 mm) (Frankie et al., 1983) e quanto à eficiência na polinização: (a) polinizadores, quando sempre entrarem em contato com as estruturas reprodutivas ao coletar o recurso ou (b) pilhadores, quando não entrarem em contato com as estruturas reprodutivas e/ou danificarem as anteras e/ou estigmas e/ou os destruïrem completamente; (c) polinizadores ocasionais, quando entrarem em contato com as estruturas reprodutivas ocasionalmente (Bezerra et al., 2009).

Representantes de cada espécie de visitante floral foram coletados com auxílio de uma rede entomológica, transferidos para recipientes individuais, montados, conservados a seco e posteriormente enviados para identificação no Laboratório de Comportamento e Ecologia de Insetos Sócios da Universidade de São Paulo (USP).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Fenologia reprodutiva

As fenofases de botão e antese ocorreram no mês de dezembro a abril. A atividade de botão e antese em *B. basiloba* apresentou altamente sincrônica na estação úmida (dezembro a abril) (Figura 4). Houve correlação positiva significativa dessas fenofases entre as variáveis climáticas de temperatura, umidade e precipitação (Tabela 1). O pico de intensidade de botão floral ocorreu no mês de fevereiro e o pico de antese se deu no mês de março (Figura 5). A partir do mês de junho não houve registro de nenhuma dessas fenofases.

Pirani et al., (2009) verificou que a antese de *B. basiloba* no Mato Grosso ocorreu de novembro a fevereiro, semelhante ao resultado obtido no presente trabalho. Em estudo realizado com *B. sericea* a floração também foi registrada de outubro a fevereiro (Teixeira e Machado, 2000). Entretanto, outras espécies de *Byrsonima* apresentaram diferentes padrões de floração como *B. umbellata* que apresentou floração de março a outubro e de junho e julho (Mendes et al., 2011), semelhante ao observado por Rego et al., (2006) em *B. crassifolia* cuja floração se deu de maio a dezembro.

Por outro lado, Albuquerque e Rêgo (1989), em estudo feito com abelhas visitantes de *B. crassifolia* no Maranhão, constataram a produção de flores durante o ano inteiro, apresentando um pico máximo no período de transição entre as estações seca e chuvosa entre agosto e dezembro. Costa et al., (2006) constataram que o período de antese em *B. microphylla* durou quase o ano todo, mostrando picos de intensidade em abril e maio, agosto e outubro. *B. rotunda* mostrou um período curto (outubro) de acordo com Mendes et al., (2011) como *B. chrysophylla* que também possui curto

período de floração, ocorrendo no final de janeiro a início de março, caracterizado pela produção massiva de flores (Ribeiro et al., 2006). Para *B. coccolobifolia* a floração durou de dois a três meses e se concentrando no início da estação chuvosa (Barros, 1992; Pott e Pott, 1994).

Segundo Brody (1997) quando as espécies florescem sincronicamente, acabam atraindo proporcionalmente maior número de polinizadores do que poderiam atrair caso florescessem sozinhas. Além disso, os recursos ficam disponíveis para os insetos visitantes, proporcionando grande número de flores abertas na inflorescência por indivíduos, oferecendo alta quantidade de pólen e óleo.

Um fator considerado de grande importância para a manutenção e sobrevivência de populações de abelhas coletoras de óleo é a oferta contínua de flores durante alguns meses, pois servem de alimento as suas larvas, assim completando seu ciclo de vida (Buchmann, 1987; Vinson et al., 1997), além de beneficiar os vários tipos de reprodução (Freitas, 1991 e 1995).

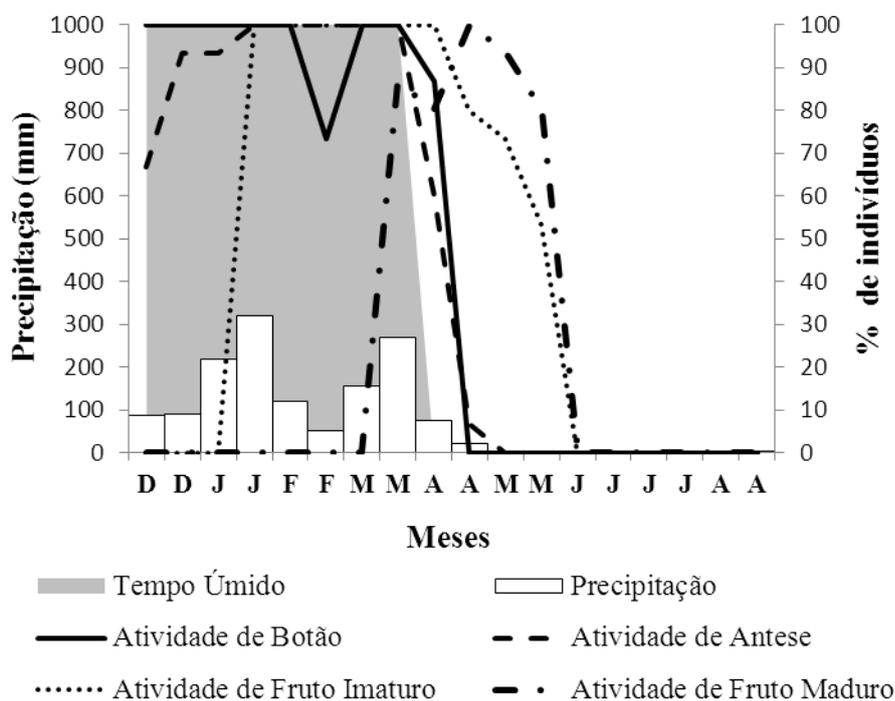


Figura 4 - Atividade das fenofases reprodutivas *B. basiloba* e condições climáticas durante o período de estudo, porcentagem de indivíduos manifestando fenofase.

Tabela 1- Correlação de spearman das fenofases (botão, antese, fruto imaturo e maduro) de *B.basiloba* com as variáveis climáticas temperatura, umidade e precipitação

	Fenofases	Temperatura	Umidade	Precipitação
Atividade	Botão	0,84*	0,83*	0,91*
	Antese	0,75*	0,87*	0,89*
	Fruto imaturo	0,35	0,68*	0,53
	Fruto maduro	-0,18	0,07	-0,09
Intensidade	Botão	0,84*	0,83*	0,91*
	Antese	0,75*	0,84*	0,85*
	Fruto imaturo	0,31	0,64*	0,48
	Fruto maduro	-0,17	0,05	-0,12

*nível de significância de 0,05

A produção de frutos imaturos iniciou em janeiro com maior intensidade na segunda quinzena de março, no final do período chuvoso (Figura 5). Os indivíduos de *B. basiloba* foram altamente sincrônicos nos meses de frutificação (janeiro a maio) e maturação (março a maio) (Figura 4) e apresentaram correlação positiva e significativa apenas com a umidade (Tabela 1). Os frutos de *B. basiloba* são do tipo drupa medindo cerca de 2 cm de diâmetro, de cor esverdeada quando imaturos, amarelos quando maduros e apresentam uma semente por lóculo. Semelhante a cor encontrada por Mendes et al., (2011) em *B. rotunda*, porém com diâmetro menor de 5,25 mm e em comparação com *B. umbellata* difere na cor dos frutos que são vermelhos.

Semelhante ao encontrado por Teixeira e Machado (2000) para espécie *B. sericea* tanto na frutificação como para maturação. Este fato foi observado por Mendes et al., (2011) em *B. umbellata* e acrescenta que esta espécie teve seu pico de intensidade na estação de transição da chuva para estiagem, período de acordo ao exposto por *B. basiloba*. A maturação dos frutos ocorreu na segunda quinzena de março com pico de intensidade na segunda quinzena de abril (Figura 5). As fenofases fruto imaturo e fruto maduro tiveram redução na intensidade na segunda quinzena do mês de maio ao final da estação úmida, na transição entre a estação úmida e seca.

