



Universidade Federal de Goiás
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade Vegetal



TAMARA POLIANA DE OLIVEIRA TEIXEIRA

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO MARACUJÁ BRS PÉROLA DO
CERRADO: UM ESTUDO DE CASO COM *Passiflora setacea* DC.
Passifloraceae**

Goiânia

2017

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: Tamara Poliana de Oliveira Teixeira

Título do trabalho: BIOLOGIA REPRODUTIVA DO MARACUJÁ BRS PÉROLA DO CERRADO: UM ESTUDO DE CASO COM *Passiflora setacea* DC., Passifloraceae

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, toma-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Tamara Poliana de Oliveira Teixeira
Assinatura do (a) autor (a)

Data: 18 / 04 / 2017

TAMARA POLIANA DE OLIVEIRA TEIXEIRA

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO MARACUJÁ BRS PÉROLA DO
CERRADO: UM ESTUDO DE CASO COM *Passiflora setacea* DC.
Passifloraceae**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás, para obtenção de título de mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Edivani Villaron Franceschinelli

Coorientadora: Profa. Dra. Helena Maura Torezan Silingardi

Goiânia

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Oliveira Teixeira, Tamara Poliana
BIOLOGIA REPRODUTIVA DO MARACUJÁ BRS PÉROLA DO
CERRADO: UM ESTUDO DE CASO COM *Passiflora setacea* DC.
Passifloraceae [manuscrito] / Tamara Poliana Oliveira Teixeira. - .
IV, 86 f.

Orientador: Profa. Edivani Villaron Franceschinelli; co-orientadora
Helena Maura Torezan Silingardi.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto
de Ciências Biológicas (ICB), Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade Vegetal, Goiânia, .

Bibliografia.

1. Estratégia Reprodutiva. 2. Frutificação. 3. Herbivoria Floral. 4.
Glossophaga soricina. I. Franceschinelli, Edivani Villaron , orient. II.
Título.

CDU 581



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE VEGETAL

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO
DE Nº 049

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO EM NÍVEL DE MESTRADO. – Aos vinte e três dias do mês de março do ano de dois mil e dezessete (23/03/2017), às 14h00min horas, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Profa. Dra. Edivani Villaron Franceschinelli– orientador; Prof. Dr. Helder Nagai Consolaro e Prof. Dr. Carlos de Melo e Silva Neto para, sob a presidência do primeiro, e em sessão pública realizada no Anfiteatro do ICB I da UFG, procederem à avaliação da defesa de Dissertação intitulada **“BIOLOGIA REPRODUTIVA DO MARACUJÁ BRS PÉROLA DO CERRADO: UM ESTUDO DE CASO COM *Passiflora setacea*DC., *Passifloraceae*.”** em nível de mestrado, área de concentração em Botânica, de autoria de **TAMARA POLIANA DE OLIVEIRA TEIXEIRA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora Prof. Dr. Helder Nagai Consolaro que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra a seguir foi concedida à autora da dissertação que, em 40 minutos procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista o que consta na Resolução nº 1283/2014 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal, a Dissertação foi aprovada por unanimidade, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de MESTRE EM BIODIVERSIDADE VEGETAL, na área de concentração em Botânica pela Universidade Federal de Goiás. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBV da versão definitiva da

34 dissertação, com as devidas correções, em trinta dias a contar da data da defesa. Cumpridas as
35 formalidades de pauta, às 16 horas e 15 min, a presidência da mesa encerrou esta
36 sessão de defesa de Dissertação de Mestrado e para constar eu, Gleizilene Braz Pereira dos Santos,
37 assistente administrativa do PPGBV lavrei a presente Ata, que após lida e aprovada, será assinada
38 pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.

39

40

41


Prof.ª. Dra. Edivani Villaron Franceschinelli

42

Presidente da Banca
ICB/UFG

43

44

45

46

47

48


Prof. Dr. Helder Nagai Consolaro

49

CAJ/UFG

50

51

52

53

54

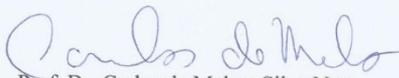
55

56

57

58

59


Prof. Dr. Carlos de Melo e Silva Neto

60

IFG/GO

61

62

63

64

65

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde nem conhecem nem vitória, nem derrota.”

Theodore Roosevelt

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, meu mestre! Por sempre me acompanhar e me dá forças para prosseguir sempre.

Aos meus pais, Paulo e Florenice, e meus irmãos Victor e Samarone, pelo grande amor, carinho, atenção, apoio e dedicação, por sempre acreditarem em mim e estarem sempre ao meu lado nas minhas escolhas.

Ao meu namorado Werique, pelo apoio, compreensão, por ter até mesmo, virado noites coletando dados desse trabalho comigo. Obrigada por ser meu refúgio nos dias mais tristes, pela paciência e companheirismo em todas as horas. Tenho certeza que sem você ao meu lado essa caminhada teria sido bem mais difícil.

A minha orientadora Edivani, por tamanha paciência, dedicação e apoio para que este trabalho fosse executado. Agradeço por muitas vezes deixar a sua família para estar em campo comigo. Seus ensinamentos ficarão sempre guardados e eu serei eternamente grata por tudo que fizeste comigo.

A minha co-orientadora Helena Maura, por toda dedicação e contribuição para este trabalho. Muito obrigada por todo apoio e gentileza. A senhora é uma pessoa maravilhosa.

Aos meus colegas João e Indiará, que nessa jornada tornaram os meus amigos. Sempre ao meu lado, em todas as situações, desde o campo até nos desesperos da vida, rs. Obrigada por cada momento compartilhado. Vocês são os melhores amigos do Goiás e eu fui privilegiada em dividir com vocês a mesma orientadora.

A Beth e ao Telmo, proprietários da fazenda da qual o meu trabalho foi executado, muito obrigada por terem aberto as portas para mim e a minha equipe. Por disponibilizar tudo que estavam ao alcance de vocês, por me apoiarem, incentivarem e ser sempre presentes. Obrigada por todo carinho e por sempre me receberem com amor.

Aos Colegas de turma e do laboratório de Biologia Reprodutiva, Grayce, Saturnina, Flaviana, Rayssa, em especial ao Carlos, por sempre dá sugestões para que o meu trabalho fosse desenvolvido da melhor forma, obrigada pelas correções, pelos incentivos, por sempre me tirar do sufoco...rs, e por ser o meu amigo da vida, muito agradecida.

Ao Marco, que também é do laboratório e que merece uma linha exclusiva nos meus agradecimentos, rs! Marco, obrigada por ter iniciado essa pesquisa comigo, por ter virado noites na observação de morcegos, por abrir mão das suas tarefas diárias para estar comigo em campo coletando dados, como eu já havia dito algumas vezes, eu aprendi muito contigo e admiro demais a sua humildade, caráter e inteligência.

Aos colegas da ecologia, Vanessa e companhia e Murilo da UEG pela ajuda no levantamento de morcegos, meus sinceros agradecimentos.

A secretaria do programa de pós graduação em Biodiversidade Vegetal, principalmente a Gleice, por toda a dedicação e apoio.

Aos professores do programa, em especial a professora Vera, por sempre nos receber com carinho e pela disciplina maravilhosa que ela nos ofertou. Aprendi muito e sem dúvidas acrescentou demais meus conhecimentos.

Aos professores Aristônio e Hélder pelas contribuições na primeira etapa desta dissertação.

A Thais e Simone, minhas grandes amigas, que também me ajudaram bastante nessa jornada, obrigada pelos dias que separaram para me acompanhar em campo. O meu amor por vocês é grande.

Aos meus melhores amigos, Dyla e Ítalo, por mesmo de longe me apoiarem, agradeço pelos incentivos constantes, pelas mensagens diárias, pelo amor e admiração que vocês sentem por mim, eu amo imensamente vocês.

A Renata, minha amiga de longas datas e pra vida toda, obrigada pela força nessa jornada, por me ouvir sempre e me incentivar com as suas palavras tão sabias.

Aos meus amigos da Bahia, Valdelice, Ingrid, Zarra, Lays, Antônia, Elane e Maria, vocês são pessoas incríveis!

A minha co-orientadora de graduação, Ana Mapeli, pelos incentivos constantes e preciosos conselhos, serei eternamente agradecida por ter você na minha vida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida para a execução deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram com a elaboração deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

CAPÍTULO I. Estratégia reprodutiva e ecologia da polinização do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea* cultivado em Aragoiânia, Goiás.

Resumo.....	36
Introdução.....	38
Material e Método.....	40
Resultados e Discussão.....	43
Conclusões.....	52
Agradecimentos.....	52
Referências.....	53

CAPÍTULO 2. Efeitos dos pilhadores florais e do sistema reprodutivo na frutificação do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea*.

Resumo.....	69
Introdução.....	70
Material e Método.....	72
Resultados e Discussão.....	74
Conclusões.....	77
Agradecimentos.....	77
Referências.....	77

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Médias de botões, flores e frutos produzidos mensalmente por *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado no município de Aragoiânia, Goiás. Os números da direita e esquerda representa as médias de cada fenofase.....64
- Figura 2 A.** Comparação da concentração de néctar em flores abertas e fechadas produzidos por *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado em Aragoiânia, Goiás..65
- Figura 2 B.** Comparação do volume de néctar em flores abertas e fechadas produzidos por *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado em Aragoiânia, Goiás.....65
- Figura 3.** Tubo polínico crescendo no estigma após 24 horas de polinização cruzada em *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado.....66
- Figura 4.** Análise dos tratamentos de polinizações controladas em *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado. 2016.....67

CAPÍTULO II

- Figura 1 A.** Flor de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado em perfeito estado84
- Figura 1 B.** Flor de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado após sofrer herbivoria84
- Figura 2.** Botão floral em pré-antese de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado danificados por *Trigona spinipes*.....85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Receptividade estigmática (obtida por polinizações experimentais e teste de peroxidase) da Cultivar BRS Pérola do Cerrado (<i>Passiflora setacea</i>) cultivada em Aragoiânia, Goiás.....	60
Tabela 2. Porcentagem de frutificação de polinizações controladas em Cultivar BRS Pérola do Cerrado (<i>Passiflora setacea</i>).....	61
Tabela 3. Visitantes Florais noturnos do Cultivar BRS Pérola do Cerrado (<i>Passiflora setacea</i>).....	62
Tabela 4: Visitantes florais diurnos do Cultivar BRS Pérola do Cerrado (<i>Passiflora setacea</i>) com suas respectivas recompensa e comportamento na Fazenda Vale do Tamanduá, município de Aragoiânia, GO. Pl: Pólen; Nc: Néctar; Pi: Pilhador; PP (Potencial polinizador).....	63

CAPÍTULO II

Tabela 1. Danos provocados nas flores de <i>Passiflora setacea</i> cv. BRS Pérola do Cerrado no município de Aragoiânia-Goiás. Outras peças florais: Inclui pétalas, sépalas e androginóforo.....	81
Tabela 2. Influência de pilhadores no desenvolvimento dos frutos da Cultivar BRS Pérola do Cerrado (<i>Passiflora setacea</i>).....	82
Tabela 3. Porcentagem de frutificação de polinizações controladas em Cultivar BRS Pérola do Cerrado (<i>Passiflora setacea</i>)	83
Tabela 4. Análises físicas dos frutos da Cultivar Pérola do Cerrado (<i>Passiflora setacea</i>) provenientes das polinizações experimentais. PC: Polinização cruzada; AP: Autopolinização.....	84

RESUMO

O gênero *Passiflora* abrange diversas espécies silvestres que apresentam potencial para serem inseridas no mercado, sendo *Passiflora setacea* uma destas. Diante disso, o estudo da biologia reprodutiva da mesma foi realizado em área de Cerrado na Fazenda Vale do Tamanduá, no município de Aragoiânia no estado de Goiás. Objetivou-se analisar a fenologia, a biologia floral, determinar o sistema reprodutivo, verificar os visitantes florais e certificar se as flores que sofrem herbivoria tem menos chances de produzir frutos maduros. Foi verificado que a cultivar floresce o ano todo, produzindo frutos com maior intensidade em agosto. Suas flores possuem características que a enquadram na síndrome de quiropterofilia, como flores brancas, alta produção de néctar e antese noturna. O néctar encontra-se disponível apenas uma hora após a abertura da flor que ocorre por volta das 18hs. A produção do néctar variou de 135 a 485 microlitros, com concentração de 18 a 28%. *Passiflora setacea* é auto-incompatível, apesar da sua taxa de autoincompatibilidade (0,26) estar no limite do valor para a auto-incompatibilidade (0,25). Os frutos produzidos através da polinização cruzada apresentaram maior peso total, rendimento da polpa, número de sementes, comprimento transversal e longitudinal do que os frutos produzidos por autopolinização. Em relação aos visitantes florais noturnos, *Glossophaga soricina* foi considerado o polinizador mais eficiente, devido a presença de grãos de pólen na sua pelagem. Entre os visitantes florais diurnos encontram-se abelhas, vespas, moscas e aves. *Apis mellífera* e *Trigona spinipes* foram as espécies mais frequentes, apresentando comportamento pilhador, pois fazem visitas ilegítimas, roubando pólen das flores, inclusive de botões em pré-antese. As aves *Eupetionema macroura*, *Coereba flaviola* e a abelha *Xylocopa grisescens* apesar de não ter apresentado visitas frequentes foram consideradas potenciais polinizadores diurnos pelo fato de fazer visitas legítimas, ou seja, contatam as estruturas reprodutivas durante a coleta de néctar. As flores de *Passiflora setacea* sofreram herbivoria, principalmente, por *T. spinipes* que degradam o hipanto da flor e o disco nectarífero. Já o pássaro *Icterus jamacaii*, destrói toda flor, inclusive as estruturas reprodutivas. Os resultados mostram que apesar destas flores serem danificadas, seus frutos não são menores quando comparados com os produzidos por flores não danificadas.

Palavras chave: Estratégia reprodutiva, Frutificação, herbivoria floral, *Glossophaga soricina*.

ABSTRACT

The genus *Passiflora* includes several wild species that present the potential to be commercialized, *Passiflora setacea* is one of these. Therefore, the study of the reproductive biology of this species was carried out in the Cerrado area of Fazenda Vale do Tamanduá, in the municipality of Aragoiânia in the state of Goiás. In order to analyse the phenology, floral biology, to determine the reproductive system, to verify visitors, verifying if flowers undergo predation and how it interferes in the fruit set. The cultivar blooms year-round, producing fruits with greater intensity in August. *Passiflora setacea* flowers have characteristics present in the bat pollination syndrome, such as white flowers, high nectar production and nocturnal anthesis. The nectar is available only one hour after the floral opened and its production ranged from 135 to 485 microliters, with a concentration of 18 to 28%. *Passiflora setacea* can be consider self-incompatible. Although its self-incompatibility index value (0.26) is very close to the auto-incompatible value limit (0.25), fruits produced after cross-pollination have higher weight, pulp yield, seed number, transverse and longitudinal length than fruits produced after self-pollination. In relation to the nocturnal floral visitors, *Glossophaga soricina* was considered the main pollinator due to the presence of pollen grains in its coat and among the daytime floral visitors are bees, wasps, flies and birds. *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* made illegitimate visits, stealing pollen from the flowers, including from pre-anthesis flowers. The birds *Eupetionema macroura*, *Coereba flaviola* and the bee *Xylocopa grisescens*, despite not having frequent visits, were considered to be potential diurnal pollinators due to the fact of making legitimate visits, that is, they contact the reproductive structures when they are collecting nectar. The flowers of *Passiflora setacea* were damaged by *T. spinipes* that degrade the hipant of the flower and consequently the nectariferous disk, and also by *Icterus jamacaii*, that destroys every flower, including the reproductive structures. However, the flower damages set similar fruits when compared to undamaged flowers.

Key words: Reproductive strategy, Fruiting, floral herbivory, *Glossophaga soricina*

INTRODUÇÃO

Uma grande parte da produção de frutas e sementes é proveniente de polinização por animais (Klein *et al.* 2007), atualmente existe uma preocupação entre governos, produtores, ONGs e pesquisadores em relação a relevância dos polinizadores na produtividade agrícola associada a baixa diversidade e redução de polinizadores nos agroecossistemas (Winfrey *et al.* 2007). Segundo Williams (1994), 84% das 264 espécies de cultivares agrícolas estudadas em território europeu necessita de algum tipo de polinizador animal, sendo que os maiores cultivos mundiais dependem de abelhas nativas para manter a produção.

