

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CÊNCIAS BIOLÓGICAS

Fenologia, assimetria flutuante e biologia reprodutiva de *Microstachys serrulata*
condicionada ao ambiente e à diferentes regimes de exposição à luz solar

Ítalo Aleixo de Faria

Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas, da Universidade Federal
de Uberlândia, para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia MG
Julho - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CÊNCIAS BIOLÓGICAS

Fenologia, assimetria flutuante e biologia reprodutiva de *Microstachys serrulata*
condicionada ao ambiente e à diferentes regimes de exposição à luz solar

Ítalo Aleixo de Faria

Orientador: Kleber Del Claro
Coorientador: Diego Vinícius Anjos Silva

Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas, da Universidade Federal
de Uberlândia, para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia MG
Julho - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CÊNCIAS BIOLÓGICAS

Fenologia, assimetria flutuante e biologia reprodutiva de *Microstachys serrulata*
condicionada ao ambiente e à diferentes regimes de exposição à luz solar

Italo Aleixo de Faria

Kleber Del Claro
INBIO - UFU
Diego Vinícius Anjos Silva
USP

Homologado pela coordenação do curso de
Ciências Biológicas em __/__/__

Coordenadora: Celine de Melo

Uberlândia MG
Julho – 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CÊNCIAS BIOLÓGICAS

Fenologia, assimetria flutuante e biologia reprodutiva de *Microstachys serrulata*
condicionada ao ambiente e à diferentes regimes de exposição à luz solar

Ítalo Aleixo de Faria

Aprovado pela banca examinadora em / / Nota:

Kleber Del Claro

Uberlândia, 02 de Julho de 2018

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Allan Pscheidt pela identificação da espécie, ao CCPIU por ceder a área para realização dos estudos, a Universidade Federal de Uberlândia, pelo apoio logístico e disponibilização dos carros para transporte.

Agradecemos também ao graduando Vitor Miguel, pela companhia nos campos noturnos.

Fenologia, assimetria flutuante e biologia reprodutiva de *Microstachys serrulata* condicionada ao ambiente e à diferentes regimes de exposição à luz solar.

Phenology, fluctuating asymmetry and reproductive biology of *Microstachys serrulata* conditioned to the environment and different sunlight exposure regimes.

Faria, Italo A¹; Anjos, Diego²; Torezan-Silingardi, H Maura¹ & Del-Claro, Kleber¹

¹UFU; ²USP

Resumo: O estudo da fenologia é de suma importância para compreensão da complexa dinâmica dos ecossistemas florestais. Aqui, nós descrevemos a fenologia de *Microstachys serrulata* (Euphorbiaceae), em duas populações sob diferentes condições de luminosidade. Foram avaliados indivíduos numa área de “campo sujo” (luz solar abundante) e indivíduos no cerrado “sentido restrito” (sombreamento na maior parte do tempo). Para avaliar se o estresse causado pela exposição à luz afeta o desenvolvimento dos indivíduos de *M. serrulata*, foi utilizado a Assimetria Flutuante (AF), um medidor de estresse. Nós encontramos variações na fenologia, nos indivíduos do “campo sujo” a caducifolia é intensa, enquanto na população do cerrado os indivíduos mantem as folhas e florescem primeiro. Encontramos AF, mas as diferenças entre as duas áreas, não foram significativas. Quantificamos os visitantes florais da *M. serrulata*, no entanto não encontramos o polinizador. A visitação pelas formigas, principal visitante floral, não afeta o sucesso reprodutivo da planta, que mostra algum nível de autopolinização.

Palavras-chave: Cerrado; Euphorbiaceae; Fenologia; Biologia floral.

Abstract: The phenology study is very important to understand the complex dynamics of forest ecosystems. In this study, we describe the phenology of *Microstachys serrulata* (Euphorbiaceae), in two populations under different exposure to sunlight. Individuals were evaluated in “campo sujo” area (abundant sunlight) and in cerrado “strict sense” (shaded in most part of time). To evaluate if the stress caused by sunlight exposure affects the individuals development, were utilized fluctuating asymmetry (FA), a stress measurer. We founded variations on phenology, individuals of “campo sujo” tend to wither and shed their leaves, whereas in cerrado’s population the individuals keep their leaves and blossom first. We found FA, but the differences between the two areas, wasn’t relevant. We quantified the floral visitors of *M. serrulata*, but didn’t found the pollinator. The visitation by ants, the mainly floral visitor, don’t affect the reproductive success, which show some level of auto-pollination.