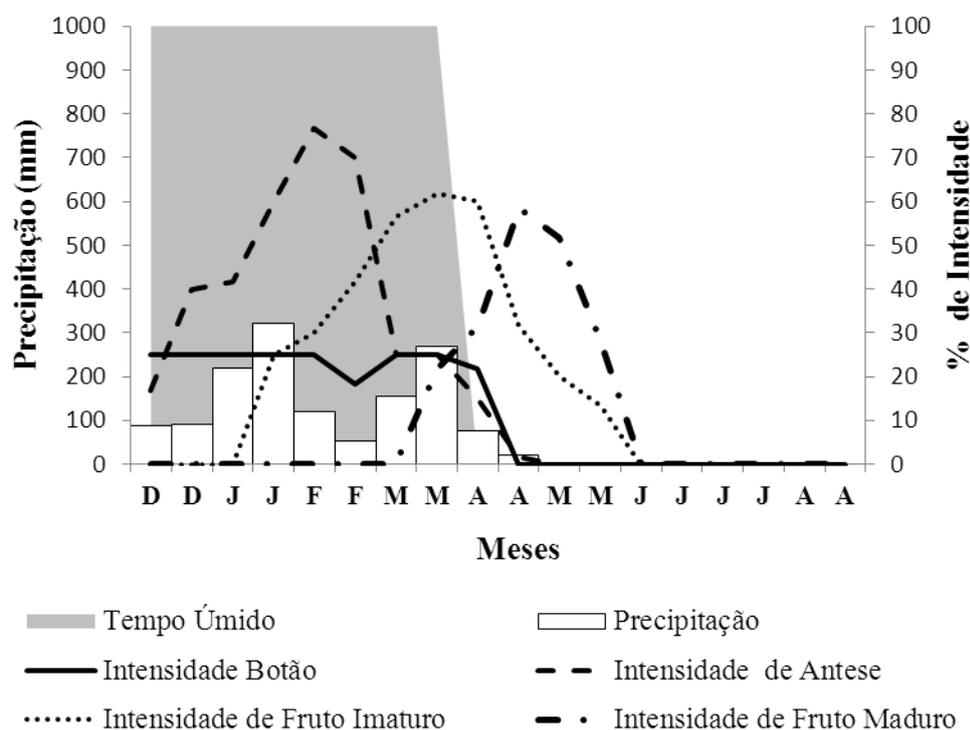


Figura 5 - Intensidade das fenofases reprodutivas e condições climáticas durante o período de estudo, porcentagem de intensidade de Fournier.

Para Pirani et al., (2009) a maturação dos frutos de *B. basiloba* em Mato Grosso ocorreu de forma similar entre os meses de março a junho.

Os períodos de maturação dos frutos têm sido moldados de forma sincrônica com a época mais favorável para o crescimento e a sobrevivência das plântulas (Antunes e Ribeiro, 1999; Pirani et al., 2009). De acordo com Felfili et al., (1999) a maturação na estação seca ou até mesmo no período de transição de seca para chuva garantem uma boa germinação e crescimento de plântulas, especialmente em espécies zoocóricas, em que a dispersão de sementes ocorre durante a estação seca.

O nível de sincronia, o período e a duração das fenofases reprodutivas e vegetativas têm importante papel sobre a quantidade e qualidade dos recursos disponíveis para os organismos consumidores como polinizadores e dispersores, influenciando na estrutura, funcionamento e recuperação das comunidades (Williams et al., 1999).

3.4.2 Morfometria

B. basiloba apresentou indivíduos medindo de 2m a 6m de altura, de hábito arbustivo. O hábito dentro do gênero *Byrsonima* é variável. Relatos feitos por Miranda (1998) referentes à *B. coccolobifolia* nas savanas de Roraima mostram que a espécie dificilmente alcança 3 m de altura. Em área de cerrado do Distrito Federal Barros (1992) descobriu indivíduos de *B. coccolobifolia* com 1 e 3,8 m de altura e Teixeira e Machado (2000) encontraram na espécie *B. sericea* estudada na Zona da Mata de Pernambuco indivíduos atingindo altura de 20 m. Ribeiro et al., (2006) averiguaram que *B. chrysophylla* é uma planta de porte arbustivo conhecida na região de Barreirinhas, Maranhão com altura variando de 1 a 1,25 metros.

As inflorescências de *B. basiloba* são do tipo cacho ou racemo terminal, homogêneas, medindo aproximadamente 7,5 a 32,0 cm de comprimento (Tabela 2) e produzem cerca de 17 a 67 flores por racemo (Figura 6 A). As flores são hermafroditas e zigomorfas (10 mm de comprimento x $19,60 \pm 0,50$ mm de diâmetro). Medidas das inflorescências são maiores do que aquelas encontradas por Mendes et al., (2011) em *B. rotunda* (13,6 cm) e *B. umbellata* (3,1 cm) bem como o diâmetro das flores (7,0 mm e 10,1 mm). *B. basiloba* apresenta um pedicelo de $7,53 \pm 0,26$ mm de comprimento, com flores diclamídeas heteroclamídeas, pentâmeras, dialipétalas, sem odor perceptível e com pétalas amarelas unguiculadas, medindo $7,98 \pm 0,75$ mm comprimento x $5,81 \pm 1,09$ mm de largura (Figura 6 B), sendo que a mais superior se distingue das demais por ser maior com comprimento médio de 9,59 mm x 8,05 de largura é mais espessa recobrando as demais, conhecida como estandarte (Figura 6 C). A presença de uma pétala modificada em forma de estandarte é interpretada como guia de orientação para pouso e posicionamento do polinizador (geralmente abelha) na flor, possuindo ainda função de apoio durante a coleta de óleo, onde a abelha se prende com a mandíbula (Anderson 1979; Sazima e Sazima 1989; Vogel 1990; Benezar e Pessoni 2006; Gaglianone 2000).

O cálice é constituído por sépalas persistentes de coloração esverdeada, são em número de cinco com 7,72 mm de comprimento x 2,07 mm de largura, cada uma das cinco sépalas possui, externamente, um par de glândulas ovais de coloração amarela produtoras de óleo, denominadas elaióforos calicinais com $2,40 \pm 0,55$ mm de comprimento (Figura 6 D).

Tabela 2. Características morfológicas e estruturais das flores de *B. basiloba* (Malpighiaceae) em área de Cerrado sentido restrito no sudoeste goiano.

(X = média ; DP = desvio padrão)

Estruturas	Variação	X ± DP
Inflorescência		
Comprimento (cm)	7,5-32,0	14,73 ± 7,03
Número de flores	17,0-67,0	42,6 ± 12,61
FLOR		
Diâmetro da Flor (mm)	15,3-24,3	19,60 ± 0,50
Comprimentos		
Pedicelo (mm)	5,3-9,7	7,53 ± 0,26
Elaióforo (mm)	2,7-2,9	2,40 ± 0,55
Sépala		
Comprimento (mm)	1,5-3,7	2,72 ± 0,24
Largura (mm)	1,8-2,0	2,07 ± 1,09
Pétala		
Comprimento (mm)	6,7-9,5	7,98 ± 0,75
Largura (mm)	4,0-5,5	5,81 ± 1,09
Estandarte		
Comprimento (mm)	7,0-14,5	9,59 ± 2,14
Largura (mm)	6,0-9,5	8,05 ± 1,03
Estame (mm)	2,7-6,5	3,87 ± 0,51
Antera (mm)	2,0-4,0	2,59 ± 7,03
Carpelo (mm)	4,0-6,0	5,00 ± 0,63
Estilete -Estigma (mm)	1,2-4,7	3,33 ± 0,74