Dentre as famílias de cultivares que dependem desses polinizadores, vale ressaltar Passifloraceae que é nativa dos trópicos e subtropicais, no Brasil ocorrem os gêneros *Ancistrothyrus* Harms, *Dilkea* Mast., *Mitostemma* Mast. e *Passiflora* L. (BFG 2015). Este último destaca-se por apresentar cerca de 520 espécies no mundo (Cervi 2005). *Passiflora* apresenta propriedades medicinais e alimentícias e cerca de 30 das espécies descritas possuem frutos comestíveis, porém poucos são comercializados. Sua ação farmacológica inclui desde o tratamento de hipertensão até calmante (Pereira & Vilegas 2000).

Quanto ao sistema reprodutivo, dentro do gênero predomina a autoincompatibilidade (Bruckner *et al.* 2005), no entanto, algumas espécies do subgênero *Decaloba* são auto compatíveis, podendo se reproduzir por autofertilização (Varassin & Silva 1999). Espécies de *Passiflora* apresentam estruturas florais distintas que atraem polinizadores diversificados, com predominância de abelhas, aves e morcegos (Sazima & Sazima 1977, 1989; Koschnitzke & Sazima 1997; Faria & Stehmann 2010; Kill *et al.* 2010).

Dentre as espécies de *Passiflora*, a *P. setacea* é conhecida popularmente como sururuca, maracujá-de-cobra e maracujá-do-sono. Esta é uma espécie silvestre cuja polpa dos frutos, segundo uso popular, previne problemas de insônia (Guimarães *et al.* 2013). Espécies silvestres possuem características relevantes para a produção de frutos que podem ser introduzidas nas variedades comerciais. Dentre elas, pode-se ressaltar a resistência a pragas e a qualidade nutricional, além disso, novas variedades podem ser criadas através da domesticação de espécies selvagens e melhoramentos genéticos (Junqueira *et al.* 2005).

O maracujá *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado é a primeira cultivar de maracujazeiro silvestre registrada e protegida no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Este cultivar foi obtido do melhoramento genético da espécie *P. setacea* (Embrapa Cerrados 2013), destacando-se por apresentar uma maior produtividade, frutos maiores, e polpa com elevados teores de antioxidantes, sendo seu consumo muito benéfico à saúde (Guimarães *et al.* 2013). Além disso, exibe alta resistência a pragas e doenças e recentemente tem se tornado uma alternativa para o mercado de frutas especiais, podendo ser utilizada na indústria, na fabricação de sucos, doces, sorvetes e até mesmo no consumo *in natura*.

Ataíde *et al.* (2012) enfatizam que os estudos sobre *P. setacea* ainda são poucos, em especial há poucos dados sobre sua floração, polinização, produção de frutos e sobre a germinação de suas sementes. Os conhecimentos sobre a biologia reprodutiva de espécies com propriedades econômicas geram dados úteis que podem auxiliar no manejo e extrativismo sustentável, além de fornecer informações relevantes para programas de melhoramento (Bernnacci *et al.* 2005). Assim, esse trabalho propõe, investigar a fenologia, a biologia floral, o sistema reprodutivo, guilda de polinizadores e a influência

de pilhadores na frutificação de *Passiflora setacea*, no sentido de responder as seguintes questões:

1. Qual o período de floração e frutificação de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado?
2. Qual o horário de antese, receptividade e viabilidade polínica das flores?
3. Qual a estratégia reprodutiva de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado?
4. Quem são os visitantes florais e potenciais polinizadores? Quais recursos florais são coletados?
5. As injúrias provocadas nas flores influenciam o desenvolvimento e aspectos físicos dos frutos?

Para responder estas questões, foram estudadas as estratégias reprodutivas de *Passiflora setacea* no período de 2015-2016, na fazenda Vale do Tamanduá, município de Aragoiânia, estado de Goiás.

Os dados desta pesquisa foram subdivididos em dois capítulos, o primeiro abordando a estratégia reprodutiva e ecologia da polinização do maracujazeiro silvestre e o segundo capítulo com o estudo dos efeitos dos pilhadores florais e do sistema reprodutivo na frutificação de *Passiflora setacea*.

REVISÃO DA LITERATURA

As angiospermas são um grupo de plantas que possuem o maior número de representantes na flora atual. A abundância e diversidade deste grupo está relacionada principalmente ao seu sucesso reprodutivo (Teixeira *et al.*, 2014). Estima-se que aproximadamente 90% das angiospermas tropicais têm como polinizadores os animais (Bawa 1990).

Animais e flores ao longo da evolução estabeleceram uma associação mutualista, em que os animais extraem nutrientes para a sua alimentação e em troca disso transportam

pólen, propiciando polinizações cruzadas. Dentre estes vetores de pólen, podemos listar abelhas, vespas, moscas, besouros, borboletas, mariposas, aves e até mesmo mamíferos (Oliveira & Maruyama 2014). A transferência de pólen por esses animais, promove fluxo gênico, aumentando a variabilidade genética, que é um fator relevante dentro de uma população de plantas (Oliveira & Maruyama 2014). Nesse sentido, animais que apresentam alta mobilidade e que se alimentam de recursos ofertados pelas flores, são eficientes para a promoção do fluxo gênico (Richards 1997). Os morcegos voam a longas distâncias, e muitos incluem na sua dieta néctar e pólen, atuando como importantes polinizadores, sendo responsáveis pela polinização de aproximadamente 528 espécies de plantas (Fleming et al 2009).

A maioria destes morcegos polinizadores, pertencem a família Phyllostomidae, tendo a sua dieta baseada especialmente em néctar e pólen, aos quais fornecem carboidratos e proteínas, estes animais apresentam focinhos alongados, línguas compridas, com pelos faciais, sendo adaptações para facilitar acesso ao recurso floral (Reis et al., 2007).

Até o momento, a subfamília Glossophaginae apresenta o maior número de morcegos polinizadores (Silva & Peracchi 1995, Sazima et al., 1989, Vieira 1991, Machado et al., 1998, Varassin 1996, Sazima et al., 1999, Kaehler et al., 2005, Verçoza et al., 2012). Muitas flores apresentam características que atraem uma guilda de polinizadores específicos, este aspecto é denominado síndrome, no caso dos morcegos a síndrome é denominada quiropterofilia, em que as flores apresentam os seguintes atributos: antese noturna, pétalas com cores claras, perianto carnoso e com abertura ampla, inflorescências grandes, alta quantidade de pólen e néctar, odor noturno semelhante algo fermentado (Rech et al., 2014).

O néctar é um dos nutrientes mais requisitado pelos morcegos, pois é deste produto que eles obtêm a sua fonte de energia. Este apresenta açúcares em diferentes concentrações que subsidiam essa demanda energética (Helvesen & Reyer 1984). Nesta perspectiva, plantas dependentes de agentes polinizadores que se alimentam de néctar, devem selecionar mecanismos para atrair e recompensar os mesmos, portanto, as vantagens neste processo tornam-se marcantes, promovendo uma diferenciação para sobressaírem em relação às plantas que competem pelo o mesmo tipo de visita (Barclay 2002).

Os morcegos são considerados eficientes polinizadores, principalmente nas famílias: Bromeliaceae (Sazima et al., 1989, Fischer 1994, Kaehler et al., 2005, Rodriguez et al., 2014), Caryocaraceae (Gribel & Hay 1993, Martins & Gribel 2007), Gentianaceae (Machado et al., 1998), Solanaceae (Verçozza et al., 2012), Fabaceae (Piechowski et al., 2010), Passifloraceae (Varassin 1996), Malvaceae (Silva & Pacchine 1955), Cactaceae (Lucena 2007), Lytraceae (Sazima & Sazima, 1975), Rubiaceae (Sazima et al., 1999) e Euphorbiaceae (Vieira 1991). Diante dessa relevância, a revisão segue com o intuito de elucidar e esclarecer alguns aspectos desta síndrome de polinização no Brasil e região tropical, em que será abordada tendências evolutivas, o recurso floral mais requisitado por este grupo e sua eficiência como agentes polinizadores.

Morcegos na região tropical

Os morcegos pertencem a ordem Chiroptera, grupo que apresenta uma grande diversidade, principalmente nos trópicos. No Brasil são conhecidas nove famílias, 64 gêneros e 167 espécies, estes constituem um dos grupos de mamíferos mais diversificados em relação a hábitos alimentares, podendo incluir na sua dieta sangue de aves e mamíferos, insetos, frutos, pólen e néctar, desta forma desenvolvem um papel importante

no controle de insetos, na polinização, dispersão de sementes e recuperação de áreas degradadas (Reis 2007).

Estas espécies no Brasil são distribuídas no Cerrado, na Amazônia, na Mata Atlântica, no Úmido Pantanal, no Árido Nordeste e nos pampas gaúchos (Reis 2007, Ésberard 2003, Miretzki 2003, Santos et al., 2008, Ferreira et al 2010, Bernard et al., 2011). A Amazônia abrange a maior riqueza de morcegos, atingindo 87% das espécies que ocorrem no Brasil. A família Phyllostomidae se destaca em números de distribuição compreendendo 96,8 % para o Cerrado (Ferreira et al., 2010), 60% para a Mata Atlântica (Ésberard 2003) e cerca de 55,5 % para a Amazônia (Bernard 2011). Os morcegos desta família são exclusivamente polinívoros e nectarívoros, porém podem também se alimentar de insetos (Reis 2007).

Fleming et al., (2009) dão uma relevância aos morcegos desta família nas populações tropicais, por se destacarem em relação ao transporte de pólen quando comparados com as aves, podendo percorrer até 18 km de distância, tornando-os eficientes polinizadores. Eles desempenham papéis ecológicos fundamentais nas florestas tropicais, apresentam biomassa e mobilidade grande, propiciando além de polinizações a dispersão de sementes (Findley 1993, Schnitzler & Kalko 1998).

O sucesso da reprodução das angiospermas é dominado por polinização biótica (Oliveira & Maruyama 2014), principalmente nos trópicos (Fleming et al, 2009), polinizadores vertebrados são responsáveis pela polinização de 3% a 15% dessas espécies (Bawa 1990), coincidindo também com o local de grande diversidade e distribuição de morcegos, que compreendem aproximadamente 50% da fauna de mamíferos (Simmons & Voss 1998), e segundo Endress (1994) a evolução da polinização por morcegos é um fenômeno exclusivamente tropical.

Segundo Renner e Ricklefs (1995), as aves e os morcegos se destacam em grupo de polinizadores, pois são excelentes na promoção de cruzamentos e como consequência disso a maioria das flores polinizadas pelo os mesmos são hermafroditas, predominando poucas dioicas. Este caráter pode ser um indicio de evolução da polinização por morcegos nas angiospermas tropicais e subtropicais.

Nos trabalhos de Clarke et al., (2005) na reserva florestal do Victoria Mayaro em região tropical, foram coletados 1959 indivíduos de morcegos distribuídos em 38 espécies e 5 famílias, sendo comparado a abundância de espécies em floresta primária com floresta antropizada, os dados diferiram entre os habitats, tendo uma diversidade menor em floresta antropizada, demarcando, portanto, a necessidade de conservação das espécies nesse ambiente. Espécies frugívoras apresentaram maior número, que segundo os autores é explicado pela abundância de plantas com frutos na época do levantamento.

Silva (2009) em Floresta Atlântica do estado de Paraná, além de verificar a diversidade de morcegos em floresta tropical observou a interação destes com as flores, onde foram encontrados 679 morcegos distribuídos em 20 espécies e 3 famílias. Oito espécies de plantas visitadas por morcegos foram acompanhadas, a maioria das flores apresentavam como características, formas tubulares e do tipo pincel, cores esbranquiçadas e esverdeadas. As espécies foram visitadas por morcegos glossofaríngeos, considerados neste trabalho como os polinizadores legítimos e não-glossofaríngeos como polinizadores ocasionais. As espécies da subfamília Glossophaginae são consideradas entre as mais importantes como vetores de pólen, pois são especializadas em nectarívoria (Freemann 1995).

Muitos trabalhos têm focado a interação de morcegos com plantas nas florestas tropicais (Sazima & Sazima 1975, Fischer et al. 1992, Fischer 1994, Machado et al. 1998, Sazima et al. 2003, SanMartin-Gajardo & Sazima 2005), um dos estudos mais amplo

realizado no Brasil foi o de Sazima et al (1999) na Mata Atlântica, que investigou duas comunidades de plantas polinizadas por morcegos, em que as Bromélias se destacaram, representando 30% das espécies polinizadas por esse animal, neste trabalho os glosssofaríngeos também tiveram maior número como polinizadores legítimos.

Recentemente foi feito um levantamento dos visitantes florais vertebrados no Brasil, utilizando consulta de publicações científicas, em que foram levantadas 48 espécies de morcegos filostomídeos, os autores dão uma relevância para os beija-flores e morcegos, principalmente os da família Phyllostomidae, ressaltando que esses dois grupos são responsáveis por 39% das polinizações e quando associadas à sua especialização no uso de recurso floral são considerados principais vetores de pólen nos diferentes biomas (Buzato et al., 2012).

Estudos sobre a ocorrência de morcegos como polinizadores têm aumentado nas últimas décadas, porém muito ainda deve ser aprendido sobre este tipo de mutualismo, principalmente a respeito de comportamentos de forrageamento e alimentação dos mesmos (Sazima et al., 1999). Sabe-se que os morcegos desempenham um papel importante na manutenção da continuidade genética de populações de plantas e, portanto, têm valor de conservação considerável (Fleming et al., 2009).

Evolução das flores para quiropterofilia

As flores das Angiospermas apresentam uma grande diversidade morfológica, essa diferenciação é uma tendência de evolução direcional, controlada por polinizadores que atuam como agente de seleção (Leppik 1968, Teixeira et al., 2014). Segundo Raven et al., (1996), quando uma espécie de planta é polinizada por poucos agentes polinizadores, a seleção favorece a especialização da flor relacionada com as características do polinizador.

A maioria dos polinizadores, buscam selecionar as suas flores detectando alguns aspectos como coloração, odor, e disponibilidade dos recursos, e quando estes encontram, tendem a limitar as suas visitas apenas nessas espécies, estabelecendo uma relação intrínseca, com evolução recíproca, adaptando um ao outro (Leppik 1968). As plantas que apresentam a síndrome de quiropterofilia têm características peculiares que as diferenciam das demais síndromes, como maior produção de néctar, antese noturna, corola branca ou verde, flores solitárias e com muito pólen (Rech et al., 2014).

Dentro desta síndrome existe a predominância de uma relação evolutiva de determinadas flores para o seu polinizador legítimo, ou seja, aqueles que coletam recursos florais e tocam nas estruturas reprodutivas, por exemplo, *Luehea grandiflora* que é polinizada apenas por morcegos Glossophaginae, este evento pode estar relacionado a pouca produção de néctar das flores, impossibilitando esta espécie de atrair polinizadores maiores (Gottsberger e Silberbauer- Gottsberger 2006).

Vale ressaltar também um evento de seleção restrito em uma única espécie, que é o caso do morcego *Anoura fistulata*, que consegue estender a sua língua até duas vezes mais do que a de outras espécies, esse caráter o possibilita visitar flores com corolas tubulares compridas, sendo, portanto, o único polinizador legítimo das flores de *Centropogon nigricans* (Campanulaceae). Esta restrição de apenas uma espécie de polinizador é difícil de ocorrer em Angiospermas (Muchhala 2006). Acredita-se que a evolução para a polinização por morcegos ocorreu independente em diferentes linhagens de plantas, diferindo das polinizações realizadas por insetos e aves (Fleming 2009, Muchhala 2006).

Ecologia cognitiva da polinização por morcegos

A evolução de determinados padrões florais, como cor, forma, tamanho, emissão de odores, presença de estímulos táteis, térmicos e gustatórios em cada grupo de plantas, resulta da interação destas com os seus visitantes, neste sentido, explorar o sistema sensorial e cognitivo dos animais que coletam pólen e néctar como fonte de energia, são eventos imprescindíveis para as plantas atrair vetores e promover cruzamentos (Brito et al., 2014).

Brito e seus colaboradores (2014) define cognição como a capacidade de adquirir, processar, reter e conseqüentemente utilizar as informações através dos sentidos e consideram que os conhecimentos de como os animais percebem e respondem ao mundo são essenciais para entender a cognição dentro do contexto da biologia da polinização, esta interação dos sentidos do polinizador com a flor selecionada é fundamentada por uma história ecológica e evolutiva.