Keywords: Cerrado; Euphorbiaceae; Phenology; Floral biology.

1.Introdução

Conhecer a história de vida de um ser vivo é essencial para compreender como ele se encaixa no ecossistema (MUSOLIN, 2007). A fenologia é o estudo dos eventos periódicos que compõem o ciclo de vida dos organismos (CLELAND, *et al.* 2007), é o primeiro passo para conhecer sua história de vida. Esses estudos são importantes para entender o funcionamento da espécie dentro da comunidade (NIELSEN, *et al.* 2016), pois dessa forma conseguimos perceber o momento em que há disponibilidade de recursos e podem acontecer as diversas interações da planta com suas espécies dependentes: herbívoros, parasitas e polinizadores (FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013).

Além do sucesso reprodutivo e da interação com outras espécies, as plantas precisam sobreviver ao local no qual germinaram. O único momento de dispersão possível para a planta ocorre quando as sementes são dispersas, após isso elas precisam se adaptar ao local onde germinaram, respondendo as variações do meio ambiente e conseqüentemente apresentando mudanças em seu padrão de desenvolvimento para conseguir sobreviver (RAVEN, 2014). Contudo, essas oscilações do meio, podem ser vantajosas ou estressantes para as plantas (JAN, *et al.* 2013). A luz, por exemplo, é um recurso essencial para o metabolismo das plantas, aumentando as taxas de fotossíntese (YANG, *et al.* 2018), enquanto o excesso de luz pode afetar negativamente, resultando no aumento da evapotranspiração e perda d' água (TAIZ & ZEIGER, *et al.* 2009). Para se adaptar as plantas podem apresentar variações na forma e tamanho, e na quantidade de estruturas, quando expostas às condições diversas do meio em que vivem (CARDOSO & LOMÔNACO, 2003). As variações que podem ser encontradas nas plantas de uma mesma espécie evidenciam sua plasticidade fenotípica.

A plasticidade fenotípica das plantas é na maioria das vezes expressada nas folhas (MARKESTEIJN, *et al.* 2007). Assim, um medidor de estresse muito utilizado é a *assimetria flutuante* (AF), que investiga os desvios de medida nas folhas, ou seja, quando os lados esquerdo e direito apresentam variações aleatórias entre si (VENÂNCIO, *et al.* 2016). Dessa maneira, a luz pode ser um desses fatores estressantes, sendo que plantas localizadas em ambientes sombreados podem apresentar aumento na AF (MOURA, *et al.* 2017).

Para a planta se manter no ambiente, depois de se desenvolver influenciada pelas condições do meio a planta chegará na fase reprodutiva. Nesse momento, a maioria das espécies vegetais precisa dos serviços ecossistêmicos dos polinizadores (HU, *et al.* 2008). A polinização é vital para o sucesso reprodutivo nas plantas, e o Cerrado tem como seu principal polinizador as abelhas (MARTINS & BATALHA, 2006). Além das abelhas, outros animais podem também atuar na polinização, como besouros, borboletas, morcegos, aves, entre outros (TOREZAN-SILINGARDI, 2012). Em casos muito raros as formigas também podem desempenhar esse papel (PEAKALL, 1989; IBARRA-ISASSI & SENDOYA, 2016).

De acordo com Hickman (1974) plantas com poucos atrativos para visitantes florais podem estar relacionadas com polinização por formigas. No Cerrado temos o gênero *Microstachys* (Euphorbiaceae) (ESSER, 2012) (Figura 1), que apresenta várias espécies com estruturas florais reduzidas (PSCHEIDT, 2015), comumente visitada por formigas.