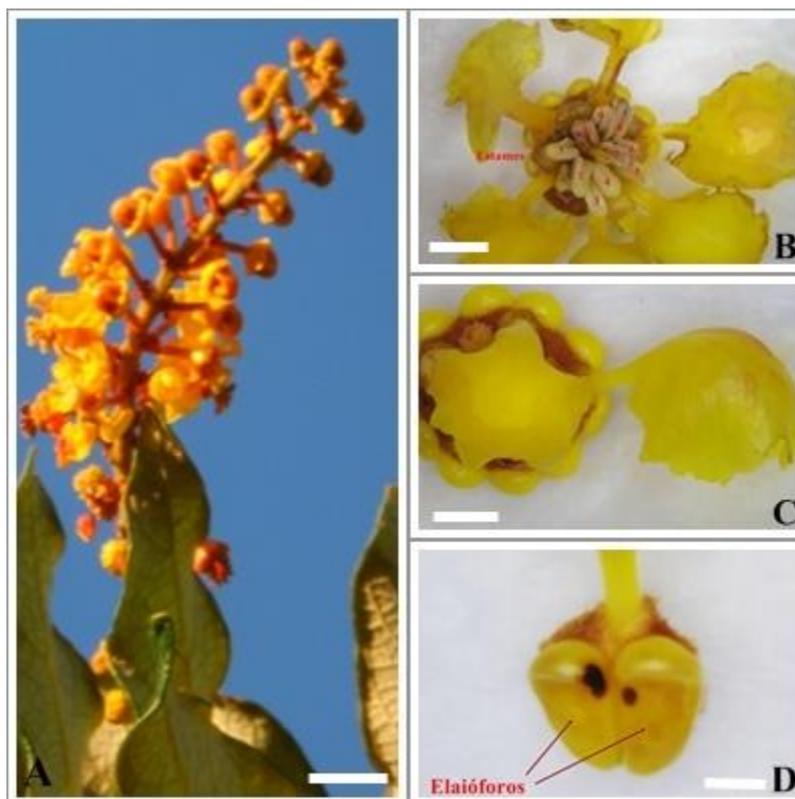


Figura 6 – Estruturas da espécie *Byrsonima basiloba*: (A) Inflorescência (B) Flor pentâmera; (C) Estandarte; (D) Elaióforos. Barras: A, 2cm, B e C, 2,0mm, D, 1,0mm.

O androceu possui estames diplostêmones em número de dez, são homodínamos, dialistêmones com comprimento variando entre 2,7 a 6,5 mm, possui antera de 2,0 a 4,0 mm de comprimento. Os filetes simples são de coloração amarela (Figura 7). As anteras são de coloração branca e após a deiscência se apresentam escurecidas, sinalizando a ausência de pólen, dorsifixas, introrsas, ditecas e exibem abertura longitudinal (Figura 7). Produzem pólen pulverulento de cor branca. O número de grãos de pólen viáveis encontrados nas flores ($n=15$) foi sempre elevado, totalizando 12.710 grãos viáveis. A viabilidade polínica foi de $96,22\% \pm 4,01$ e os grãos aparecem corados em vermelho intenso, já os inviáveis apresentam cor pálida (Figura 8). A espécie *B. basiloba* exibe viabilidade de pólen maior que as espécies *B. sericea* e *B. umbellata* que apresentam viabilidade de pólen semelhantes (93,3% e 94%), diferindo de *B. rotunda* (9%), mesmo esta apresentando alta eficiência reprodutiva com relação às outras duas. O estudo da viabilidade polínica reflete a potencialidade do gameta masculino na eficiência da fecundação e posterior fertilização (Biondo e Battistin, 2001), significando que quanto mais alta for a viabilidade maior será o índice de fertilização (Souza et al., 2002).

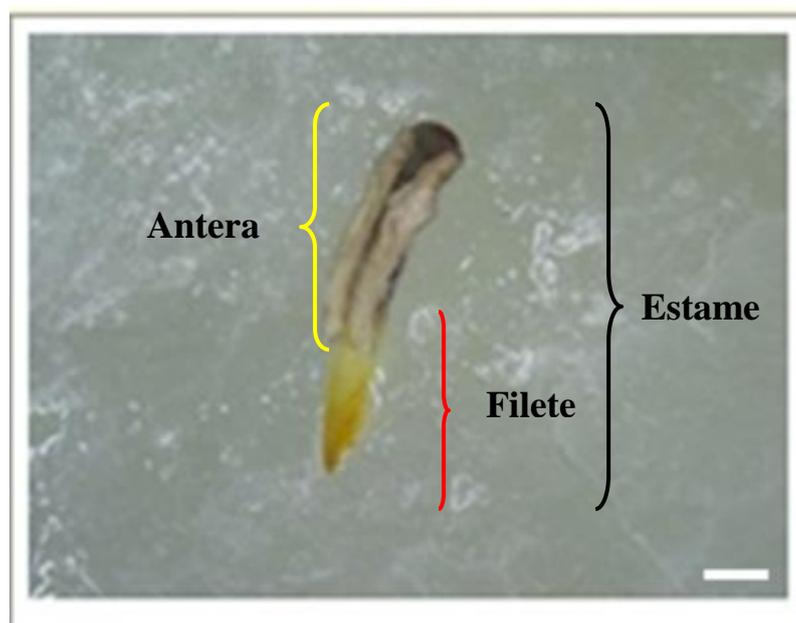


Figura 7 – Estame de *Byrsonima basiloba* demonstrando o filete simples de coloração amarela e a antera após a deiscência (escurecidas). Barra: 1,0mm.

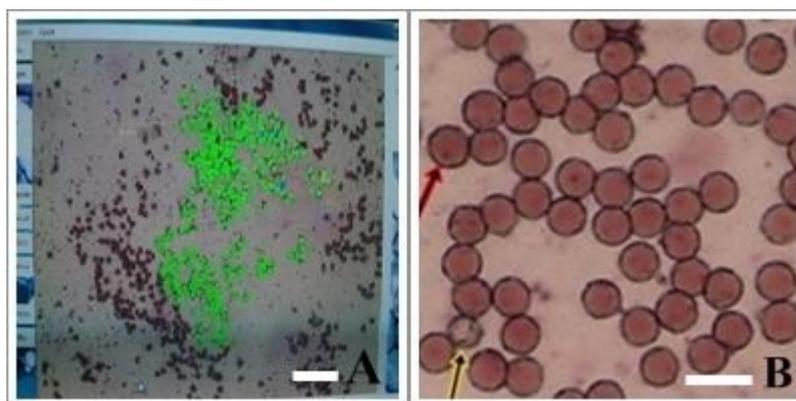


Figura 8 - Grãos de pólen de *Byrsonima basiloba* após coloração com carmim acético. (A) programa Anati quanti utilizado para contagem dos grãos viáveis e inviáveis. (B) viável (seta vermelha) e inviável (seta amarela). Barras: A, 1,5mm, B,1,8mm.

O gineceu é formado por ovário súpero, tricarpelar, gamocarpelar, trilocular, tendo um óvulo por lóculo, placentação axial, com carpelo medindo $5,0 \pm 0,63$ mm de comprimento, constituído de três estiletos distintos e com inserção terminal, sendo o estilete e estigma de $3,33 \pm 0,74$ mm de comprimento e longevidade persistente no fruto (Figura 9). Similar ao encontrado por Mendes et al., (2011) em *B. rotunda* e *B. umbellata*.

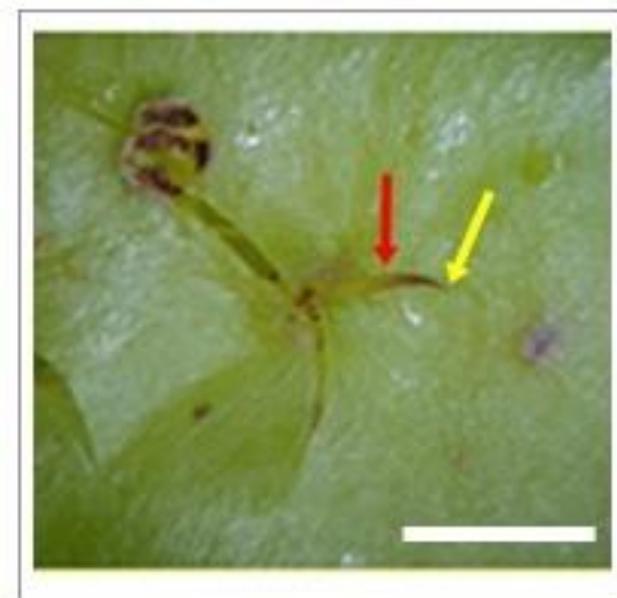


Figura 9 – Fruto de *Byrsonima basiloba* apresentando estilete indicado pela seta vermelha e estigma indicado pela seta amarela. Barra: 5,00 mm.