Os morcegos têm uma excelente audição, possuem ondas mecânicas que os humanos são incapazes de perceber, essa onda sonora é denominada ultra-som, com frequência sonora acima de 20.000 Hz (Micha et al., 2011). Contudo, estudos sobre a sua visão, ainda prevalecem lacunas, alguns pesquisadores afirmam que eles possuem capacidade para percepções de cores, devido a presença de duas células de tipo cone em sua retina, porém ainda não foi possível caracterizar as percepções de cores desses animais (Gutierrez 2013).

Nos trabalhos desenvolvidos sobre a polinização por morcegos, é possível detectar que existe a comunicação entre plantas e morcegos por meio de canais sensoriais. Neste aspecto é válido ressaltar o trabalho desenvolvido por Helversen, D. von & Helversen (1999) que estudando *Mucuna holtonii* verificou que as flores possuíam uma estrutura côncava que auxiliavam na reflexão maior do som para a ecolocalização dos morcegos.

Os autores sugerem que existe uma tendência das flores em evoluírem estruturas conspícuas, com a finalidade de serem detectadas facilmente pelo os seus polinizadores.

Verassin (1996) em sua pesquisa, abordou alguns aspectos sensoriais dos morcegos que condiziam com as estruturas das flores polinizadas pelo os mesmos. *Passiflora galbana* e *Passiflora mucronata*, ambas são quiropterófilas, e apresentaram pigmentos que refletiam a região visível pelos morcegos, este caráter morfológico as tornam acessíveis para os seus polinizadores, estas flores também apresentaram um odor muito expressivo, permitindo a atração e localização do recurso a longa distâncias pelo o seu polinizador, já que estes apresentam o sistema olfatório bem desenvolvido (Reis 2007).

Neste aspecto, cada flor pode ser considerada um mosaico sensorial, capaz de produzir diferentes sistemas sensoriais, que paralelamente são moduladas pelo sistema cognitivo dos seus visitantes (Raguso 2004). Os sinais florais e os sistemas sensoriais dos animais polinizadores se inter-relacionam selecionando e ativando mecanismos distintos, associados com a atividade que os visitantes procuram realizar (Brito et al., 2014).

Néctar: composição e quantidade seleciona polinizadores específicos

O néctar é um líquido açucarado produzidos pelas plantas em estruturas denominadas nectários, é uma substância bioquimicamente complexa, geralmente produzido com a finalidade de oferecer como recurso para os polinizadores (Gonçalves & Lorenzi 2011, Agostini et al., 2014). A origem evolutiva dos nectários e do néctar ainda existem lacunas (Nicolson et al., 2007), porém muitos pesquisadores têm procurado compreender como ocorreu essa evolução e acredita-se que estes tiveram várias origens evolutivas e se desenvolveram em diferentes posições e tecidos florais (Endress 1994).

Aproximadamente 528 espécies de angiospermas são polinizadas por morcegos, e são atraídos principalmente pelo néctar (Fleming et al., 2009). Plantas que ofertam esse recurso para os seus agentes polinizadores devem evoluir mecanismos, capaz de atrair e recompensar os mesmos. Nesta perspectiva plantas que possuem este recurso floral, deve ter na sua composição substâncias químicas diferenciadas, com intuito de obter vantagens e sobressair em plantas que ofertam o mesmo recurso (Barclay 2002).

Um dos primeiros estudos para avaliar bioquimicamente o néctar, foi realizado por Baker (1977), em que se verificou os mecanismos coevolutivos das plantas, de possuírem substâncias químicas especializadas em seu néctar, propiciando a seleção de seus polinizadores específicos.

Baker (1977) relatou em seu trabalho que plantas que apresentam grande quantidade de aminoácidos em seu néctar possuem como visitantes mariposas, borboletas e vespas, outros polinizadores obtém essas proteínas por meio do pólen ao invés do néctar, os morcegos, por exemplo. Desta forma, plantas que possuem alta concentração de aminoácidos em seu néctar são adaptadas a receberem visitas de borboletas (Baker & Baker 1983), moscas (Potter & Bertin 1988) e abelhas (Petanidou et al., 2006).

Segundo Baker & Baker (1983), a composição e a concentração do néctar são adaptadas ao tipo de polinizador, sendo uma forma de selecionar polinizadores específicos para cada planta. Tem sido proposto por Barclay (1994), que o cálcio presente no néctar é um recurso atrativo para os morcegos, principalmente para as fêmeas na fase reprodutiva, pois necessitam desse mineral para aumentar a sua prole. Em virtude disso, plantas que dependem dos morcegos como agentes polinizadores e dispersores de sementes tendem a evoluir para prover maior quantidade de cálcio, de forma recompensar os seus visitantes.

Barclay (2002) analisando o néctar de diversas flores, constatou que as que apresentavam elevada concentração de cálcio, eram realmente polinizadas por morcegos, alta concentração de cálcio também foi observado por Verassin (1996) em duas espécies de *Passiflora* que também tinham morcegos como seus polinizadores, estes dados corroboram com as hipóteses de Barclay (1994), especialmente em que se refere a vantagem das flores em produzir substâncias que as diferenciam de outras plantas que oferecem o mesmo recurso, estas além de disponibilizar em seu néctar energia, ainda dispõem de cálcio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostini K, Lopes AV, Machado IC. 2014. Recursos florais. In: Rech AR et al (organizadores) *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro, projeto cultural. p. 129-150.
- Ataíde, E.M., Oliveira, J.C., Ruggiero, C. 2012. Florescimento e frutificação do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea* D. C. cultivado em Jaboticabal, SP. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34: 377-381.
- Baker HG, Baker I. 1983. *Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type*. In: Jones CE, Little RJ, eds. *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc. 117-141.
- Baker HG. 1977. Non-sugar chemical constituents of néctar. *Apidologie* 8 (4): 349-356.
- Barclay RMR. 1994. Constraints on reproduction by flying vertebrates: energy and calcium. *Am. Nat.* 144: 1021-1031.
- Barclay RMR. 2002. Do plants pollinated by flying fox bats (Megachiroptera) provide an extra calcium reward in their néctar. *Biotropica* 34(1): 168-171.
- Bawa KS. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21:399-422.
- Bernacci, L.C., Meletti, L.M.M., Soares-Scott, M.D. & Passos, I.R.S. 2005. Espécies de maracujá: caracterização e conservação da biodiversidade. Pp. 558-586. In: *Maracujá, germoplasma e melhoramento genético*. Embrapa Cerrado, Planaltina.
- Bernard E, Tavares VC, Sampaio E. Compilação atualizada das espécies de morcegos

- (Chiroptera) para a Amazônia Brasileira. *Biota Neotrop.* 11 (1): 35-46.
- BFG (The Brazil Flora Group). 2015. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66(4): 1085–1113.
- Brito V, Telles F, Lunau K. 2014. Ecologia cognitiva da polinização. In: Rech AR et al (organizadores) *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro, projeto cultural. p.417-438.
- Bruckner, C.H., Suassuna, T.M.F., Rêgo, M.M., Nunes, E.S. 2005. Auto-incompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético. In: Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Braga, M.F. (Eds.) *Maracujá: germoplasma e melhoramento genético*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 187 – 210 p.
- Buzato S, Giannini TC, Machado IC, Sazima M, Sazima I. 2012. Polinizadores vertebrados: Uma visão geral para as espécies brasileiras. In: Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Alves DA, Saraiva AM. (eds.). *Polinizadores do Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. p. 119-142.
- Cervi, A.C. 2005. Espécies de Passiflora L. (PASSIFLORACEAE) publicadas e descritas nos últimos 55 anos (1950-2005) na América do Sul e principais publicações brasileiras. *Estudos de Biologia* 27:19-24.
- Clarke FM, Pio DV, Racey PA. 2005. A comparison of logging systems and bat diversity in the neotropics. *J Appl Ecol* 42:409–420.
- Endress, P. K. 1994. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge University Press.
- Ésberard CEL. 2003. Diversidade de morcegos em área de Mata Atlântica regenerada no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 5 (2): 189-204.
- Faria, F.S. & Stehmann, J.R. 2010. Biologia reprodutiva de *Passiflora capsularis* L. e *P. pohlii* Mast. (Decaloba, Passifloraceae). *Acta Botanica Brasilica* 24:262-269.
- Ferreira CMM, Fischer E, Pulchério – Leite A. 2010. Fauna de morcegos em remanescentes urbanos de Cerrado em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotrop.* 10 (3): 155-160.
- Findley JS. 1993. Bats: a community perspective. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- Fischer EA, Jimenez FA, Sazima M. 1992. Polinização por morcegos em duas espécies de Bombacaceae na Estação Ecológica de Juréia, São Paulo. *Rev. bras. Bot.* 15:67-72.

- Fischer EA. 1994. Polinização, fenologia e distribuição espacial de Bromeliaceae numa comunidade de Mata Atlântica, Litoral Sul de São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Fischer, EA. 1992. Foraging of Nectarivorous Bats on *Bauhinia unguolata*. *Biotropica* 24:579-582.
- Fleming TH, Geiselman C, Kress WJ. 2009. The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany* 104: 1017–1043.
- Freemann PW. 1995. Nectarivorous feeding mechanisms in bats. *Biological Journal of the Linnean Society* 56: 439-463.
- Gonçalves, EG, Lorenzi, H. 2011. *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. 2ª ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, São Paulo.
- Gottsberger G, Silberbauer-Gottsberger I. *Life in the cerrado, a South American tropical seasonal ecosystem*. Ulm, Germany: Reta Verlag.
- Gribel R, Hay JD. 1993. Pollination ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brazil cerrado vegetation. *Journal of tropical Ecology* 9:199-211.
- Guimarães, T.G., Dianese, A.C., Oliveira, C.M., Madalena, J.M., Faleiro, F. G., Junqueira, N. T. V., Lima, H. C. & Campos, G. A. 2013. Comunicado Técnico: Recomendações Técnicas para o Cultivo de Passiflora setacea cv. BRS Pérola do Cerrado. Disponível em: [http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/lancamentoperola/comunicadorecomendacoes.pdf] Acessado em 20/04/2015.
- Gutierrez EA. 2013. Avaliação da percepção de cores do morcego frugívoro *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Chiroptera: Phyllostomidae). Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasil.
- Helversen DV, Helversen OV. 1999. Acoustic guide in bat-pollinated flower. *Nature* 398: 759.
- Helversen OV, Reyer HU. 1984. Nectar intake and energy expenditure in a flower visiting bat. *Oecologia* (Berlin) (1984) 63:178-184.
- Junqueira, N.T.V., Braga, M.F., Faleiro, F.G., Peixoto, J.R. & Bernacci, L.C. 2005. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. Pp.81-106. In: *Maracujá, germoplasma e melhoramento genético*. Planaltina: Embrapa Cerrados

- Kaehler M, Varassim IG, Goldenberg R. 2005. Polinização em uma comunidade de bromélias em Floresta Atlântica Alto-montana no Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasil. Bot.*, V.28, n.2, p.219-228.
- Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffandewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B* 274: 303-313.
- Leppik EE. 1968. Directional trend of floral evolution. *Acta Biotheoretica* 18: 87–102.
- Lucena EARM. 2007. Fenologia, biologia da polinização e da reprodução de *Pilosocereus* Byles & Rowley (Cactaceae) do nordeste do Brasil. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
- Machado ICS, Sazima I, Sazima M. 1998. Bat pollination of the terrestrial herb *Irlbachia alata* (Gentianaceae) in northeastern Brazil. *Pl. Syst. Evol.* 209:231-237.
- Martins RL, Gribel R. 2007. Polinização de *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) uma árvore emergente da Amazônia Central. *Revista Brasil. Bot.*, 30: 37-45.
- Micha DN, Penello GM, Kawabata RMS, Camarotti T, Torelly G, Souza PL. 2011. Enxergando no escuro: a física do invisível. *Física na Escola* 12:19-23.
- Miretzki M. 2003. Morcegos do estado de Paraná, Brasil (Mammalia, Chiroptera): Riqueza de espécies, distribuição e síntese do conhecimento atual. Pap. *Avuls Zool.* 43(6): 101-138.
- Muchhala N. 2006. Nectar bat stows huge tongue in its ribe cage: The extreme length of the bat's tongue might have coevolved with the long flowers it pollinates. *Nature.* 444: 701.
- Nicolson SW, Nepi M, Pacini E. 2007. Nectaries and néctar. The netherlands, Springer.
- Oliveira PE, Maruyama PK. 2014. A flor: Aspectos morfofuncionais e evolutivos. In: Rech AR et al (organizadores) *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro, projeto cultural. p. 71-92.
- Pereira, C.A.M & Vilegas, J.H.Y. 2000. Constituintes químicos do gênero *Passiflora* com ênfase a *P. alata* Dryander, *P. edullis* Sims e *P. incarnata* L. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 3:1-12.
- Petarnidou T, Van Laere A, Ellis WN, Smets, E. 2006. What shapes amino acid and sugar composition in Mediterranean floral nectars? *Oikos* 115:155-169.

- Piechowski D, Dotterl S, Gottsberger G. 2010. Pollination biology and floral scent chemistry of the neotropical chiropterophilous *Parkia pendula*. *Plant Biology* 12: 172–182.
- Potter CF, Bertin RI. 1988. Aminoacids in artificial néctar: feeding preferences of the fleshfly *Sarcophaga bullata*. *The American Midland Naturalist* 120: 156-162.
- Proctor M, Yeo P, Lack A. 1996. *The natural history of pollination*. Timber Press, Portland.
- Raguso RA. 2004. Flower as sensory billboards: progress towards an integrated understanding of floral advertisement. *Current opinion in plant biology* 7: 434-440.
- Raven PH, Evert, RF, Eichhorn SE. 1996. *Biologia Vegetal*, 5^a. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Rech AR, Avila Jr. RS, Schlindwein C. 2014. Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: Rech AR et al (organizadores) *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro, projeto cultural. p. 171-182.
- Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP. 2007. *Morcegos do Brasil*. Londrina.
- Renner SS, Ricklefs RE. 1995. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany* 82: 596–606.
- Richards AJ. 1997. *Plant breeding systems*. London : Chapman & Hall.
- Rodriguez PAA, MacSwiney MC, Kromer T, Franco JG, Knauer A, Kessler M. 2014. First record of bat-pollination in the species-rich genus *Tillandsia* (Bromeliaceae). *Annals of Botany* 113: 1047–1055.
- Sanmartin-Gajardo I, Sazima M. 2005. Espécies de *Vanhouttea* Lem. E *Sinningia* Nees (Gesneriaceae) polinizadas por beija-flores: interações relacionadas ao hábitat da planta e ao néctar. *Rev. Brasil. Bot.* 28: 441-450.
- Santos TG, Spies MR, Kopp K, Trevisan R, Cechin SZ. 2008. Mamíferos do campus da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop.* 8(1): 125-131.
- Sazima I, Vogel S, Sazima M. 1989. Bat pollination of *Encholorium glaziovii*, a terrestrial bromeliad. P1. *Syst. Evol.* 168, 167-179.
- Sazima M, Buzato S, Sazima I. 1999. Bat- pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Florest site in Brazil. *Annals of Botany* 83: 705-712.