Em *B. basiloba* os estigmas permanecem receptivos durante o período de três dias após a antese (Figura 10). Mendes et al., (2011) relatam que os estigmas continuam receptivos em *B. rotunda* e *B. umbellata* por um período de 48 horas baseando nos testes de xenogamia realizados nas duas espécies.

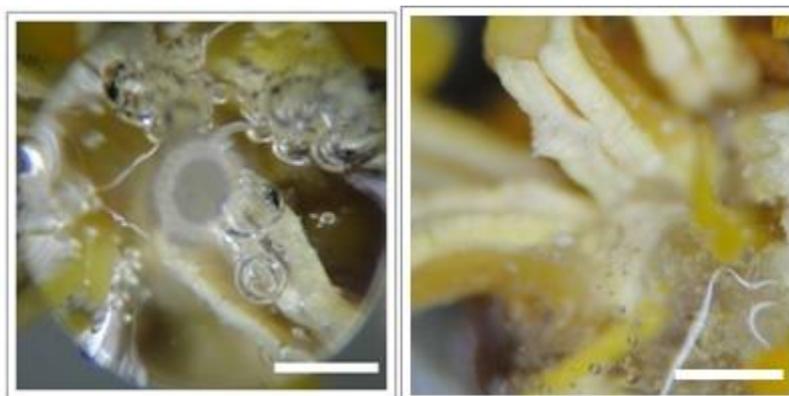


Figura 10 – Indicação de estigma receptivo após liberação de bolhas por reação com peróxido de hidrogênio em flor de *Byrsonima basiloba*. Barras: A, 3,5 mm, B, 4,5mm.

4.3 Biologia floral

A antese de *B. basiloba* é diurna e nas espécies de Malpighiaceae esta característica é considerada frequente (Barros 1992; Freitas et al., 1999; Teixeira e

Machado 2000; Gaglianone 2000; Benezar e Pessoni, 2006; Costa et al., 2006). As flores iniciam a abertura (Figura 11 A e B), entre 6h e 7h horas da manhã e continuam abertas até por volta das 16h30min. Diferente de outras espécies do mesmo gênero como observado por Mendes et al., (2011) em *B. rotunda* cuja abertura se dá entre 6h e 7h horas, mas também no período da tarde, de 16h e 17h horas e *B. coccolobifolia* que segundo Benezar e Pessoni (2006) iniciava a antese por volta das 16h horas finalizando apenas na madrugada seguinte.

A partir da abertura das flores os visitantes iniciam a coleta do recurso floral. Segundo Simpson e Neff (1983) e Westerkamp (1996) as plantas atraem potenciais polinizadores pelo fato de produzirem recursos energéticos como néctar e pólen, além de óleos e resina que servem como material para construção de ninhos desses insetos visitantes.



Figura 11 – Botões em pré-antese de *Byrsonima basiloba* (A) Início da abertura promovido pelo estandarte; (B) Abertura das demais pétalas dos indivíduos expostos aos primeiros raios de sol. Barras: 0,8mm.

A abertura das pétalas inicia-se com a separação da pétala superior denominada estandarte que recobre as outras e logo após as demais se abrem rapidamente (Figura 12), evidenciando os estames e estigmas. A abertura das pétalas ocorre de forma sincrônica, com todas as pétalas abrindo ao mesmo tempo (Figura 12 D). Mendes et al., (2011) relata que a abertura das pétalas de *B. rotunda* pode ocorrer de forma sincrônica ou sequencial, uma pétala por vez e que tanto para *B. rotunda* e *B. umbellata* a antese não é iniciada pela pétala conhecida como estandarte.



Figura 12 – Abertura das flores de *Byrsonima basiloba* (A) Botão em pré-antese; (B) Deslocamento do estandarte; (C) Abertura do estandarte; (D) Todas as pétalas abrem em sincronia. Barras: A e D 0,2mm, B e C, 0,1mm.

Após a abertura das pétalas, as anteras já se encontravam deiscentes. As flores ficam abertas e vistosas por até 72 horas. A antese de *B. basiloba* teve a duração mais demorada que nas espécies *B. subterranea* e *B. verbascifolia* estudadas por Barros (1992) e Freitas et al., (1999). Em *B. sericea* DC. observada por Teixeira e Machado (2000), as flores se mantiveram abertas por apenas um dia e meio, já em *B. umbellata* e *B. rotunda* o período de abertura de pétalas foi de 48 horas (Mendes et al., 2011), e em *B. coccolobifolia* teve duração de 15h horas (Benezar e Pessoni, 2006).

Em seguida as pétalas entram em processo de senescência, percebido pela mudança de coloração (do amarelo para o avermelhado). Um caráter que se diferencia muito no gênero *Byrsonima* é justamente a coloração das pétalas nas diferentes fases de maturação da flor. As espécies *B. umbellata* e *B. rotunda*, por exemplo, possuem flores brancas quando jovens e vermelhas a rosas na senescência (Mendes et al., 2011). Para

B. coccolobifolia, Benezar e Pessoni (2006), descrevem para o botão floral a coloração rósea intensa que se perde durante o desenvolvimento da flor.

Segundo Anderson (1979), a mudança de coloração apresentada por flores de Malpighiaceae, é um indicativo de evolução da família com o objetivo de aumentar o número de visitas por polinizadores em flores novas (Van doorn, 1997), a fim de evitar a remoção dos grãos já depositados no estigma e possíveis danos às estruturas reprodutivas (Mcdade e Kinsman, 1980). O escurecimento das anteras, bem como o ressecamento das mesmas e das pétalas também são indicativos de flores já polinizadas.

4.4 Sistema reprodutivo

Foi observado o mínimo de quatro e máximo de trinta e duas flores abertas/dia/indivíduo, estas flores foram emasculadas e para cada tratamento submetido o máximo de 31/dia no teste de apomixia; 20/dia em xenogamia, tratamento com grãos de pólen de diferentes indivíduos; 18/dia para geitonogamia com grãos de pólen de flores diferentes do mesmo indivíduo e 32/dia para autopolinização manual

Os resultados dos tratamentos de polinização de *B. basiloba* se encontram na Tabela 3. Através da apomixia (agamospermia) não houve formação de frutos. A menor taxa de formação de frutos foi observada na polinização manual cruzada (geitonogamia - 0,87%) e a polinização natural apresentou maior percentual de frutificação (29%). No tratamento de autopolinização espontânea obteve 3,14% e na autopolinização manual resultou em 4,24%, sendo alógama (Allarol, 1999). Considerou-se que *B. basiloba* é autocompatível e necessita de um agente polinizador para maior sucesso reprodutivo de acordo com o índice de autoincompatibilidade (ISI) que foi de 1% (Tabela 2). Para análise estatística do número de frutos formados entre os tratamentos foram obtidos os índices de autopolinização de 3,14%, e a eficácia reprodutiva (ER) foi de 6,85%. Barros (1992) conferiu a autocompatibilidade ao gênero *Byrsonima* após avaliar sete espécies fundamentadas nos testes de autopolinização manual e espontânea.

Essa autocompatibilidade parece ser comum em espécies do gênero como, por exemplo, *B. coccolobifolia* (Barros, 1992; Benezar e Pessoni, 2006), *B. muricata* (Bawa, 1974), *B. crassa*, *B. guilleminiana*, *B. laxiflora*, *B. subterranea*, *B. umbellata* e *B. verbascifolia* (Barros, 1992). Em especial pela espécie *B. coccolobifolia* após comprovação da formação de frutos pelos testes de geitonogamia e autopolinização espontânea (Benezar e Pessoni, 2006). Estes resultados diferem daqueles encontrados

para outras espécies do mesmo gênero *Byrsonima*, como os de Albuquerque e Rêgo (1989), que constataram que *B. crassifolia* é uma espécie autoincompatível, resultante do abortamento da maior parte das flores autofecundadas e também de todos os frutos que iniciaram o desenvolvimento. Autoincompatibilidade completa foi igualmente observada no sistema reprodutivo de *B. sericea* por Teixeira e Machado (2000). Porém, Silva (1990) conseguiu sucesso em autopolinizações manuais desta espécie.

Tabela 3. Resultados dos experimentos controlados sobre o sistema reprodutivo de *B. basiloba* e das observações de polinização natural e manual.

Tratamento	Flores (n)	Frutos (n)	Taxa de sucesso (%)
Apomixia	165	0	0
Xenogamia	119	4	3,36
Geitonogamia	115	1	0,87
Polinização Natural	145	42	29
Autopolinização Manual	118	5	4,24
Autopolinização Espontânea	159	5	3,14
ER			6,85
ISI			1,00
ISA			0,74

ER- eficácia reprodutiva (% frutos de polinização natural / % frutos de polinização cruzada). ISI- índice de autoincompatibilidade (% frutos de autopolinização manual / % frutos de polinização cruzada); ISA – índice de autopolinização espontânea (% frutos de autopolinização espontânea / %frutos de autopolinização manual).

A combinação de sistemas de autopolinização e polinização cruzada trazem vantagens proporcionando a espécie um alto nível de adaptabilidade às diversas condições do ambiente somado ao elevado potencial evolutivo que as capacita para a sua propagação e colonização de novas áreas (Scariot et al., 1991).

Tanto em sistemas naturais como agrícolas, o sucesso reprodutivo da maioria das angiospermas no mundo, depende essencialmente do processo de polinização do que da fertilidade do solo, por exemplo, ou das condições climáticas e manejo de outros produtos, assim considerado um sistema vital para a reprodução vegetal e produção de alimentos (Buchmann et al., 1996). Ricketts et al., (2008) afirmam que para uma melhor qualidade dos frutos, principalmente com relação ao peso e sementes viáveis, as flores necessitam de um processo de polinização eficaz.

4.5 Polinizadores e visitantes florais

Durante a floração, os indivíduos de *B. basiloba* foram visitados por abelhas das famílias Anthophoridae da tribo Centridini, do gênero *Epicharis* (*Epicharis analis* e *Epicharis flava*), Tapinotaspidini (*Paratetrapedia testacea*) e vespas da família vespidae (*Synoeca surinama* e *Parachartegus fraternus*) (Tabela 4). Em estudo com a espécie *B. intermedia*, Oliveira (2007) coletou doze espécies de abelhas, e destas, cinco espécies pertenciam ao gênero *Epicharis* semelhante ao encontrado em flores de *B. basiloba*. Pedro e Camargo (1999) relatam que dezoito espécies de *Epicharis* foram encontradas em atividade para o estado de São Paulo. Gaglianone (2003) descreve que foram encontradas 14 espécies de *Epicharis* na Estação Ecológica de Jataí (SP) realizando visitas a diversas espécies de Malpighiaceae, incluindo a espécie *B. intermedia* visitada pela abelha *Epicharis flava*.

Os indivíduos do gênero *Epicharis* foram mais frequentes durante a estação chuvosa e entraram em contato com as estruturas reprodutivas, portanto, foram considerados polinizadores efetivos além de recolherem pólen e óleo. Diferentes trabalhos expõem que as abelhas da tribo Centridini são consideradas os polinizadores mais eficazes do gênero *Byrsonima* (Machado, 2004). A polinização efetiva depende, entre outros fatores, da adequação do formato do corpo ou de determinados órgãos do visitante à morfologia floral, de como ele aborda a flor e de seu comportamento durante a visita (Kudo et al., 2007).

Tabela 4. Visitantes florais de *B. basiloba* recurso coletado, número de indivíduos coletados, atuação na polinização e frequência.

Visitantes	Recurso coletado	Nº coletado	Atuação na polinização	Frequência
Anthophoridae(Centridini)				
<i>Epicharis analis</i>	PO	2	PE	MF
<i>Epicharis flava</i>	PO	3	PE	MF
Tapinotaspidini				
<i>Paratetrapedia testacea</i>	O	1	PO	PF

Vespidae

<i>Synoeca surinama</i>	PO	2	PO	F
<i>Parachartegus fraternus</i>	O	1	PI	F

P = pólen; P-O = pólen e óleo; O = óleo; PE = Polinizador Efetivo; PO = Polinizador Ocasional ; PI = Pilhador; MF - muito frequente, F - frequente, PF - pouco frequente.

As visitas às flores ocorreram principalmente entre 7h e 14h horas, e em menos frequência na parte da tarde até, aproximadamente, às 16h30min. Maior atividade de visitas às flores de espécies de *Byrsonima* no período matutino também foi observada por Albuquerque e Rêgo (1989) e Teixeira e Machado (2000), sendo um padrão considerado comum para as comunidades tropicais, visto que nesse período muitas flores estão em antese proporcionando a exibição dos recursos, tais como pólen, óleo e néctar. Porém, Frankie et al., (1974) relataram que nas áreas de cerrado, existem a estação seca e estação chuvosa bem definidas e a maioria das plantas floresce na estação seca ou no início da estação chuvosa (Oliveira 1998; Batalha e Mantovani , 2000). A atividade dos insetos polinizadores seria favorecida durante esse período pela falta de chuvas pesadas que pudessem danificar as flores e à queda das folhas que tornaria as flores mais visíveis (Janzen, 1980).

As abelhas do gênero *Epicharis* medindo 2 cm de comprimento, se aproximam das inflorescências, em voo rápido, se agarram à pétala superior (estandarte), com auxílio das mandíbulas e se apoiam com as pernas posteriores nas flores vizinhas ou nas pétalas inferiores da flor visitada. Gaglianone (2003) ao estudar a composição de espécies, verificou a presença do gênero *Epicharis* em atividade principalmente na estação chuvosa visitando *B. intermedia*. Estas abelhas demoram cerca de 5 segundos raspando as glândulas (Figura 13 A). A permanência em cada flor, durante a coleta, foi de 4 a 5 segundos, havendo preferência pelas flores recém-abertas (Figura 13 B). Para *B. sericea* foi observado um tempo de permanência de 3 segundos, pelas abelhas especialistas que na procura por recursos não perceberam que na flor em que se encontravam não havia elaióforos, realizando os movimentos de raspagem com as pernas anteriores e medianas de acordo com Teixeira e Machado (2000). A transferência dos grãos de pólen da parte ventral do corpo para as pernas posteriores, onde é acumulado e transportado, é feita em pleno voo e em movimentos rápidos, com auxílio das pernas anteriores e medianas, devido ao seu comportamento e por ter sido encontrado grãos de pólen na parte ventral e pernas, foram consideradas como

principais polinizadores (Figura 13 C). Vogel (1990) e Sigrist e Sazima (2004) dizem que espécies de *Epicharis* e, especialmente *Centris*, são os principais polinizadores das Malpighiaceae neotropicais.

As vespas das espécies *Synoeca surinama* e *Parachartegus fraternus* foram observadas perfurando os botões em pré-antese e raspando as glândulas, sem tocar no pólen e estigma da flor, por este motivo foram consideradas pilhadores (Figura 13 D e E).

A abelha do gênero *Paratetrapedia* (Figura 13 F) foi observada coletando óleo em botões em fase de pré-antese, esta abelha pousa em cima do botão e com as pernas anteriores raspa as glândulas e força a abertura das pétalas, por ter este tipo de comportamento foi considerada como polinizador ocasional. Sazima e Sazima (1989) ao observarem abelhas *Paratetrapedia* coletando óleo em *B. sericea* verificaram o mesmo comportamento que para *B. basiloba* onde as glândulas de óleo foram raspadas com as pernas anteriores. Segundo Rêgo e Albuquerque (1989), durante a coleta de óleo em *B. crassifolia* verificaram que as abelhas *Paratetrapedia*, com auxílio das mandíbulas seguram-se aos elaióforos e com as pernas escovam as glândulas, coletando e transferindo óleo, sem saírem da flor.