- Sazima M, Buzato S, Sazima I. 2003. *Dyssochroma viridiorum* (Solanaceae) a reproductively bat _ dependent, epiphyte from the atlantic rainforest im Brazil. *Annals of Botany* 92: 725-730.
- Sazima M, Sazima I. 1975. Quiropterofilia em Lafoensia pacari St.-Hill. (Lythraceae), na Serra do Cipó, Minas Gerais. *Ciência & Cultura* 27: 405-416.
- Sazima, I. & Sazima, M. 1989. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para a polinização do maracujá (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Entomologia* 33:108-118.
- Sazima, M. & Sazima, I. 1978. Bat pollination of the passion flower. *Passiflora mucronata* in southeastern Brazil. *Biotropica* 10:100-109.
- Schnitzler HA, Kalko EKV. 1998. How echolocating bats search and find food. In: Kunz TH, Racey PA. (Eds). *Bat Biology and Conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, USA. p. 183-196.
- Silva HCSS. 2009. Comunidade de morcegos, interação com flores e estratificação vertical em Mata Atlântica do sul do Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Silva SSP, Peracchi AL. 1995. Observação da visita de morcegos (Chiroptera) às flores de *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns. *Rev. Bras. Zool.* 12 (4): 859 – 865.
- Simmons NB, Voss RS. 1998. The mammals of paracou, french guiana: a neotropical lowland rainforest fauna, part. 1. Bats. Bulletin of the American Museum of natural history. *New work* 237: 1-219.
- Teixeira SP, Marinho CR, Paulino JV. 2014. A flor: Aspectos morfofuncionais e evolutivos. In: Rech AR et al (organizadores) *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro, projeto cultural. p. 45-70.
- Varassin IG. 1996. Néctar e voláteis na polinização de quatro espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae). Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Varassin, I.G. & Silva, A.G. 1999. A melitofilia em *Passiflora alata* Dryander (Passifloraceae), em vegetação de restinga. *Rodriguésia* 50, 5–17.
- Verçoza FC, Martinelli G, Baumgratz JFA, Esbérard CEL. 2012. Polinização e dispersão de sementes de *Dyssochroma viridiflora* (Sims) Miers (Solanaceae) por morcegos no Parque Nacional da Tijuca, um remanescente de Floresta Atlântica no Sudeste do Brasil. *Natureza on line* 10 (1): 7-11.

- Vieira MF. 1991. Ecologia da polinização de *Mabea fistulifera* Mart. (Euphorbiaceae) na região de Viçosa, Minas Gerais. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Williams, I. H. 1994. The dependences of crop production within the European Union on pollination by honeybees. *Agricultural Zoology Review* 6: 229-257.
- Winfrey, R., Williams, N.M., Dushoff, J., Kremen, C. 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters* 10: 1105-1113.

CAPÍTULO I:

Estratégia reprodutiva e ecologia da polinização do maracujazeiro *Passiflora setacea*
cultivado no Cerrado

Manuscrito a ser submetido a Revista Agropecuária Brasileira

Estratégia reprodutiva e ecologia da polinização do maracujazeiro *Passiflora setacea* cultivado no Cerrado

Tamara Poliana de Oliveira Teixeira⁽¹⁾, Indiara Nunes Mesquita Ferreira⁽¹⁾, João Paulo Raimundo Borges⁽¹⁾, Helena Maura Torezan-Silingardi⁽²⁾ e Edivani Villaron Franceschinelli⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto de Ciências Biológicas – Laboratório de Biologia Reprodutiva -Universidade Federal de Goiás, Avenida Esperança s/n, Campus Samambaia, CEP 74690-900, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: marahadassa@hotmail.com, indiaranunes@outlook.com, jpaulorbio@gmail.com, edivanif@gmail.com ⁽²⁾ Instituto de Biologia - Universidade Federal de Uberlândia, Avenida Pará, 1720, Campus Umurama, CEP 38405-320, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: hmtingsilingardi@gmail.com

Resumo – Neste trabalho foi analisado a fenologia, visitantes florais, a biologia floral e sistema reprodutivo do maracujazeiro (*Passiflora setacea*) em Aragoiânia, Goiás. O estudo foi desenvolvido na Fazenda Vale do Tamanduá entre abril de 2015 a dezembro de 2016, foi caracterizado o comportamento fenológico reprodutivo de 20 indivíduos da população. Nas análises da biologia floral, foram determinadas a morfologia, a antese e a senescência floral, a receptividade estigmática e as concentrações de néctar. Foi observado o comportamento dos visitantes florais e identificados os prováveis polinizadores. O sistema reprodutivo foi determinado a partir de polinizações experimentais. *P. setacea* floresce o ano todo; suas flores possuem características que a enquadram na síndrome de quiropterofilia, como flores brancas, alta produção de néctar e antese noturna (18h). O néctar encontra-se disponível apenas uma hora após a antese e sua produção variou de 135 a 485 microlitros, com concentração de 18 a 28%. *Passiflora setacea* é auto incompatível, apesar do seu índice de auto-incompatibilidade (0,26) mostrar compatibilidade, este valor está bem próximo das espécies auto incompatíveis (0,25), sendo assim, o teste de Kruskal-wallis evidenciou autoincompatibilidade para a espécie. Logo, existe a necessidade de polinização cruzada. *Glossophaga soricina* foi considerado o

polinizador efetivo; no entanto, as flores também recebem visitantes florais diurnos como abelhas, vespas, moscas e aves. Os dados aqui levantados trazem considerações relevantes para os passicultores, como (1) o cultivo desse maracujá na entressafra do maracujá azedo, já que este floresce o ano todo, como também, (2) a possibilidade de realizar polinização manual pela manhã, caso o local de cultivo não tenha polinizadores suficientes.

Termos para indexação: *Glossophaga soricina*, maracujá do cerrado, passicultura.

Reproductive strategy and ecology of pollination of *Passiflora setacea* wild passion fruit cultivated in Cerrado

Abstract – The objective of this work was to verify the phenology, floral visitors, and to analyse the floral biology and the reproductive system of passion fruit (*Passiflora setacea*) in Aragoiânia, Goiás, Brazil. The study was developed at the Fazenda Vale do Tamanduá, between April 2015 and December 2016. The reproductive phenological behavior of 20 individuals was characterized. The floral biology and morphology, anthesis and senescence, stigmatic receptivity and concentrations of nectar were verified. Floral visitors were observed and the pollinators group was determined. The reproductive system was determined with natural and manual pollinations. *P. setacea* flowers throughout the year. Its flowers have characteristics of the chiropterophily syndrome, such as white flowers, high nectar production and nocturnal anthesis. The nectar is available only one hour after the flower opening. The nectar production ranged from 135 to 485 microlitres, with a concentration of 18 to 28%. *Passiflora setacea* is self-incompatible, although its self-incompatibility index (0.26) is not very high, evidencing the need of cross pollination. *Glossophaga soricina* was considered the effective pollinator of *P. setacea*, however, the flowers have also diurnal floral visitors such as

bees, wasps, flies and birds. The data presented here bring important considerations to the farmers, (1) such as the cultivation of this passion fruit in the off season of the passion fruit sour, since it blooms the whole year, as well as (2) the possibility of performing manual pollination in the morning, in the case the area does not have enough pollinators.

Index terms: *Glossophaga soricina*, cerrado's passion fruit, passiculture.

Introdução

A ação dos polinizadores é considerada um elemento chave da produção agrícola e da conservação ambiental (Imperatriz-Fonseca et al., 2012). Eles exercem um importante papel funcional nos serviços ecossistêmicos, permitindo a manutenção da biodiversidade e da composição florística (Potts et al., 2010). Segundo Williams (1994), 84% das 264 espécies de cultivares agrícolas estudadas em território europeu necessita de algum tipo de polinizador animal, sendo que os maiores cultivos mundiais dependem de abelhas nativas para manter a produção.

Uma grande parte da produção de frutas e sementes é proveniente de polinização por animais (Klein et al., 2007), atualmente existe uma preocupação entre governos, produtores, ONGs e pesquisadores em relação a relevância dos polinizadores na produtividade agrícola associada a baixa diversidade e redução de polinizadores nos agroecossistemas (Winfree et al., 2007).

Dentre as famílias de cultivares que dependem desses polinizadores, vale ressaltar Passifloraceae que é nativa dos trópicos e subtropicais. No Brasil, ocorrem os gêneros *Ancistrothyrus* Harms, *Dilkea* Mast., *Mitostemma* Mast. e *Passiflora* L. (BFG, 2015). Este último destaca-se por apresentar cerca de 520 espécies no mundo (Cervi, 2005). *Passiflora* apresenta propriedades medicinais e alimentícias e cerca de 30 das espécies descritas possuem frutos comestíveis, porém poucos são comercializados. Sua ação

farmacológica inclui desde o tratamento de hipertensão até calmante (Pereira & Vilegas, 2000).

Quanto ao sistema reprodutivo, dentro do gênero predomina a autoincompatibilidade (Bruckner et al., 2005), no entanto, algumas espécies do subgênero *Decaloba* são autocompatíveis, podendo se reproduzir por autofertilização (Varassin & Silva, 1999). Espécies do gênero *Passiflora* apresentam estruturas florais distintas que atraem polinizadores diversificados, com predominância de abelhas, aves e morcegos (Sazima & Sazima 1977, 1989; Koschnitzke & Sazima 1997; Faria & Stehmann, 2010; Kill et al., 2010).

Passiflora setacea é conhecida popularmente como sururuca, maracujá-de-cobra e maracujá-do-sono. Esta é uma espécie silvestre cuja polpa dos frutos, segundo uso popular, previne problemas de insônia (Guimarães et al., 2013). Espécies silvestres possuem características relevantes para a produção de frutos que podem ser introduzidas nas variedades comerciais. Dentre elas, pode-se ressaltar a resistência a pragas e a qualidade nutricional, além disso, novas variedades podem ser criadas através da domesticação de espécies selvagens e melhoramentos genéticos (Junqueira et al., 2005).

O maracujá BRS Pérola do Cerrado é a primeira cultivar de maracujazeiro silvestre registrada e protegida no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Este cultivar foi obtido do melhoramento genético da espécie *P. setacea* (Embrapa Cerrados, 2013), destacando-se por apresentar uma maior produtividade, frutos maiores, e polpa com elevados teores de antioxidantes, sendo seu consumo muito benéfico à saúde (Guimarães et al., 2013). Além disso, exibe alta resistência a pragas e doenças e recentemente tem se tornado uma alternativa para o mercado de frutas especiais, podendo ser utilizada na indústria, na fabricação de sucos, doces, sorvetes e até mesmo no consumo *in natura*.

Ataíde et al. (2012) enfatizam que os estudos sobre *P. setacea* ainda são poucos, em especial há poucos dados sobre sua floração, polinização, produção de frutos e sobre a germinação de suas sementes. Os conhecimentos sobre a biologia reprodutiva de espécies com propriedades econômicas geram dados úteis que podem auxiliar no manejo e extrativismo sustentável, além de fornecer informações relevantes para programas de melhoramento (Bernnacci et al., 2005). Assim, esse trabalho propõe investigar a fenologia, a biologia floral, o sistema reprodutivo e a guilda de polinizadores de *P. setacea*, cultivado em área de Cerrado.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Vale do Tamanduá, que se encontra nas coordenadas 670000 S e 8120750 O UTM, no município de Aragoiânia, estado de Goiás. Esta é uma área particular, de 99 hectares, sendo que um hectare corresponde a área de plantação do cultivar BRS Pérola do Cerrado (*Passiflora setacea*) que é manejado de forma orgânica, com irrigação e dispostos em espaldeiras. Vale ressaltar, que quando os estudos iniciaram a plantação tinha três meses. Em torno da área plantada existem outras plantas cultivadas como banana, inhame, mamão, berinjela, cenoura, rabanete, beterraba, milho, feijão, pitaya, ervilha, alho, cebola, brócolis, couve-flor, batata doce, mandioca, abacaxi, manga, maçã, carambola e mutamba. Nesta área predomina o domínio fitogeográfico Cerrado, com clima tropical que segundo Cardoso et al. (2015) a classificação é Aw, com estação seca no inverno, tendo uma temperatura média entre 20,8 a 25,3 °C e pluviosidade média anual de 1500 mm.

Os dados fenológicos foram obtidos com o acompanhamento de 20 indivíduos, marcados, numerados e acompanhados quinzenalmente, totalizando um ano de observações, analisando a quantidade de botões florais, flores e frutos (Fournier &

Charpantier 1975). Para análise dos dados foram feitas as médias de cada fenofase e explicitada em forma de gráfico.

Para análise da morfologia floral, quinze flores foram coletadas de 15 indivíduos diferentes (total de quinze flores), foi determinando o tipo de inflorescência e caracterizado os verticilos e a coloração dos mesmos. Cada peça floral foi medida com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 utilizando as dimensões de diâmetro e comprimento. O horário de antese e a duração das flores foram acompanhados em 30 flores de quinze plantas diferentes. A receptividade estigmática e a viabilidade polínica foram observadas em campo por meio de polinizações experimentais (polinizações manuais) realizadas de duas em duas horas em seis flores de plantas diferentes, desde a sua abertura até a senescência, totalizando sessenta flores. Paralelamente as polinizações manuais, utilizou-se a técnica de peroxidase, usando gotas de peróxido de hidrogênio (3%) sobre o estigma, e em seguida observado se este reagia com liberação de bolhas sobre a sua superfície (Dafni 1992).

O néctar foi quantificado de hora em hora desde a abertura da flor até a senescência. Para o experimento utilizou-se 28 flores que foram ensacadas antes da sua abertura, para cada horário testou-se três flores de três plantas diferentes. O néctar foi coletado com uma microseringa, analisando a quantidade e a percentagem de soluto com um refratômetro. Também foi realizado o mesmo experimento com flores abertas, utilizando o mesmo número amostral, com o intuito de observar a disponibilidade e retirada de néctar pelos visitantes florais. A comparação desses dois tratamentos foi analisada com o teste ANCOVA, considerando as variáveis, tratamento (flores abertas/ flores ensacadas), horário, quantidade de néctar e concentração do néctar.

Para verificar o sistema reprodutivo foram feitos os seguintes experimentos de polinizações no campo: polinização cruzada, autopolinização, autopolinização

espontânea e polinização aberta (controle). Para o tratamento de autopolinização, utilizou-se 43 flores distribuídas em dez plantas. Em cada planta foram marcados e ensacados botões em pré-antese, quando as flores abriram e se tornaram receptivas, foram depositados em seus estigmas grãos de pólen provenientes da mesma planta. Após o experimento, estas foram ensacadas novamente, evitando contato com possíveis polinizadores. Para o tratamento de polinização cruzada, 50 botões em pré-antese de 10 plantas foram ensacados e quando o estigma tornou-se receptivo, logo depois da sua abertura, foi feita a polinização com grãos de pólen provenientes de outros indivíduos. Sessenta e duas flores foram marcadas para observação de frutificação ao natural (grupo controle), e cinquenta botões florais em pré-antese foram ensacados sem nenhum tratamento para verificar a ocorrência de autopolinização espontânea (Bawa, 1974; Borba et al., 1999). Foi calculado o índice de auto-incompatibilidade (ISI), obtido pela divisão do percentual de frutificações provenientes de autopolinizações manuais pelo percentual de frutificações advindas de polinizações cruzadas manuais (Bullock, 1985).

Doze flores extras receberam o tratamento de autopolinização e polinização cruzada. Após 24, 48 e 72hs, para cada um destes horários foram coletadas quatro flores, estas foram fixadas em FAA (formalina, ácido acético e álcool etílico) a 50% por 24h, e então transferidas para álcool 70%. Logo depois foram observadas em microscópio de epifluorescência para verificar a ocorrência do crescimento do tubo polínico e da fertilização dos óvulos (Martin, 1959; Borba et al., 1999).

Para averiguar os visitantes florais noturnos do cultivar, observamos durante 14 noites, não consecutivas e em horários distintos, totalizando 72 horas de observação. Para isto, foram utilizadas lanternas com foco de luz coberto com papel celofane vermelho para evitar qualquer tipo de influência nos visitantes. Para complementar estes dados, foram realizadas coletas de morcegos em duas noites durante o período de floração, a

primeira em 2015 e a segunda em 2016. Na primeira coleta, foram montadas duas redes de neblina para a captura dos morcegos, uma na plantação do maracujá e outra a cerca de 30 m de distância. De 30 em 30 minutos, as redes eram conferidas para observar se existia algum indivíduo capturado. Em caso positivo o morcego era pesado, identificado e observado se existia pólen na sua pelagem. Quando estes eram presentes, utilizamos uma fita adesiva para transferir os grãos de pólen da pelagem para uma lâmina de microscópio. Para a segunda coleta foram montadas oito redes dentro da plantação, utilizando a mesma metodologia da primeira coleta. Para verificar os visitantes florais diurnos, foram observados de forma direta *ad libitum* sense (Altmann 1974) os indivíduos do cultivar BRS Pérola do Cerrado. As observações foram realizadas em 16 dias, não consecutivos e em turnos diferentes (manhã/tarde), totalizando 100 horas. Nesse período, foram registrados os horários de visita, os recursos coletados e o comportamento dos visitantes na flor. Foram considerados potenciais polinizadores aqueles que contataram as estruturas reprodutivas masculinas e femininas ao coletar os recursos florais.