Figura 13 - (A) Abelha do gênero *Epicharis* raspando elaióforos de *Byrsonima basiloba*; (B) Flor recém - aberta visitada pela abelha *Epicharis*; (C) Transferência dos grãos de pólen para as patas posteriores; (D) *Synoeca surinama* perfurando botões e raspando glândulas de óleo; (E) Presença da espécie *Parachartegus fraternus* em fruto; (F) Abelha da espécie *Paratetrapedia testacea* (Visão lateral). Barras: A 5,00mm, B, C e D 0,2mm, E 0,1mm, F, 0,9mm.

As flores de *B. basiloba* apresentam definições morfológicas, como zigomorfia, antese diurna e recompensas florais como pólen e óleo características que definem a síndrome de melitofilia (realizada por abelhas) (Faegri e van der Pijl, 1979; Effmert et al., 2005; Gullan, 2007).

Os elaióforos, glândulas epiteliais produtoras de óleo estão presentes em grande parte das espécies componentes da família Malpighiaceae do Novo Mundo, sendo utilizados por abelhas da família Antophoridae, indivíduos da tribo Centridini consideradas especialistas na coleta de óleo por apresentarem estruturas adaptadas nas pernas para extração desse recurso, demonstrando a coevolução, iniciado após o isolamento da América do Sul do continente Gondwana (Vogel, 1990). Porém Janzen (1980) relata que a produção sincronizada de flores por curto período de tempo, poderia atrair a atenção de polinizadores menos especializados, enquanto as espécies cujo

florescimento ocorre de forma assincrônica atrairiam polinizadores especialistas, o que não ocorreu com a espécie *B. basiloba* que obteve alta sincronia na fenofase de floração e atraiu polinizadores especializados na coleta de pólen e óleo floral da espécie *E. flava* e *E. analis*. As plantas classificadas como angiospermas sofreram mudanças para se adaptarem ao meio em que vivem ou foram inseridas e das 250.000 espécies existentes, quase que 90% são polinizadas por insetos (Costanza et al., 1997).

O gênero *Byrsonima* é frequentemente visitado por abelhas fêmeas (Anthophoridae) coletando óleo e polinizando suas flores (Albuquerque e Rêgo 1989; Barros, 1992). Para alimentação de larvas dessas abelhas o óleo floral é considerado essencial, bem como na construção e impermeabilização dos ninhos (Simpson e Neff, 1983; Vinson et al., 1997). Buchmann (1987) sugere ainda que óleo coletado poderia ser utilizado nas entradas dos ninhos como repelente contra formigas. Neste sentido, espécies neotropicais de Malpighiaceae são recursos-chave (Simberloff, 1998; Mack e Wright, 2005) para a manutenção e sobrevivência das abelhas coletoras de óleo.

As abelhas são os principais polinizadores na maioria dos ecossistemas mundiais (Biesmeijer e Slaa, 2004). Apontando o total de 257.000 espécies de plantas diferentes que contribuem para continuação da vida vegetal e na manutenção da variabilidade genética (Judd et al., 2009). Klein et al., (2007) completam afirmando que 42% das maiores culturas mundiais (soja e milho) em questão de volume de produção são polinizadas por alguma espécie de abelha nativa.

Dessa forma, a polinização animal se torna necessária para o seu sucesso reprodutivo, pois cerca de 75% das culturas e 80% das espécies vegetais são dotadas de flores como o pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch), melão (*Cucumis melo* L.), café (*Coffea arabica* L.) entre outras (Kevan e Imperatriz-Fonseca, 2002; Ricket et al., 2008).

O manejo de abelhas polinizadoras, por exemplo, no Brasil esta ocorrendo a fim de proporcionar o sucesso no processo de produção também de outras culturas frutíferas como a maçã (*Malus domestica*) e até mesmo em cultivos de algodão (*Gossypium hirsutum*) (Sanchez e Malerbo-Souza, 2004).

Assim, a polinização é considerada um processo ecológico de extrema importância, portanto, o desaparecimento de polinizadores poderia ocasionar as culturas dependentes desses agentes de polinização uma queda na produtividade além do avanço de áreas plantadas em até seis vezes mais, principalmente em países em desenvolvimento para alcançarem uma produtividade semelhante ao de países

desenvolvidos e isto poderia acarretar em danos ainda maiores de fragmentos florestais (Aizen e Harder, 2009).

Chacoff e Aizen (2006) expõem que atualmente os agricultores estão se conscientizando que, para culturas perenes, os insetos denominados benéficos, especialmente as abelhas, são de grande importância para aumentar os níveis de produtividade naquelas culturas e que a utilização de herbicidas somente ao redor das plantas se faz necessário para que exista a redução do impacto sobre o ecossistema.

5. CONCLUSÕES

O arranjo e número das peças florais de *B. basiloba* foi semelhante ao padrão encontrado para o gênero, diferindo apenas nas medidas.

O gênero *Byrsonima* não apresentou um padrão em suas fenofases, tendo espécies com curtos períodos até floração durante todo o ano. Na espécie *B. basiloba* o início das fases reprodutivas está relacionada com a estação chuvosa, independente da região onde ocorra.

O maior sucesso reprodutivo da espécie *B. basiloba* é condicionado à presença de um agente polinizador, que pode estar comprometido pelo baixo número de visitantes observados, demonstrando os efeitos da fragmentação e redução do habitat.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, T.V.; SANT'ANNA-SANTOS, B.F.; AZEVEDO, A and FERREIRA, R.S. 2007. ANATI QUANTI: software de análises quantitativas para estudos em anatomia vegetal. *Planta daninha*, vol.25, n.4, p. 649-659.

AIZEN, M.A and HARDER, L.D. 2009. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Curr. Biol.* vol.19, p. 915-918.

ALBUQUERQUE, P.M.C and RÊGO, M.M.C. 1989. Fenologia de abelhas visitantes de murici (*Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae). *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, Zool.* vol.5, n.2, p.163-178.

ALMEIDA, S.P. de; Proença, C.E.B.; Sano, S.M.; Ribeiro, J.F. 1998. Cerrado - espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa.

ALTIERI, M.A and MASERA, O. 1998. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. In: ALMEIDA, A.; NAVARRO, Z. (Org.). 2a Edição. Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável. Porto Alegre: UFRGS, p. 72-105.

ANDERSON, W.R. 1979. Floral conservatism in neotropical Malpighiaceae. *Biotropica*. n.11.p.219-223.

ANDERSON, W.R. 1981. Malpighiaceae. *Mem. New York Botan. G.* vol .32, p.21-306.

ANGIOSPERM PHYLOGENY WEBSITE. Version 12, July 2012/2013 (and more or less continuously update de since) “Will do.<
<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb>>.

ANTUNES, N.B and RIBEIRO, J.F. 1999. Aspectos fenológicos de seis espécies vegetais em matas de galeria do Distrito Federal. *Pesq.Agropec. Bras.* vol.34, n.9, p.1517-1527.