Resultados e Discussão

Os 20 indivíduos marcados para a observação da fenologia apresentaram botões e flores durante todo ano, porém a floração foi mais intensa nos meses de agosto a janeiro (Figura 1). A frutificação ocorreu a partir do mês de julho, com maior produção de frutos nos meses de agosto a dezembro. O período de desenvolvimento dos frutos foi de aproximadamente 60 dias após a polinização.

As fenofases de floração (agosto a janeiro) e de frutificação (agosto a dezembro) de *Passiflora setacea* cv. Pérola do Cerrado, apresentaram padrão do tipo anual (Newstrom et al., 1994) e do tipo *steady state* segundo Gentry (1974), no qual há uma produção constante de poucas flores por dia durante um longo período. Esse padrão de floração sugere que *P. setacea* seja uma excelente fonte de recurso alimentar para os seus

polinizadores, atraindo principalmente polinizadores com rotas fixas de forrageamento e que percorrem longas distancias, chamados trapliners (Gentry, 1974; Endress, 1994). A estratégia de floração encontrada no local de estudo é de fato conhecida para diversas espécies quiropterófilas neotropicais (Baker, 1973, Sazima & Sazima, 1977). A abertura de poucas flores por noite e o período de floração relativamente longo são características típicas para várias plantas polinizadas por morcegos (Fischer et al., 1992). O período de floração aqui levantado foi semelhante à observação de Ataíde et al. (2012) que avaliaram o florescimento e frutificação de *Passiflora setacea* em Jaboticabal, São Paulo. A floração anual deste cultivar, inclusive no mês de junho a setembro, é relevante para a agricultura, pois possibilita aos passicultores a produção de frutos na entressafra do maracujá azedo (*Passiflora edulis*) (Guimarães et al., 2013).

As flores de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado são perfeitas, apresentam pedúnculos eretos e são distribuídas de forma solitária. As pétalas possuem coloração branca na sua face adaxial e verde na face abaxial, com a presença de linhas verticais com coloração verde mais escuro. Abaixo dos pedúnculos encontram-se três brácteas verticiladas de cor verde e com bordas serradas do meio ao ápice, medindo em torno de 27,38mm ($\pm 1,96$ mm). As flores têm aproximadamente 47,67mm ($\pm 3,14$ mm) de comprimento, são diclamídeas, cálice pentâmero, dialissépalo com coloração branca na parte adaxial e verde na face abaxial, essas sépalas medem 35,75mm ($\pm 3,39$ mm) e possuem uma estrutura mais diferenciada, ornamentada e com ápice mucronado. A corola é pentâmera, dialipétala com coloração branca medindo 31,89mm ($\pm 2,7$ mm). As flores possuem uma corona alva constituída por vários filamentos de aproximadamente 13,45mm ($\pm 1,82$ mm) de comprimento. Os verticilos reprodutores são sustentados por um androginóforo com o comprimento de 21,99mm ($\pm 1,76$ mm), sendo o androceu constituído por cinco estames livres com os filetes de cerca de 20,74mm ($\pm 2,43$ mm),

com grãos de pólen grandes e vistosos. O pistilo possui três estigmas sobre um estilete tripartido unido por uma base de aproximadamente 9,72mm ($\pm 1,44$ mm). Essas características morfológicas são semelhantes as demais espécies do gênero (Koschnitzke & Sazima, 1997; Siqueira et al., 2014), diferenciando apenas em relação à coloração e tamanho dos verticilos (Duarte et al., 2014). As dimensões encontradas nas peças florais no presente trabalho são superiores às observadas por Cervi (1997) para a mesma espécie quando realizou estudos do gênero para o Brasil. O autor relatou dimensões menores nas pétalas de, aproximadamente, 20 a 25 mm por 5 a 6 mm, enquanto que no presente trabalho foi observado a média de 31 por 7 mm. No entanto, no estudo de descritores morfológicos com a variedade BRS Pérola do Cerrado em Planaltina, DF as médias do comprimento de pétalas e sépalas são maiores quando comparados com o presente estudo, chegando a medir cerca de 36 a 52 mm respectivamente (Costa et al., 2005). Essas diferenças em relação às dimensões são influenciadas por fatores ambientais, como referido no trabalho de Costa et al., (2005) que sugere que a disponibilidade de água, umidade relativa do ar, variação de temperatura e comprimento do dia interfere na expressão gênica que regula a expressão dessas características.

A abertura das flores é noturna, estas abriam em torno das 18 horas até às 21 horas. Antes da antese, os botões florais inturgesciam e a abertura das pétalas ocorria de duas formas, sincronizadas, em que as pétalas abriam de uma só vez ou sequencial, abrindo uma pétala por vez. O processo completo de abertura da corola (do botão fechado iniciando o distanciamento das pétalas até a máxima abertura da corola). As flores permaneceram abertas até às 15 horas do dia seguinte. No processo de senescência as pétalas não caem, elas se fecham e muitas vezes persistem até a formação do fruto. As observações em campo evidenciaram que o pólen está disponível e viável e os estigmas encontram-se receptivos desde a abertura floral. No entanto, não foi observado nenhum

caso de transferência automática de pólen para o estigma. Esses fatos também foram comprovados pelas polinizações experimentais (Tabelas 1 e 2). Pela manhã, os grãos de pólen já não estão nas anteras devido ao efeito pilhador das abelhas *Apis mellifera*, e os estigmas permanecem receptivos até às 11 horas da manhã. Os dados da receptividade estigmática obtidos pelas polinizações experimentais tiveram resultados similares aos encontrados pela técnica de peroxidase (Tabela 1).

O néctar encontra-se disponível apenas uma hora depois da abertura floral e sua produção vai aumentando ao decorrer do tempo, com maior produção no intervalo das 19:30h às 20:30h. O volume do néctar amostrado em flores expostas quando comparadas com flores ensacadas variou significativamente ao longo da antese (ANCOVA: $F=21,20$; $P < 0,0001$), onde as flores expostas tiveram um menor volume de néctar (média= $102,66 \pm 86,50 \mu\text{L}$; $n= 28$) do que as flores ensacadas (média= $211,53 \pm 139,57 \mu\text{L}$; $n= 28$) graças às retiradas desse recurso pelos visitantes florais. Para a concentração do néctar também houve diferença significativa (ANCOVA: $F= 6,69$; $P > 0,003$), as flores expostas tiveram menor concentração de néctar (média = $21 \pm 0,021 \%$; $n=28$) que as flores ensacadas (média = $23 \pm 0,021 \%$; $n=28$) (Figura 2a e 2b). A variação do volume amostrado em flores expostas e flores ensacadas ao longo da antese evidencia a coleta deste recurso por diferentes visitantes florais. A concentração do néctar variando entre 18 a 24% foi semelhante ao encontrado por Sazima & Sazima (1978) para *Passiflora mucronata* que também é polinizada por morcegos.

Diversas características das flores de *Passiflora setacea* a enquadram na síndrome de quiropterofilia descrita por Faegri & van der Pijl (1980), tais como antese noturna, flores de cores claras, sem guias de néctar, perianto carnoso com abertura ampla, alta produção de néctar e pólen. Outras espécies do gênero também apresentam estas características como, por exemplo, *Passiflora mucronata* (Sazima & Sazima, 1978) e

Passiflora capsularis (Faria & Stehmann, 2010). Ambas as espécies possuem flores alvas, e antese noturna.

Neste trabalho a antese de *P. setacea* ocorreu por volta das 18 horas, semelhante ao horário observado por Ataíde et al., (2012) nas condições de Jaboticabal, SP. A abertura rápida ou quase explosiva condiz com o registrado em outras plantas quiropterófilas, como por exemplo, *P. mucronata* (Sazima & Sazima, 1978). O fato das flores de *P. setacea* terem antese noturna e permanecerem abertas e receptivas durante o dia pode ser considerado como uma estratégia reprodutiva para a atração de visitantes diurnos para a polinização (Koschnitzke & Sazima, 1997), o que seria uma segunda possibilidade de receber pólen caso não houve polinizadores noturnos na área, como o ocorrido em 2015 no presente estudo.

Quanto ao sistema reprodutivo, o cultivar *P. setacea* desenvolveu frutos e sementes somente com autopolinização manual e polinização cruzada (Tabela 2). O índice de autoincompatibilidade (ISI) foi de 0,26 constatando que a espécie é auto incompatível, o teste de Kruskal-wallis confirmou este dado, evidenciando que a espécie é dependente de polinizações cruzadas.

O resultado das análises do crescimento dos tubos polínicos evidenciou que tanto para a polinização cruzada quanto para autopolinização manual houve o crescimento dos tubos após 24 horas da polinização na região do estigma (Figura 3). No entanto, depois de 48 horas foi observado o tubo alcançando alguns óvulos apenas para os tratamentos de polinização cruzada. Apesar de não ter sido possível visualizar o crescimento do tubo polínico encontrando os óvulos no tratamento de autopolinização, vale mencionar, que ocorreu a formação de frutos nesse tratamento.

Outros estudos sobre sistema reprodutivo em Passifloraceae revelaram que a maioria das espécies desta família apresenta sistema de autoincompatibilidade, porém

também já foi verificado autocompatibilidade em *Passiflora suberosa* (Koschnitzke & Sazima, 1997), *P. capsularis* (Faria & Stehmann, 2010) e *P. herbertiana* (Krosnick et al., 2015). No presente estudo, *P. setacea* mostrou-se no limite da autocompatibilidade, resultado que difere do trabalho de Ribeiro (2014) que verificou autoincompatibilidade para a espécie silvestre no estado da Bahia.

A não formação dos frutos no grupo controle no primeiro ano de observação pode ser explicada pela baixa frequência ou ausência de polinizadores, limitação que também já foi evidenciada em outros trabalhos (Oliveira & Ruggiero, 2005). O déficit de polinizadores nesta plantação pode ter ocorrido por ela ser recente e não ter sido localizada pelos morcegos durante o início desta floração. Estes morcegos iniciaram suas visitas somente durante e após a floração dos pequis, *Caryocar brasiliensis* Camb., que são abundantes nesta fazenda e arredores e também são polinizados por morcegos (Gribel & Hay, 1993). O déficit de polinizadores pode também ser devido a perda da vegetação nativa que abriga os morcegos polinizadores da flora silvestre (Viana et al., 2014).

No ano seguinte às observações, algumas medidas foram tomadas com a finalidade de atrair esses polinizadores, como a plantação de espécies de banana que servem como abrigos para algumas espécies de morcegos. Essa condição associada com a época de floração do pequi e ao segundo ano de floração de *P. setacea* na área de estudo favoreceu o aumento da taxa de frutificação do cultivar, portanto, garantindo a produtividade da cultura sem a intervenção manual.

Durante as observações noturnas não foi possível visualizar morcegos visitando as flores do cultivar no ano de 2015. Nas coletas de morcegos realizadas neste período, houve apenas um espécime coletado e não havia pólen na sua pelagem. O espécime coletado de *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) era macho, jovem, com antebraco medindo 3,9 mm e pesando 11 gramas e foi capturado na rede montada em outra área

próxima à plantação. Os voos dos morcegos sobre a plantação só começaram a ser percebidos logo após a floração do pequi em 2015 na região, e com mais frequência em 2016, quando foram coletados dezesseis morcegos, distribuídos em três gêneros e cinco espécies (Tabela 3). Porém, grãos de pólen foram detectados em dois indivíduos da espécie *Glossophaga soricina* na região da cabeça, pescoço e dorso. Os voos dos morcegos na plantação do maracujá eram perceptíveis e frequentes, com pico de visitas foi de 20:00 às 21:00 horas.

As visitas diurnas em flores do cultivar *P. setacea* iniciaram-se ao amanhecer, ocorrendo uma queda às 8:00 hs e terminando às por volta das 12 hs. No total, foram registrados sete grupos de visitantes florais diurnos, distribuídos em quatro ordens, sendo três espécies de abelhas, uma de vespa, uma de mosca e duas espécies de aves (Tabela 4). As abelhas de pequeno porte *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) e *Trigona spinipes* (Fabricius, 1973) buscavam como recompensa pólen e néctar a partir das 5:00 hs e durante suas coletas apresentaram comportamento pilhador, pois não estabeleceram contato com o estigma. *Apis mellifera* apresentou 38% das visitas, sendo a maioria destas ilegítimas. Suas visitas iniciavam-se logo pela manhã e mostraram-se bastante eficientes na coleta de pólen, inclusive foi observada a coleta de pólen no estigma de flores que haviam sido polinizadas manualmente. As abelhas *T. spinipes* corresponderam a 41% das visitas e evidenciaram um comportamento mais agressivo para a coleta dos recursos, já que elas perfuraram o hipanto da flor e conseqüentemente o disco nectarífero. Além disso, foi observada outra estratégia de pilhagem para esta espécie a partir do mês de novembro de 2016, época em que havia uma maior produção de botões do que abertura de flores: elas rasgavam os botões florais em pré-antese para a coleta de pólen. Suas visitas sempre ocorriam pela manhã e se estendiam até a senescência da flor. As coletas do pólen em botões em pré-antese ocorreram das 14 horas até às 17 horas e foram observadas somente

em 2016. Vale ressaltar, que *A. mellifera* e *T. spinipes* no primeiro ano de observação, visitavam as flores ao amanhecer e durante as observações verificamos que *A. mellifera* na área estudada tinha um hábito territorialista. As vespas e moscas foram pouco frequentes, ambas faziam visitas ilegítimas. As vespas perfuravam o hipanto para a coleta de néctar, enquanto as moscas andavam sobre a corona e entravam na flor para a coleta do mesmo recurso.

Dos estudos já realizados com a espécie *P. setacea* (Ataíde et al., 2012; Ribeiro et al., 2014), nenhum verificou os seus visitantes florais, pois enfatizaram somente o sistema reprodutivo e características físicas dos frutos. Neste trabalho *A. mellifera* e *T. spinipes* foram os visitantes florais mais frequentes. Estavam presentes nas flores logo ao amanhecer, ambas coletavam pólen e néctar. As visitas destas abelhas também já foram relatadas em *P. alata* (Melo et al., 2014; Malerbo-Souza e Ribeiro, 2010) e *P. edulis* (Viana et al., 2014). Essas abelhas apresentam comportamento pilhador, roubam néctar e pólen sem contatar as estruturas reprodutivas. Outros autores também observaram que estas espécies danificam as flores, afetando o sucesso reprodutivo das populações visitadas (Kill et al., 2010). Segundo Melo et al., (2014) as abelhas *A. mellifera* ao visitar *P. alata* realizavam coletas de pólen de forma intensa, e ao meio dia já não era possível encontrar grãos de pólen nas anteras. Este comportamento também foi observado nas flores do cultivar Pérola do Cerrado, sendo que às nove horas já não havia mais pólen disponível nas anteras. Os impactos provocados por essas abelhas sociais sobre a polinização e produção de maracujás é tão significativo que estas são descritas como pragas (Oliveira et al., 2014). Contudo, quando estas abelhas visitam as flores de *P. setacea*, o período de visita de seus principais polinizadores, os morcegos, já terminou. Isto provavelmente indica que estas abelhas não interferem no sistema de polinização deste cultivar quando somente visitam as flores pela manhã.

No Triângulo Mineiro o impacto provocado por essas espécies de abelhas em *P. edulis* é mais acentuado nos meses de setembro, outubro, novembro, abril e maio, coincidindo com o início e final da estação produtiva desses maracujás. Apesar de essas abelhas ocorrerem naturalmente na região, os produtores relatam que os maiores problemas têm sido enfrentados com a introdução inadvertida de apiários nas proximidades dos plantios, muitas vezes pelos próprios proprietários da cultura do maracujá que não têm conhecimento dos danos que estas abelhas podem causar às flores (Oliveira et al., 2014). Estas condições também foram observadas no presente trabalho, as *A. mellifera* permaneceram constantes de maio a dezembro quando haviam apiários próximos a área de cultura.

Xylocopa gricescens (Lepeletier, 1841) apesar de ser pouco frequente, compreendendo apenas 1% das visitas, apresentou comportamento de potencial polinizador por ser uma abelha de grande porte. Durante a visita para a coleta de néctar, esta abelha contata as estruturas reprodutivas. As espécies de aves que visitaram as flores do cultivar BRS Pérola do Cerrado, *Eupetonema macroura* (Gmelin, 1788) e *Coereba flaveola* (Linnaeus, 1758), também tiveram comportamento de potencial polinizador. Quando estas coletavam o néctar ocasionalmente contatavam as estruturas reprodutivas com a cabeça. As abelhas do gênero *Xylocopa* coletam pólen e néctar em plantas de diversas famílias vegetais (Gaglianone et al., 2014) e são consideradas o polinizador efetivo de algumas espécies de *Passiflora* (Hoffmann et al., 2000; Melo et al., 2014, Viana et al., 2014). No entanto, no cultivar Pérola do Cerrado sua frequência foi baixa, e as visitas ocorriam de forma esporádica, portanto ela foi considerada como um polinizador eventual.

Podemos inferir que o morcego *G. soricina* é o principal polinizador de *P. setacea* com base na sua morfologia e comportamento durante a visita, assim como na biologia

floral da espécie. Além disso, foi constatada uma alta frequência deste morcego na área de estudo e vários indivíduos foram capturados com grãos de pólen em suas pelagens. *Glossophaga soricina* foi registrado como polinizador de *P. mucronata* e é citado na literatura como um importante polinizador de espécies quiropterófilas devido a sua ampla distribuição (Sazima & Sazima, 1978), além disso, esta espécie possui capacidade de se ajustar a diversas modificações ambientais causadas pela ação humana (Fonte e ano).

Conclusões

Passiflora setacea teve como seu principal polinizador o morcego *Glossophaga soricina*. Contudo, várias outras espécies de animais, tanto noturnos como diurnos, visitaram suas flores e consumiram seu néctar e pólen. Entre eles, os animais de grande porte, tais como *Eupetionema macroura* e *Xylocopa gricescens* apresentaram comportamento adequado para atuar como polinizadores eventuais. Outros visitantes menores foram apenas pilhadores das flores. As flores de *P. setacea*, apesar de ter a sua antese noturna, podem ser ainda polinizadas pela manhã por abelhas de grande porte ou aves, no caso de não haver morcegos na área. Isso só é possível já que seus estigmas ainda são encontrados receptivos até cerca de 9:00 hs. No caso dos polinizadores dos diversos tipos estarem ausentes na área e a polinização tiver que ser feita manualmente, é importante utilizar grãos de pólen de plantas diferentes já que a produção de frutos é maior quando ocorre polinização cruzada. Estudos como esse revelam a importância de se manter um ambiente natural sadio próximo da plantação, onde os polinizadores em potencial possam nidificar e também se alimentar em momentos de falta do cultivo adequado para suas necessidades.

Agradecimentos

Aos proprietários da área de estudo, Elizabeth e Telmo e a Capes pela bolsa concedida à TPOT para a realização desse trabalho.

Referências

- ATAÍDE, E.M.; OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. Florescimento e frutificação do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea* D. C. cultivado em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 377-381, 2012.
- BAKER HG. Evolutionary relationships between plants and animals in American and African forest. In: Meggers BJ, Ayensu ES, Duckworth WD (eds.) **Tropical forest ecosystems in Africa and South America: A Comparative review**. Washington, Smithsonian Institution Press, p. 145-159, 1973.
- BAWA, K.S. Breeding systems of tree species of a lowland community. **Evolution** v. 28, p. 85-92. 1974
- BFG (The Brazil Flora Group). Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015.
- BORBA, E.L.; SHEPHERD G.J.; SEMIR, J. Reproductive system and crossing potential in three species of *Bulbophyllum* (Orchidaceae) occurring in Brazilian campo rupestre vegetation. **Plant Systematic and Evolution**, v. 207, p. 205-214, 1999.
- BRUCKNER, C.H.; SUASSUNA, T.M.F.; RÊGO, M.M.; NUNES, E.S. Auto-incompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 187 – 210, 2005
- BULLOCK, S.H. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest. **Biotropica**, v. 17, p. 287-301, 1985.
- CERVI, A. C. **Passifloraceae do Brasil, Estudo do gênero Passiflora L, subgênero Passiflora**. Fontqueria XLV 1997. p, 34. Disponível em: [http://bibdigital.rjb.csic.es/PDF/Fontqueria_45.pdf]. Acesso em: 18 jun. 2016.
- CERVI, A.C. Espécies de *Passiflora* L. (PASSIFLORACEAE) publicadas e descritas nos últimos 55 anos (1950-2005) na América do Sul e principais publicações brasileiras. **Estudos de Biologia**, v.27, p. 19-24, 2005.
- COSTA, A.M.; VICENTINI, G.C.; BRANDÃO, L.S.; SILVA, K.N.; SANTOS, A.L.B.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. **Descritores morfológicos quantitativos da Passiflora setacea variedade BRS Pérola do Cerrado obtidas na safra chuvosa e seca**. Publicações Embrapa Cerrados, 2005. Disponível em [http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/maracujap&d/artigoseventos/2_63.pdf]. Acesso em: 18 jun. 2016.

- DAFNI, A. *Pollination ecology – a practical approach*. New York: Oxford University Press, 1992.
- EMBRAPA CERRADOS. **Lançamento da cultivar de maracujazeiro silvestre BRS Pérola do Cerrado**. Folder Técnico da Cultivar Pérola do Cerrado, 2013. Disponível em: [<http://www.cpac.embrapa.br/lancamentoperola>], Acesso em: 24 mar. 2015.
- ENDRESS, P. K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge University Press, 1994.
- FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principle of pollination ecology**. New York: Pergamon Pres. 1980.
- FANDINI, M. A. M.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. 2000. Manejo integrado de pragas do maracujazeiro. IN: A cultura do maracujazeiro. **Informe Agropecuário** 21: 29-33, 2000.
- FARIA, F.S.; STEHMANN, J.R. Biologia reprodutiva de *Passiflora capsularis* L. e *P. pohlii* Mast. (Decaloba, Passifloraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.24, p. 262-269, 2010.
- FISCHER, E.A.; JIMENEZ, F.A. & SAZIMA, M. Polinização por morcegos em duas espécies de Bombacaceae na Estação Ecológica de Juréia, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, p. 67-72, 1992.
- FORTALEZA, J.M.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.J.V.; OLIVEIRA, A.T.; RANGEL, L.E.P. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p.124-127, 2005.
- FOURNIER, L. A.; CHARPANTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia e las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba**, v. 25, n. 1, p. 45-48, 1975
- GAGLIONE, M.C.; HOFFMANN, M.; BENEVIDES, C.R.; BERNARDINO, A.S.; AGUIAR, W.M.; MENEZES, G.B.; SILVA, L.C.; VIDAL, E.; FERREIRA, P.A. Polinizadores do maracujá-amarelo no Norte Fluminense e manejo de espécies de Xylocopa. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo**. Funbio, p. 315-344, 2014.

GENTRY, A.H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica** v. 6, p. 64-68, 1974.

GUEDES, R.S., QUIRINO, Z.G.M., GONÇALVES, E.P. Fenologia reprodutiva e biologia da polinização de *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth (Fabaceae). **Biotemas**, v. 22, n.1, p. 27-37, 2008.

GRIBEL, R.; HAY, J. D. Pollination ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brazil cerrado vegetation. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v.9, n.2, p.199-211, 1993.

GUIMARÃES, T.G.; DIANESE, A.C.; OLIVEIRA, C.M.; MADALENA, J.M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LIMA, H. C.; CAMPOS, G. A. **Comunicado Técnico: Recomendações Técnicas para o Cultivo de Passiflora setacea cv. BRS Pérola do Cerrado**. 2013. Disponível em: [<http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/lancamentoperola/comunicadorecomendacoes.pdf>] Acesso em 20 abr. 2015.

HOFFMANN, M.; PEREIRA, T.N.S; MERCADANTE, M.B; GOMES, A.R. Polinização de *Passiflora edulis f. flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae), por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. **Iheringia**. Serie zoologia v. 89, p.149-152, 2000.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. Polinizadores e Polinização – Um tema Global. In: Imperatriz – Fonseca, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (Eds.). **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e serviços Ambientais**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, p. 25-45, 2012.

JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; FALEIRO, F.G.; PEIXOTO, J.R.; BERNACCI, L.C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p 81-106, 2005.

KILL, L.H.P.; SIQUEIRA, K.M.M.; ARAUJO, F.P.; TRIGO, S.P.M.; FEITOZA, F.A.; LEMOS, I.B. Biologia Reprodutiva de *Passiflora cincinnata* mast. (Passifloraceae) na região de Petrolina (Pernambuco, Brazil). **Oecologia Australis**, v. 14, n.1, p. 115-127, 2010.

- KLEIN, A.M.; VAISSIERE, B.E.; CANE, J.H., STEFFANDEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 274, p.303-313, 2007.
- KOSCHNITZKE, C.; SAZIMA, M. 1997. Biologia floral de cinco espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae) em mata semidecídua. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 20, p. 119-126, 1997.
- KROSNICK, S.; SCHROEDER, T.; MILES, M.; KING, S. Preliminary studies on ornithophilous floral visitors in the australian endemic *Passiflora herbertiana* ker gawl. (Passifloraceae). **Journal of Pollination Ecology**, v. 16, n.9, p. 58-63, 2015.
- LEITE, A.V.; MACHADO, I. C. Biologia reprodutiva da “catingueira” (*Caesalpinia pyramidalis* Tul., Leguminosae-Caesalpinioideae), uma espécie endêmica da Caatinga. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n.1, p. 79-88, 2009.
- MACIEL, W.R.S. **WiKi aves: Corrupião**. 2015. Disponível em [<http://www.wikiaves.com.br/corruptiao>]. Acesso em: 18 jun. 2016.
- MALERBO-SOUZA, D.T.; RIBEIRO, M.F. Polinização do maracujá doce (*Passiflora alata* Dryander). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 2, p. 37 – 46, 2010.
- MARTIN, F.N. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. **Stain Technology**, v. 34, p.125-128, 1959.
- Martins, R.L.; Gribel, R. Polinização de *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) uma árvore emergente da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.1, p. 37-45, 2007.
- MELO, G.A.R., VARASSIN, I.G., VIEIRA, A.O.S., JÚNIOR, A.O.M., NETO, P.L., BRESSAN, D.F., ELBI, P.M., MOREIRA, P.A., OLIVEIRA, P.C., ZANON, M.M.F., ANDROCIOLI, H.G., XIMENES, P.M.S., ALVES, D.S.M., CERVIGNE, N.S., PRADO, J.; IDE, A.K. Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo**. Funbio p. 207-254, 2014.

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, n. 2, p. 141-59, 1994.

OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. Espécies de maracujá com potencial agrônômico. In: In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.143-158, 2005.

OLIVEIRA, P.E.; AUGUSTO, S.C.; BARBOSA, A.A.A.; YAMAMOTO, M; SILVA, C.I.; SILVA, J.R. Polinização e produção do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) no Triângulo Mineiro e possibilidades de manejo sustentável de *Xylocopa* spp. (Apidae, Xylocopini). In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo**. Funbio, p. 281-313, 2014.

PEREIRA, C.A.M & VILEGAS, J.H.Y. Constituintes químicos do gênero *Passiflora* com ênfase a *P. alata* Dryander, *P. edullis* Sims e *P. incarnata* L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.3, p. 1-12, 2000.

POLATTO, L.P. ; ALVES Jr, V.V.A. Utilização dos recursos florais pelos visitantes em *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (Bignoniaceae). **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 4, p. 389-398, 2008.

POTTS, S.; BIESMEIJER, J.; KREMEN, C; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. Global pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

RIBEIRO, D.P. **Biologia reprodutiva e compostos bioativos dos frutos de *Passiflora setacea* D. C.** 2014. 69 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

SANTOS, F.C.; RAMOS, J.D.; SANTOS, F.C.; LIMA, L.C.O.; JUNQUEIRA, K.P.; REZENDE, J.C. Características físico-químicas do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea*. In: FALEIRO, F.J.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; PINRO, A.C.Q.; SOUSA, E.S. (Eds.). **IV Reunião técnica de pesquisas em maracujazeiro**. Planaltina, Distrito Federal, 2005. p. 143-146.

- SAZIMA, M.; FABIÁN, M.E.; SAZIMA, I. Polinização de *Luehea speciosa* (Tiliaceae) por *Glossophaga soricina* (Chiroptera, phyllostomidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 42, n.3, p. 505-513, 1982.
- Sazima, I.; Sazima, M. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para a polinização do maracujá (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 33, p. 108-118, 1989.
- Sazima, M.; Sazima, I. Bat pollination of the passion flower. *Passiflora mucronata* in southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 10, p. 100-109, 1978.
- SILVA, C.I.; OLIVEIRA, P.E.; GARÓFALO, A.M. Manejo e conservação de polinizadores do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). Documentos (Embrapa Semi-Árido. Online) 249:163-178, 2012.
- SIQUEIRA, K.M.M.; KILL, L.H.P.; ARAUJO, F.P. Proposta de manejo de polinizadores em espécies de Passifloraceae no Vale do Submédio do São Francisco. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo**. Funbio, p. 345-368, 2014.
- SUASSUNA, T.M.F.; BRUCKNER, C.H.; CARVALHO, C.R.; BOREMA, A. Self-incompatibility in passionfruit: evidence of gametophytic-sporophytic. **Theoretical and Applied Genetics**, v.106, n. 2, p. 298-302, 2003.
- VARASSIN, I.G.; SILVA, A.G. A melitofilia em *Passiflora alata* Dryander (Passifloraceae), em vegetação de restinga. **Rodriguésia** 50, 5–17, 1999.
- VERÇOZA, F. C.; MARTINELLI, G.; BAUMGRATZ, J.F.A.; ESBÉRARD, C.E.I. Polinização e dispersão de sementes de *Dysochoma viridiflora* (Sims) Miers (Solanaceae) por morcegos no Parque Nacional da Tijuca, um remanescente de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Natureza On Line**, Santa Teresa, v. 10, n. 1, p. 7-11, 2012.
- VIANA, B.F.; SILVA, F.O.; ALMEIDA, A.M. Polinização do maracujá-amarelo no semiárido da Bahia. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo**. Funbio, p. 255-280, 2014.

WILLIAMS, I. H. The dependences of crop production within the European Union on pollination by honeybees. **Agricultural Zoology Review**, v. 6, p. 229-257, 1994.

WINFREE, R.; WILLIAMS, N.M.; DUSHOFF, J.; KREMEN, C. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. **Ecology Letters**, v. 10, p. 1105-1113, 2007.

Tabela 1: Receptividade estigmática (obtida por polinizações experimentais e teste de peroxidase) em 2015 da Cultivar BRS Pérola do Cerrado (*Passiflora setacea*) cultivada em Aragoiânia, Goiás.

Horário	Flor (Nº)	Fruto (Nº)	Teste peroxidase
19:00-21:00	6	5	Positivo
21:00-23:00	6	4	Positivo
23:00-01:00	6	1	Positivo
01:00-03:00	6	2	Positivo
03:00-05:00	6	3	Positivo
05:00-07:00	6	4	Positivo
07:00-09:00	6	4	Positivo
09:00-11:00	6	1	Positivo
11:00-13:00	6	0	Negativo
13:00-15:00	6	0	Negativo

Tabela 2: Porcentagem de frutificação de polinizações controladas em Cultivar BRS Pérola do Cerrado (*Passiflora setacea*) em 2015 na Fazenda Vale do Tamanduá, município de Aragoiânia, GO.

Tratamentos	N° de flores	N° de frutos (%)
Cruzada	56	30 (54)
AP Espontânea	50	0 (0)
AP manual	42	6 (14,28)
Controle	62	0 (0)

Tabela 3: Visitantes florais noturnos do Cultivar BRS Pérola do Cerrado (*Passiflora setacea*) em 2016 na Fazenda Vale do Tamanduá, município de Aragoiânia, GO.

Espécie	Sexo	Polén na pelagem	Local de deposição
<i>Anoura caudifer</i>	M/F	Ausente	
<i>Phyllostomus discolor</i>	M/F	Ausente	
<i>Glossophaga soricina</i>	M/F	Presente	Focinho e região dorsal
<i>Phyllostomus hastatus</i>	M	Ausente	
<i>Carollia perspicilata</i>	M	Ausente	

Tabela 4: Visitantes florais diurnos do Cultivar BRS Pérola do Cerrado (*Passiflora setacea*) com suas respectivas recompensa e comportamento na Fazenda Vale do Tamanduá, município de Aragoiânia, GO. Pl: Pólen; Nc: Néctar; Pi: Pilhador; PP (Potencial polinizador).