- AYRES, M., AYRES, J.R, M.; AYRES, D.L and SANTOS, A.A.S. 2003. Bioestat. 3.5: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá, CNPq, Belém. p.290.
- BARROS, M. A. G. E. and CALDAS, L. S. 1980. Acompanhamento de eventos fenológicos apresentados por cinco gêneros nativos do cerrado (Brasília, DF). *Brasil Flora*, vol.10, p.7-14.
- BARROS, M.A.G., 1992. Fenologia da floração, estratégias reprodutivas e polinização de espécies simpátricas do gênero *Byrsonima Rich* (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Biologia*, vol.52, p. 343-353.
- BATALHA, M.A. and MANTOVANI, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia*. vol.60, n.1, p.129-145.
- BATISTA, E.E and MATTOS JUNIOR, J.S de. 2007. A importância da produção de grãos para a atual estrutura produtiva agrícola do Município de Rio Verde- GO. *Revista formação*, vol.2, n.4,p.35-47.
- BAWA, K.S., 1974. Breeding systems of tree species of a lowland community. *Evolution*. vol.28, p.85-92.
- BAWA, K.S., PERRY, D.R and BEACH,J.H. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I Sexual systems and incompatibility mechanisms. *Amer. J. Bot.* vol.72, p. 331-345.
- BENCKE, C. S. C. and MORELLATO, L. P. C. 2002 a .Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*.São Paulo, v.25, n.3, p.269-275.
- BENCKE, C. S. C. and MORELLATO, L. P. C. 2002 b. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. São Paulo, v.25, n.2, p.237-248.
- BENEZAR, R.M.C. and PESSONI, L.A., 2006. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. *Acta Amazonica*. vol.36, p.159-168.
- BEZERRA E.S, LOPES, A.V and MACHADO, I.C. 2009. Biologia reprodutiva de *Byrsonima gardnerana* A. Juss. (Malpighiaceae) e interações com abelhas *Centris* (Centridini) no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. vol.32, n.1, p.95-108.
- BIESMEIJER, J. C. and SLAA, E. J. 2004. Information Flow Organization of Stingless Bee Foraging, *Apido*, vol. 35, p. 143-157.
- BIONDO, E. and BATTISTIN, A. 2001. 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*.vol. 15, n.1, p.39-44.

BRODY, A.K., 1997. Effects of pollinators, herbivores, and seed predators on flowering phenology. *Ecology*. vol.78,p. 1624-1631.

BUCHMANN, S.L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* vol.18, p.343-369.

BUCHMANN, S.L.; NABHAN, G.P. and MIROCHA, P. 1996. The Forgotten Pollinators. Covelho, CA and Washington, D.C.: Island Press, p. 292.

CHACOFF, N. and AIZEN, M.A. 2006. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, v. 43, p. 18-27.

COSTA, C.B.N., COSTA, J.A.S. and RAMALHO, M. 2006. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. vol.29, p.103-114.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P. and VAN DEN BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, vol. 387, p. 25.

DAILY, G.C. 1997. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington, D.C.:Island Press,. p.412.

DE MARCO, P. and COELHO, F.M. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodivers. Conserv.* vol.13, p.1245-1255.

EFFMERT, U., GROSSE, J., ROSE, U. S. R., EHRIG, F., KAGI, R., and PIECHULLA, B, 2005. Volatile composition, emission pattern, and localization of floral scent emission in *Mirabilis jalapa* (Nyctaginaceae). *Am. Journal Botânica*. vol. 92, n.1 p.2-12.

FAEGRI, K. and PIJL, L.VAN DER. 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, Oxford.

FARIAS, R; ALVES, E.R; MARTINS,R.C; BARBOZA,M.A; ZANENGA-GODOY, R;SILVA,J.B da. and RODRIGUES, R. da. S. Caminhando pelo cerrado-plantas herbáceo-arbustivas-caracteres vegetativos e organolépticas. Brasília: Ed. UNB, 2002.

FELFILI, J.M; SILVA JUNIOR, M.C; DIAS and B.J E REZENDE, A.V.1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado sensu stricto da fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. vol.22, n.1, p.83-90.

FLETCHER, M. and BARNETT, L. 2003. Bee poisoning incidents in the United Kingdom. *Bulletin of Insectology*, vol. 56, p. 141-145.

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

FRANKIE, G.W., BAKER, H.G. and OPLER, P.A. 1974. Comparative phonological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *J. Ecol.* vol.62, n.3, p.881-919.

FRANKIE, G.W., HABER, W.A., OPLER, P.A. and BAWA, K.S. 1983. Characteristics and organization of large bee pollination systems in the Costa Rican dry forest. *In Handbook of experimental pollination biology* (C.E. Jones & R.J. Little, eds.). *Scientific and Academic Editions, New York*, p.411-447.

FREITAS, B. M. 1998. As abelhas e o aumento da produção agrícola. In: I Congresso nordestino de produção animal. Fortaleza. *Anais*. Fortaleza: SNPA.. p. 385-389.

FREITAS, B.M. 1991. Potencial da caatinga para a produção de pólen e néctar para a exploração apícola. 140 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará.

FREITAS, B.M. 1995a. The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.). 197f. Tese (PhD em Abelhas e Polinização). - Programa de Pós-Graduação, University of Wales, U.K.

FREITAS, B.M., ALVES, J.E., BRANDÃO, G.F. and ARAÚJO, Z.B. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. *Journal of Agricultural Science*. vol. 133, p.303-31.

FREITAS, B.M. and IMPERATRIZ-FONSECA, V.I. 2005. A importância econômica da polinização. *Mens. Doce*, São Paulo, n.80, p. 44-46.

FREITAS, B.M. and IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2004. Economic value of Brazilian cash crops and estimates of their pollination constraints. In: Food and Agriculture Organization (FAO) report 02, Agreement. Economic value of pollination and pollinators. São Paulo: Food and Agriculture Organization (FAO)- Fundação da Universidade de São Paulo (FUSP), p. 1-4. 64p.

FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; MEDINA, L.M.; KLEINERT, A.M.P.; GALLETO, L.; NATES- PARRA, G. and QUEZADA-EUÁN, J.J.G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, v.40, p. 332-346.

GAGLIANONE, M.C. 2000. Interações de *Epicharis* (Apidae, Centridini) e flores de Malpighiaceae em um ecossistema de Cerrado. *In: Anais do IV Encontro sobre Abelhas*. Ribeirão Preto-SP, p.246-252.

GAGLIANONE, M.C. 2003. Abelhas da tribo *Centridini* na Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP): composição de espécies e interações com flores de Malpighiaceae *In*

G.A.R. Melo e I. Alves-dos Santos, Apoi. Neotrop.: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure. Editora UNESC, Criciúma.

GULLAN, P. J. 2007. Os insetos: um resumo de entomologia. São Paulo: Roca, p.440.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>.

JANZEN, D. H. 1980. Ecologia vegetal nos trópicos. EPU, EdUSP, São Paulo.

KEARNS, C. A. and INOUE, D. W. 1997. Pollinators, Flowering Plants, and Conservation Biology. *Bio Science*, vol. 47, n.5, p. 297-306.

KEVAN, P.G. and IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2002. Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministry of Environment, Brazil, p. 313.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFANDEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C. and TSCHARNTKE, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B.*, vol. 274, p. 303-313.

KLINK, C.A and MACHADO, R.B. 2005. A Conservação do Cerrado brasileiro. *Belo Horizonte, Megad*, vol.1,n.1,p.148-155.

KREMEN, C. 2004. Pollination services and community composition: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits? In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. (Eds.) *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, p. 115-124. 285p.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M. and THORP, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.*, vol. 99, p. 16812-16816.

KUDO, G., HIROSHI, S. I., HIRABAYASHI, Y., and IDA, T. Y. 2007. A test of the effect of floral color change on pollination effectiveness using artificial inflorescences visited by bumblebees. *Oecol.* n.154,p.119-128..

LARSEN, T.H.; WILLIAMS, N.W. and KREMEN, C. 2005. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. *Ecology Letters*, vol.8, p. 538-547.

LEHN, C.R; ALVES, F.M and DAMASCENO-JUNIOR, G.A. 2008. Florística e Fitossociologia de uma área de Cerrado *sensu stricto* na região da borda oeste do Pantanal, Corumbá, MS. Brasil. *Pesq Bot.* vol. 59, p.129-142.

LORENZI, H.M.2008. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. 5 Ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, vol 1. p.384.

MACHADO, I.C. 2004. Oil-collecting bees and related plants: a review of the studies in the last twenty years and case histories of plants occurring in NE Brazil. Pp. 255-279. In: B.M. Freitas (ed.). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza, Imprensa Universitária.

MACK, A.L and WRIGHT, D.D. 2005. The frugivore community and the fruiting plant flora in a new guinea rainforest: identifying Keystone frugivores. J. haerence Dew and Jean Philippe Boubli (eds) Tropical Fruits and Frugivores: The Search for strong Interactors p.184-203.