Ordem/Família	Espécies	Recompensa	Comportamento
HYMENOPTERA			
Apidae	<i>Apis mellífera</i>	Pl/ Nc	Pi
	<i>Trigona spinipes</i>	Pl/ Nc	Pi
Vespidae	Não identificado	Nc	Pi
Xylocopini	<i>Xylocopa gricescens</i>	Nc	PP
PASSERIFORMES			
Thraupidae	<i>Coereba flaveola</i>	Nc	PP
APODIFORMES			
Trochilidae	<i>Eupetionema macroura</i>	Nc	PP

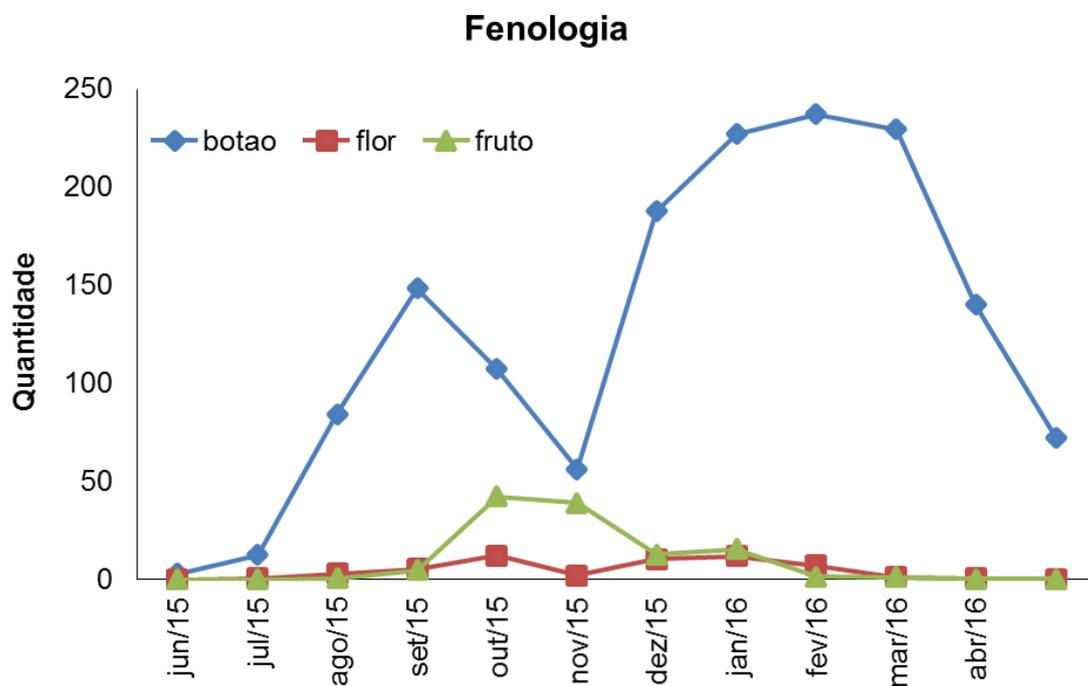


Figura 1. Médias de botões, flores e frutos produzidos mensalmente por *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado no município de Aragoiânia, Goiás. Os números da esquerda representam as médias de cada fenofase.

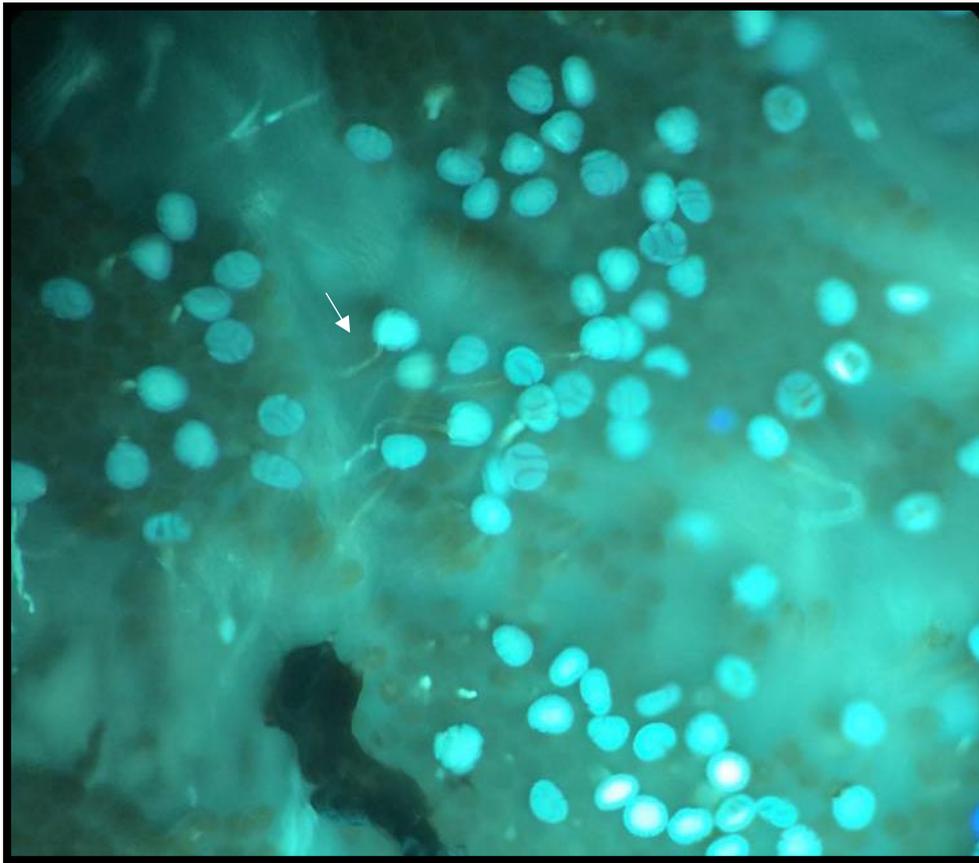


Figura 3. Tubos polínicos crescendo no estigma após 24 horas de polinização cruzada em *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado.

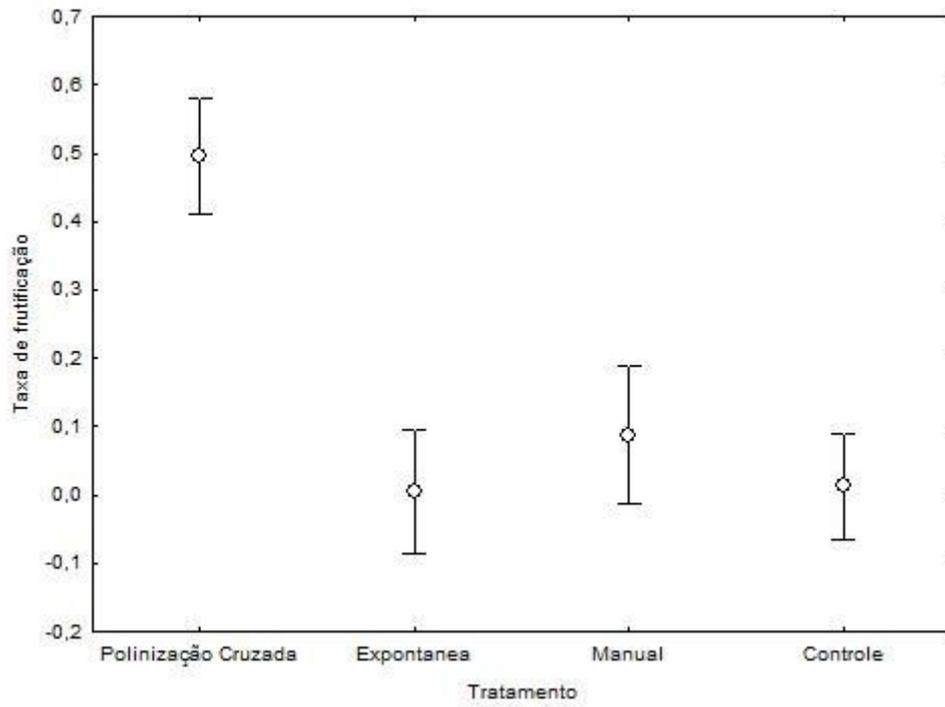


Figura 4: Análise dos tratamentos de polinizações controladas em *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado em 2016.

CAPÍTULO II:

Produção de frutos de maracujá *Passiflora setacea*, considerando a atividade dos pilhadores e o sistema reprodutivo

Manuscrito submetido a Revista Agropecuária Brasileira

Produção de frutos de maracujá *Passiflora setacea*, considerando a atividade dos pilhadores e o sistema reprodutivo

Tamara Poliana de Oliveira Teixeira⁽¹⁾, Indiara Nunes Mesquita Ferreira⁽¹⁾, João Paulo Raimundo Borges⁽¹⁾, e Helena Maura Torezan Silingardi⁽²⁾ Edivani Villaron Franceschinelli⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto de Ciências Biológicas – Laboratório de Biologia Reprodutiva -Universidade Federal de Goiás, Avenida Esperança s/n, Campus Samambaia, CEP 74690-900, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: marahadassa@hotmail.com, indiaranunes@outlook.com, jppaulorbio@gmail.com, edivanif@gmail.com ⁽²⁾ Instituto de Biologia - Universidade Federal de Uberlândia, Avenida Pará, 1720, Campus Umurama, CEP 38405-320, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: hmtilingardi@gmail.com

Resumo – Neste trabalho foi verificado como a herbivoria floral, causada por pilhadores, e o sistema reprodutivo influenciam a taxa de frutificação e os aspectos físicos dos frutos do maracujazeiro (*Passiflora setacea*) em Aragoiânia, Goiás. O estudo foi desenvolvido na Fazenda Vale do Tamanduá entre abril de 2015 a dezembro de 2016. As flores de *P. setacea* abrem a noite e permanecem abertas na manhã seguinte com pólen e néctar ainda disponível para os seus visitantes. Foram levantadas as espécies pilhadoras (aquelas que retiram o recurso sem polinizar a flor) por meio de observações focais, registrando o comportamento, identificando as espécies e calculando o percentual de dano provocados nas flores abertas por dia. Para verificar o efeito do sistema reprodutivo sobre a frutificação e aspectos físicos dos frutos, flores foram polinizadas manualmente e o desenvolvimento dos frutos foi acompanhado e posteriormente medido. *Passiflora setacea* têm como principais espécies pilhadoras as abelhas *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e a ave *Icterus jamacaii*. Todas as flores apresentaram danos causados pela herbivoria destas espécies. No entanto, a frutificação não foi afetada, pois o efeito desses pilhadores foi neutro em relação à frutificação. No entanto, o tipo de sistema reprodutivo influencia a frutificação, evidenciando que para a comercialização desses maracujás, é necessário haver a polinização cruzada.

Termos para indexação: *Apis mellífera*, *Trigona spinipes*, *Icterus jamacaii*, sucesso reprodutivo

Production of passionfruit fruits *Passiflora setacea*, considering the activity of the pliers and the reproductive system

Abstract – In this study, it was verified the floral herbivorous and their on the fruit set and physical aspects of the Cerrado passion fruits (*Passiflora setacea*) . The study was developed in Fazenda Vale do Tamanduá between April 2015 and December 2016. The flowers of *P. setacea* open during the night and remain open the following morning with pollen and nectar still available to their visitors. The activity of nectar and pollen robber species were observed and registered, identifying the species and calculating the percentage of damage caused in the open flowers per day. To verify the effect of the reproductive system under the fruiting and physical aspects of the fruits, flowers were manually selfed and cross-pollinated and fruit development was monitored and subsequently measured. The main nectar and pollen robbers of *P. setacea* flowers are the bees *Apis mellífera* and *Trigona spinipes*, and the bird *Icterus jamacaii*. Fruit set did not decreased due to the floral herbivores' activities. The effect of these plunderers was neutral in relation to the fruit production. However, the type of pollination system influences the fruit production, showing that for the commercialization of these passion fruits, cross-pollination is necessary.

Index terms: *Apis mellífera*, *Trigona spinipes*, *Icterus jamacaii*, reproductive success

Introdução

A família Passifloraceae abrange aproximadamente 18 gêneros e 630 espécies, com ocorrência pantropical, distribuída de forma descontínua nos trópicos e subtropicais (Ocampo et al., 2007). No Brasil, ocorrem os gêneros *Ancistrothyrsus* Harms, *Dilkea*

Mast., *Mitostemma* Mast. e *Passiflora* L. (BFG 2015) sendo este último o mais representado dentro da família, devido ao seu número de espécies. São registradas mais de 530 espécies e cerca de 400 híbridos produzidos artificialmente (Ulmer & MacDougal, 2004).

Passiflora abrange diversas espécies conhecidas como maracujazeiros, que possuem potencial de cultivo. O Brasil destaca-se em termos de produção, quando comparado com outros países, no entanto, apesar desse número ser bem significativo, o volume produzido é insuficiente para atender a demanda interna de frutos *in natura*, como também de suco concentrado (Bernacci et al., 2005).

Diante disso, várias espécies silvestres têm sido estudadas, com o intuito de serem cultivadas e incorporadas no mercado (Ruggiero, 2000), *Passiflora setacea* é uma destas, conhecida popularmente como sururuca, maracujá de cobra e maracujá do sono, é a primeira cultivar de maracujazeiro silvestre registrada e protegida no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (Embrapa Cerrados, 2013).

Passiflora setacea apresenta morfologia semelhante às outras *Passifloras*, como glândulas secretoras de néctar localizadas na folha, especialmente na base do pecíolo, além da produção de néctar floral utilizado como recurso para os seus polinizadores, também apresentam uma estrutura em forma de coluna que sustenta o androceu e gineceu, denominado de androginóforo. O androceu é composto por cinco anteras e o gineceu por três estigmas. Essas características florais acabam atraindo diversos visitantes, os quais, na maioria das vezes danificam a base da flor para extrair néctar, sem entrar em contato com as estruturas reprodutivas da flor e, portanto, sem polinizá-las (Melo et al., 2014).

A pilhagem de néctar é comum em diversas famílias vegetais. Pilhadores são visitantes florais que retiram néctar e/ou pólen sem promover a polinização, podendo ser pássaros ou insetos, como abelhas, vespas, formigas, entre outros (Inouye, 1980). O efeito

desses pilhadores sobre o sucesso reprodutivo das plantas tem sido o alvo de diversas pesquisas. Estudos indicam que dependendo da espécie de pilhador o efeito no sucesso reprodutivo da planta pode ser positivo (Milet-Pinheiro, 2006), neutro (Arizmendi et al., 1996) ou negativo (Carvalho et al., 2007).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar como a herbivoria floral, os pilhadores e o sistema reprodutivo influenciam a taxa de frutificação e os aspectos físicos dos frutos do maracujazeiro silvestre (*Passiflora setacea*) em Aragoiânia, Goiás.

Material e Método

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Vale do Tamanduá, que se encontra nas coordenadas (670000 S; 8120750 O UTM) no município de Aragoiânia, estado de Goiás. Esta é uma área particular, de 99 hectares, sendo que um hectare corresponde a área de plantação do cultivar BRS Pérola do Cerrado que é manejado de forma orgânica, com irrigação e dispostos em espaldeiras. Vale ressaltar, que quando os estudos iniciaram a plantação tinha três meses. Nesta área predomina o domínio fitogeográfico Cerrado, com clima tropical classificado como Aw, com estação seca no inverno e úmida no verão, tendo uma temperatura média entre 20,8 a 25,3 °C e pluviosidade média anual de 1500 mm (Cardoso et al., 2015).

Observações sobre os visitantes florais de *Passiflora setacea* ocorreram no período entre março de 2015 a dezembro de 2016. Durante as observações procurou-se notar se havia ocorrência de herbivoria nas partes florais. Foi registrado o comportamento dos animais nas flores e os danos provocados por eles na estrutura da flor. Para avaliar o percentual das flores danificadas por estas espécies, foram contadas todas as flores abertas da plantação ao longo de quatro dias. Após as visitas, foram contados o número de flores

que sofreram a herbivoria, totalizando 2051 flores. Os animais foram identificados em campo e foi possível diferenciar os danos nas partes florais provocados por cada um deles.

Para certificar a influência dos pilhadores no desenvolvimento dos frutos, sessenta flores de diferentes plantas foram ensacadas em pré-antese, e após a abertura das mesmas (22:00 horas) foi realizada polinização cruzada manualmente (Figura 1) trinta flores destas foram ensacadas após a polinização, evitando a visita de pilhadores, enquanto que as outras trinta ficaram expostas para os visitantes que agiam durante a manhã, logo após a abertura noturna da flor. Para a análise da taxa de frutificação utilizou-se o teste qui quadrado (X^2) e após o desenvolvimento dos frutos foi estimado o comprimento transversal e longitudinal, o peso da casca, da polpa, número de sementes e peso total. Sendo estes parâmetros analisados com o teste de Wilcoxon com 5% de probabilidade.

O sistema reprodutivo do maracujazeiro silvestre (*Passiflora setacea*) foi verificado a partir dos seguintes experimentos de polinizações no campo: polinização cruzada, autopolinização, autopolinização espontânea e polinização aberta (controle), totalizando 205 botões usados nos testes. Para o tratamento de autopolinização, utilizou-se 43 flores distribuídas em dez plantas. Em cada planta foi marcado e ensacado botões em pré-antese, quando estas abriram e estavam receptivas, foram depositados em seus estigmas grãos de pólen provenientes da mesma planta. Após o experimento, estas foram ensacadas novamente, evitando contato com possíveis polinizadores. Para o tratamento de polinização cruzada, 50 flores em pré-antese de 10 plantas foram ensacadas e depois da sua abertura receberam em seus estigmas pólenes provenientes de outros indivíduos. Sessenta e duas flores foram marcadas para observação de frutificação ao natural (grupo controle), e cinquenta flores foram ensacadas sem nenhum tratamento para verificar a ocorrência de autopolinização espontânea (Bawa, 1974; Borba et al., 1999).

O desenvolvimento dos frutos foi acompanhado desde a formação até o amadurecimento para verificar se existia influência nos diferentes tratamentos. Os frutos após colhidos foram pesados, medidos e diferenciados quanto ao peso total do fruto, da casca, número de sementes, diâmetro transversal, diâmetro longitudinal e rendimento da polpa. Para este último parâmetro utilizou-se a fórmula (massa dos frutos + massa das cascas) x100/ massa dos frutos (Santos et al., 2005) para a análise destes dados utilizou-se o teste de Wilcoxon com 95% de significância estatística. Para a análise dos tratamentos, foi realizada análise de variância (ANOVA) com a significância estatística de 95% e para comparação múltipla dos tratamentos foi utilizado teste de Tukey, com mesmo nível de significância estatística.

Resultados e Discussão

Durante as observações em campo foi possível visualizar três espécies de animais provocando herbivoria e outros danos as flores (Figura 1B), abelhas *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Apidae) que danificam todo o disco nectarífero; abelhas *Apis mellífera* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae) que roubam todo o pólen; e a ave *Icterus jamacaii* (Gmelin, 1788) (Passeriforme: Icteridae), que destrói toda flor, inclusive suas estruturas reprodutivas (Tabela 1).

Nenhum dos estudos realizados com a espécie *P. setacea* relatou herbivoria floral provocados por visitantes. O fato de suas flores permanecerem abertas durante o dia, além de atrair insetos que podem realizar a polinização, também a torna susceptível à visita de pilhadores que degradam as suas peças florais e, conseqüentemente, podem interferir negativamente no seu sucesso reprodutivo. No entanto, outras espécies de maracujá já foram estudadas quanto a dano nas flores, por exemplo, *Trigona spinipes* já foi observada danificando flores de diversas espécies de Passifloraceae (Sazima & Sazima, 1989;

Fandini & Santa-Cecília, 2000). No maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*), estas abelhas perfuram a corola, principalmente na região do nectário para roubar néctar, provocando aborto dos frutos (Viana et al., 2014). Os danos provocados por estas abelhas são imensos, podendo esta ser considerada como uma das principais pragas do maracujazeiro (Siqueira et al., 2014).

Icterus jamacaii é um pássaro onívoro, que se alimenta de frutos e alguns invertebrados, como também apreciam o néctar das flores. Alguns trabalhos evidenciam que esta espécie se alimenta de peças florais da família Bignoniaceae e Fabaceae (Maciel, 2015). Porém outros estudos consideram que esta espécie é polinizadora de *Erythrina fusca* da família Fabaceae (Cotton, 2001). No entanto, o presente estudo é o primeiro a relatar *I. jamacaii* danificando flores da família Passifloraceae. Em *P. setacea*, *Icterus jamacaii* danifica todas as peças florais, degradando pétalas, sépalas e inclusive as estruturas reprodutivas, comprometendo consequentemente o seu sucesso reprodutivo.

Já existem registros do comportamento pilhador da abelha *Apis mellifera* sobre os maracujás (Kill et al., 2010). Segundo Melo et al. (2014), estas abelhas coletavam todo o pólen das flores ao visitar *P. alata*. Os impactos provocados por essas abelhas sociais sobre a polinização e produção de maracujás são tão significativos que estas são descritas como pragas (Oliveira et al., 2014). Contudo, quando estas abelhas visitam as flores de *P. setacea*, o período de visita dos morcegos, seus principais polinizadores, já havia terminado.

De acordo com os dados obtidos não existe influência de pilhadores na taxa de frutificação ($X^2= 0,96$) e nem no desenvolvimento dos frutos, quanto ao peso total ($P=0,09$), rendimento da polpa ($P=0,40$), peso da casca ($P=0,24$), número de sementes ($P= 0,23$), diâmetro longitudinal ($P= 0,70$) e transversal ($P=0,37$). As análises dos frutos estão representadas na tabela 2.

O efeito dos pilhadores sobre a taxa de frutificação e aspectos físicos dos frutos são inexpressivos, não apresentando diferenças significativas entre flores intactas e flores injuriadas. Este resultado é semelhante ao observado por Melo et al., (2014) em *Passiflora edulis* no Paraná, produzindo neste caso, efeito neutro. Em 2016, foi observado que *T. spinipes* além de danificar os discos nectaríferos das flores abertas, visitam botões florais em pré-antese, danificando todo o verticilo protetor para coletar o pólen forçando a abertura das anteras. Esta ação pode prejudicar o sucesso reprodutivo de *P. setacea*, já que estas abelhas “roubam” uma grande quantidade de pólen antes mesmo das flores abrirem suas pétalas para o polinizador. Contudo, este efeito não foi quantificado no presente estudo devido à época de realização dos testes.

Em relação ao efeito do tipo de sistema reprodutivo sob a frutificação, a espécie *P. setacea* desenvolveu frutos e sementes somente em autopolinização manual e cruzada (Tabela 3). A não formação de frutos no grupo controle, ocorreu pela ausência de polinizadores na área de estudo em 2015, que foi o ano do desenvolvimento deste experimento, correspondendo à primeira florada naquela área. Contudo, de acordo com os produtores, os morcegos já estavam visitando as flores de *P. setacea* em 2016 e efetuando a polinização natural desta espécie.

A análise física dos frutos (Tabela 4) advindos dos tratamentos de polinização cruzada e autopolinização manual mostrou diferenças significativas quanto ao peso do fruto ($P= 0,0401$), número de sementes ($P= 0,0163$), rendimento da polpa ($P=0,0181$), diâmetro longitudinal ($P=0,0454$) e diâmetro transversal ($P= 0,042$) que foram menores na autopolinização. Vale ressaltar, que apenas o peso da casca não apresentou diferença significativa ($P=0,1308$). Em relação à taxa de frutificação, análises estatísticas evidenciaram que apenas as polinizações cruzadas têm diferença dos outros tratamentos. Os frutos advindos de autopolinização são inviáveis para a comercialização, devido à

baixa produção de sementes que acabam influenciando no rendimento da polpa que é uma característica fundamental para agregar valor ao mercado (Fortaleza et al, 2005). Isto torna a espécie dependente de vetores de pólen para o seu sucesso reprodutivo.

Nesse sentido, os agricultores que dependem da produção dessa espécie de maracujá, na ausência de polinizadores naturais, devem ser cautelosos para realizar a polinização cruzada manual, evitando ao máximo coletar grãos de pólen nas anteras das próprias flores que receberão esse gametófito masculino em seus estigmas.

Conclusões

A ação dos pilhadores nas flores de *Passiflora setacea* analisada neste estudo não interfere na sua taxa de frutificação e aspectos físicos dos frutos. Ocorre uma maior produção de frutos para a comercialização quando é realizada a polinização cruzada entre plantas diferentes.

Agradecimentos

Aos proprietários da área de estudo, Elizabeth e Telmo e a Capes pela bolsa concedida para a realização desse trabalho.

Referências

ARIZMENDI, M.C.; DOMINGUES, C.A.; DIRZO, R. The role of an avian nectar robber and of hummingbird pollinators in the reproduction of two plants species. **Functional Ecology**, v. 10, p 119-127.

BAWA, K.S. Breeding systems of tree species of a lowland community. **Evolution** v. 28, p. 85-92. 1974

BERNACCI, L.C; MELETTI, L.M.M.; SOARES-SCOTT, M.D.; PASSOS, I.R.S.; JUNQUEIRA, N.T.V. Espécies de maracujá: caracterização e conservação da biodiversidade. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N. T.V.; BRAGA, M.F. (Org.).

Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p. 559-586.

BFG (The Brazil Flora Group). Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015.

BORBA, E.L.; SHEPHERD G.J.; SEMIR, J. Reproductive system and crossing potential in three species of *Bulbophyllum* (Orchidaceae) occurring in Brazilian campo rupestre vegetation. **Plant Systematic and Evolution**, v. 207, p. 205-214, 1999.

CARVALHO, A. T.; SANTOS-ANDRADE, F.G.; SCHLINDWEIN, C. Baixo sucesso reprodutivo em *Anemopaegma laeve* (Bignoniaceae) no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 102-104, 2007.

EMBRAPA CERRADOS. **Lançamento da cultivar de maracujazeiro silvestre BRS Pérola do Cerrado.** Folder Técnico da Cultivar Pérola do Cerrado, 2013. Disponível em: [<http://www.cpac.embrapa.br/lancamentoperola>], Acesso em: 24 mar. 2015.

FANDINI, M. A. M.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. 2000. Manejo integrado de pragas do maracujazeiro. IN: A cultura do maracujazeiro. **Informe Agropecuário** 21: 29-33, 2000.

FARIA, F.S.; STEHMANN, J.R. Biologia reprodutiva de *Passiflora capsularis* L. e *P. pohlii* Mast. (Decaloba, Passifloraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.24, p. 262-269, 2010.

INOUE, D.W. The terminology of floral lacerny. **Ecology**, v. 61, n. 5, p. 1251-1253, 1980.

KILL, L.H.P.; SIQUEIRA, K.M.M.; ARAUJO, F.P.; TRIGO, S.P.M.; FEITOZA, F.A.; LEMOS, I.B. Biologia Reprodutiva de *Passiflora cincinnata* mast. (Passifloraceae) na região de Petrolina (Pernambuco, Brazil). **Oecologia Australis**, v. 14, n.1, p. 115-127, 2010.

MACIEL, W.R.S. **WiKi aves: Corrupião.** 2015. Disponível em [http://www.wikiaves.com.br/corruptiao]. Acesso em: 18 jun. 2016.

MELO, G.A.R., VARASSIN, I.G., VIEIRA, A.O.S., JÚNIOR, A.O.M., NETO, P.L., BRESSAN, D.F., ELBI, P.M., MOREIRA, P.A., OLIVEIRA, P.C., ZANON, M.M.F., ANDROCIOLI, H.G., XIMENES, P.M.S., ALVES, D.S.M., CERVIGNE, N.S., PRADO, J.; IDE, A.K. Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo.** Funbio p. 207-254, 2014.

MILET-PINHEIRO, P. **Polinização de *Tabebuia impetiginosa* e *Jacaranda rugosa* (Bignoniaceae) e o efeito de pilhadores no seu sucesso reprodutivo no Parque Nacional do Catimbau.** 2006. 99p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

OCAMPO, J.P.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; RESTREPO, M.; JARVIS, A; SALAZAR, M.; CAETANO, C. Diversity of colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation. **Biota Colombiana**, v. 8, n. 1, p.1- 45, 2007.

OLIVEIRA, P.E.; AUGUSTO, S.C.; BARBOSA, A.A.A.; YAMAMOTO, M; SILVA, C.I.; SILVA, J.R. Polinização e produção do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) no Triângulo Mineiro e possibilidades de manejo sustentável de *Xylocopa* spp. (Apidae, Xylocopini). In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo.** Funbio, p. 281-313, 2014.

RUGGIERO, C. Situação do maracujazeiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, p. 5-9, 2000.

SANTOS, F.C.; RAMOS, J.D.; SANTOS, F.C.; LIMA, L.C.O.; JUNQUEIRA, K.P.; REZENDE, J.C. Características físico-químicas do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea*. In: FALEIRO, F.J.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; PINRO, A.C.Q.; SOUSA, E.S. (Eds.). **IV Reunião técnica de pesquisas em maracujazeiro**. Planaltina, Distrito Federal, 2005. p. 143-146.

SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para a polinização do maracujá (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 33, p. 108-118, 1989.

SIQUEIRA, K.M.M.; KILL, L.H.P.; ARAUJO, F.P. Proposta de manejo de polinizadores em espécies de Passifloraceae no Vale do Submédio do São Francisco. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo**. Funbio, p. 345-368, 2014.

ULMER, T.; MAC DOUGAL, J.M. *Passiflora: passionflowers of the world*. Portland Oregon, Timber Press. 2004, 430 p.

VIANA, B.F.; SILVA, F.O.; ALMEIDA, A.M. Polinização do maracujá-amarelo no semiárido da Bahia. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo**. Funbio, p. 255-280, 2014.

Tabela 1: Danos provocados nas flores de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado no município de Aragoiânia-Goiás. Outras peças florais: Inclui pétalas, sépalas e androginóforo.

Data	N° de flores	Disco nectarífero danificado (%)	Outras peças florais danificadas (%)
25/05/2015	326	100	11
29/06/2015	677	100	0,59
30/06/2015	583	100	0,86
31/06/2015	465	100	0,86

Tabela 2: Influência de pilhadores no desenvolvimento dos frutos da Cultivar BRS Pérola do Cerrado (*Passiflora setacea*).

Parâmetros	Valores Médios	
	Flores com injúrias	Flores sem injúrias
Diâmetro longitudinal (mm)	49,10 ($\pm 11,21$)a	59,35 ($\pm 7,49$)a
Diâmetro transversal (mm)	43,03 ($\pm 9,46$)a	45,64 ($\pm 8,47$)a
Peso do fruto (g)	32,74 ($\pm 30,97$)a	81,82 ($\pm 24,20$)a
Peso da casca (g)	30,00 ($\pm 13,89$)a	35,70 ($\pm 12,89$)a
Rendimento da polpa (%)	56,78 ($\pm 12,89$)a	58,00 ($\pm 12,27$)a
Nº de sementes por frutos	179 ($\pm 80,55$)a	165,77 ($\pm 67,02$)a

*Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon 5% de significância.

Tabela 3: Porcentagem de frutificação de polinizações controladas em Cultivar BRS Pérola do Cerrado (*Passiflora setacea*)

Tratamentos	N° de flores	N° de frutos (%)
Cruzada	56	54
AP Espontânea	50	0
AP manual	42	14,28
Controle	62	0

Tabela 4: Análises físicas dos frutos da Cultivar Pérola do Cerrado (*Passiflora setacea*) provenientes das polinizações experimentais. PC: Polinização cruzada; AP: Autopolinização.

Parâmetros	Valores Médios (Desvio padrão)	
	PC	AP
Diâmetro longitudinal (mm)	52,23 (\pm 8,83)a	41,985 (\pm 3,39)b
Diâmetro transversal (mm)	41,64 (\pm 8,26)a	33,60b (\pm 5,75)b
Peso do fruto (g)	55,45 (\pm 26,75)a	23,00 (\pm 11,97)b
Peso da casca (g)	26,87 (\pm 14,18)a	16,17 (\pm 8,3)a
Rendimento da polpa (%)	45,24 (\pm 12,17)a	29,33 (\pm 7,43)b
N° de sementes por frutos	154 (\pm 77,96)a	53 (\pm 17,72)b

*Médias e desvio padrão seguidos das mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon 5% de significância.



Figura 1 A: Flor de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado em perfeito estado



Figura 1 B: Flor de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado logo após sofrer herbivoria.



Figura 2: Botão floral em pré-antese de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado danificado por *Trigona spinipes* em primeiro plano, e em perfeito estado ao fundo.