MAMEDE, M.C.H. 1993. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Camarea* (Malpighiaceae). *Acta Bot Bras*, vol.7, n.1, p.3-19.

MAMEDE, M.C.H. 2013. *Byrsonima* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8827>)

MCDADE, L. and KINSMAN, S. 1980. The impact of floral parasitism in two neotropical hummingbird pollinated plant species. *Evolution*, vol. 34, n.5, p.944-958.

MENDES, F.N., RÊGO, M.M.C. and ALBUQUERQUE, P.M.C. 2011. Fenologia e biologia reprodutiva de duas espécies de *Byrsonima Rich.* (Malpighiaceae) em área de cerrado no nordeste do Brasil. *Biota Neotropica*. vol. 11, n. 4.

MIRANDA, I.S. 1998. Flora, fisionomia e estrutura das savanas de Roraima, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. p. 186.

MORALES, M. N. and KÖHLER, A. 2008. Comunidade de Syrphidae (Diptera): diversidade e preferências florais no Cinturão Verde (Santa Cruz do Sul, RS, Brasil). *Revista Brasileira de entomologia*. vol.52. n.1. p.41-49.

MORELLATO, L. P. C. and LEITAO-FILHO, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (Ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. Campinas: Editora da UNICAMP. p.112-140.

MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. and JOLY, C.A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semi-decídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*. vol.12, p.85-98.

NOGUEIRA-COUTO, R. H. Polinização Com Abelhas Africanizadas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 1., 1994. Ribeirão Preto. *Anais*. São Paulo, 1994, p. 101- 117.

OLIVEIRA, P.E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. In Cerrado: ambiente e flora (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). Embrapa-CPAC, Planaltina, p.169-192.

OLIVEIRA, M.I.B.; POLIDO, C.do.A.; COSTA, L.C. and FAVA, W.S. 2007. Sistema reprodutivo e polinização de *Byrsonima intermédia*. A Juss (Malpighiaceae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, Porto Alegre, vol.5, p.756-758.

OSBORNE, J.L.; WILLIAMS, I.H. and CORBET, S.A. 1991. Bees, pollination and habitat change in the European Community. *Bee World*, vol. 72, p. 99-116.

PALMER, M.; BERNHARDT, E.; CHORNESKY, E.; COLLINS, S.; DOBSON, A.; DUKE, C.; GOLD, B.; JACOBSON, R.; KINGSLAND, S.; KRANZ, R.; MAPPIN, M.; MARTINEZ, M.L.; MICHELI, F.; MORSE, J.; PACE, M.; PASCUAL, M.; PALUMBI, S.; REICHMAN, O.J.; SIMONS, A.; TOWNSEND, A. and TURNER, M. , 2004. Ecology for a crowded planet. *Science*, vol. 304, p. 1251-1252.

PEDRO, S.R.M. and CAMARGO, J.M.F. 1999. Apoidea Apiformes, p.195-211. In: C.R.F. Brandão E.M.Cancello (eds). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. vol5. Invertebrados Terrestres. São Paulo. FAPESP.

PERCIVAL, M. 1965. *Floral Biology*. Oxford: Pergamon Press, p. 243.

PINHEIRO, J.N. and FREITAS, B.M., 2010. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oec Australis*, vol. 14, p.266-281.

PIRANI, F.R., SANCHEZ, M. and PEDRONI, F. 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*. vol.23, n.4, p.1096-1109.

POTT, A.; POTT, V.J. 1994. *Plantas do Pantanal*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Corumbá, Mato Grosso. p. 187-193.

RADFORD, A.E., DICKINSON, W.C., MASSEY, J.R. and BELL, C.R.1974. *Vascular plant systematics*. Harper and Row Publishers, New York.

RÊGO, M. and ALBUQUERQUE, P. 2006. Polinização do murici. EDUFMA, São Luís.

RIBEIRO, E.; RÊGO, M. and MACHADO, I. 2006. Aspectos da polinização do murici pitanga - *Byrsonima chrysophylla* (Malpighiaceae). Pp. 49-54. In: M. Rêgo e P. Albuquerque, eds. Polinização do Murici. São Luís, EDUFMA.

RIBEIRO, J.F. and WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida e J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina. p.151 -212.

RICKETTS, T., REGETZ, J., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C., BOGDANSKI, A., GEMMIL-HERREN, B., GREENLEAF, S.S., KLEIN, A.M., MAYFIELD, M.M., MORANDIN, L.A., OCHIENG, A. and VIANA, B.F. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecol. Lett.* Vol.11, p.499-515.

- SALISBURY, F. B. and ROSS, C. W. 1992. Plant physiology Wadsworth, Belmont.
- SANCHEZ JUNIOR, J. L. B. and MALERBO-SOUZA, D. T.; 2004. Frequência dos insetos na polinização e produção do algodão. *Acta Scientiarum*, v. 26, p. 461-465.
- SAZIMA, M. and SAZIMA, I. 1989. Oil-gathering bees visit flowers of eglandular morphs of the oil-producing Malpighiaceae. *Acta Botânica*. vol.102, p.106-111.
- SCARIOT, A.O., LLERAS, E. and HAY, J.D. 1991. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. *Biotrop*. vol. 23, n.1. p.12-22.
- SIGRIST, M.R. and SAZIMA, M., 2004. Pollination and reproductive biology of twelve species of neotropical Malpighiaceae: stigma morphology and its implications for the breeding system. *Ann Bot*. vol.94, p.33-41.
- SILVA, S.I. 1990. Floração e frutificação de duas variedades de *Byrsonima sericea* DC. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco. 93pp.
- SIMBERLOFF, D. 1998. FLAGSHIPS, UMBRELLAS, AND Keystones: Is single-species management passé in the landscape era? *Bio Conserv*. vol 83,n.3.p247-257.
- SIMPSON, B. B. and NEFF, J. L.1983. Evolution of diversity of rewards, In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Ed.). Handbook of experimental pollination biology. New York: Van Nostrand Reinhold. p. 142-159. 558 p.
- SOBREVILA, C. and ARROYO, M.T.K. 1982. Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. *Plant Syst. Evol.* vol.140, p.19-37. <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02409895>>.
- SOUZA, M.M.; PEREIRA, T.N.S. and MARTINS, E.R. 2002. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* degener). *Ciênc. Agrotec*. vol.26, n.6, p.1209-1217.
- TEIXEIRA, L.A.G. and MACHADO, I.C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botânica. Brasília*. vol.14, n.3, p.347-357.
- VAN DOORN, W.G. 1997. Effects of pollination on floral attraction and longevity. *J. Exp. Bot.* vol.48, p.1615-1622.
- VEDDELER, D., OLSCHIEWSKI, R., TSCHARNTKE, T. and KLEIN, A.M. 2008. The contribution of non managed social bees to coffee production: new insights based on farm-scale yield data. *Agroforestry Syst.* vol.73, p.109-114.
- VINSON, S.B., WILLIAMS, H.J., FRANKIE, G.W. and SHRUM, G. 1997. Floral lipid chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a use floral lipids by *Centris* bees (Hymenoptera: Apidae). *Biotropica*. vol. 29, n.1, p.76-83.

VOGEL, S. 1983. Ecophysiology of zoophilic pollination. In *Physiological Plant Ecology III. Encyclopedia of plant physiology* (O.L.Lang, P.S. Nobel , C.B. Osmond e H. Ziegler, eds.). Springer-Verlag Berlin. Heidelberg, New Series, vol.12, p.559-624.

VOGEL, S., 1990. History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. *Mem. New York Bot. Gard.* vol.55,p. 130-142.

WESTERKAMP, C. H. 1996. Pollen in bee-flower relations: Some considerations on melittophily. *Acta Botânica*, vol. 109, p. 325-332,.

WILLIAMS, R.J; MYERS, B.A; EAMUS, D. and DUF, G.A. 1999. Reproductive phenology of woody species in a North Australian Tropical savanna. *Biotropica*. vol 31, p.626-636.

ZAR, JH.1999. Bioestatical analysis. 4 ed. New Jersey, Prentice –Hall, Inc, 663,p.212 .