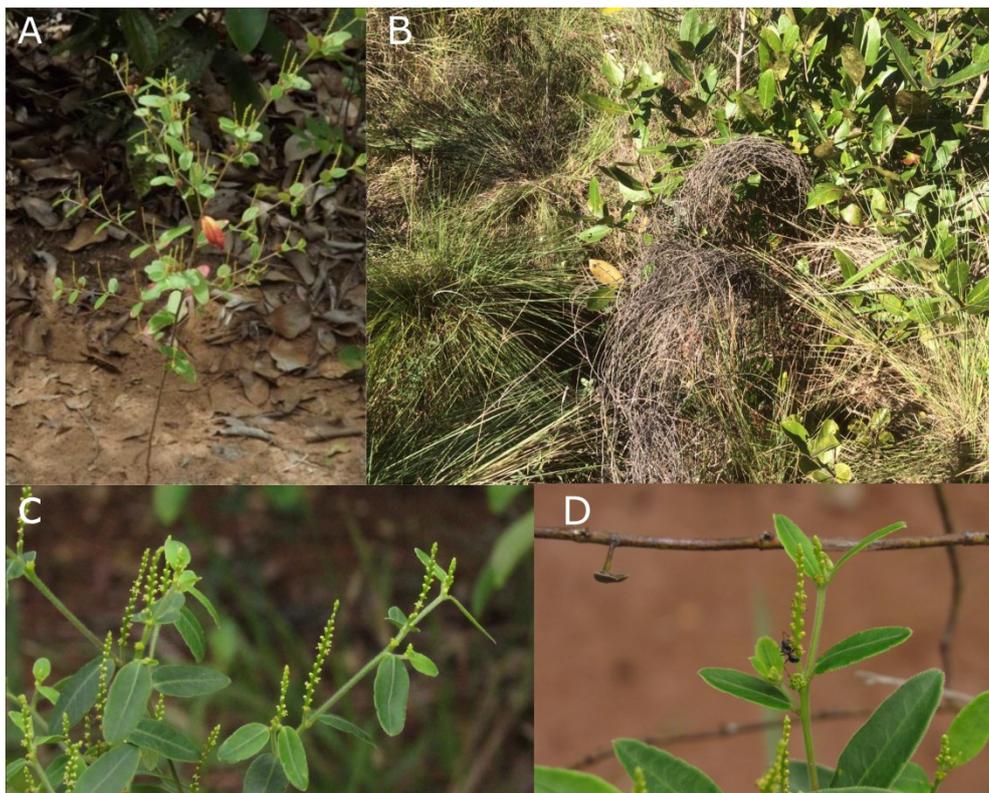


Figura 1 – A) *Microstachys serrulata* em fase reprodutiva. B) *M. serrulata* seca. C) e D) Inflorescências de *M. serrulata* e visitação sendo feita por exemplar de Formicidae.

Neste sentido, os objetivos desse estudo foram: descrever a fenologia, assimetria foliar e visitantes florais de *Microstachys serrulata* (Mart) Müll (Euphorbiaceae) (PSCHEIDT & CORDEIRO, 2012), uma espécie comum no cerrado e com grande quantidade de formigas visitantes. Além disso, devido à distribuição espacial dos indivíduos de *M. serrulata* em duas áreas distintas do Cerrado: área de campo sujo com intensa exposição solar e área de cerrado *sensu stricto* constantemente sombreada, nós investigamos se a intensidade luminosa (fator estressante) poderia afetar a fenologia e o desenvolvimento dos indivíduos de *M. serrulata*. Com base nessas observações foram determinadas duas hipóteses: (1) indivíduos de *M. serrulata* sob condições intensas de luminosidade irão apresentar maiores valores de AF comparados aos indivíduos sob menor exposição à luz; (2) as formigas são prováveis polinizadoras de *M. serrulata*.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido durante o período de novembro de 2016 e março de 2018, na reserva natural do Clube Caça e Pesca Itororó (CCPIU: 48°17'O; 18°58'S) de Uberlândia MG. Localizada no bioma Cerrado, a reserva apresenta diferentes fitofisionomias, tais como veredas, campo sujo e cerrado *sensu stricto* (OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 2002), dominada por gramíneas, arbustos e árvores (BACHTOLD, *et al.* 2013), com clima sazonal e estações: chuvosa e seca bem definidas (ARRUDA, *et al.* 2006).

Neste estudo, duas fitofisionomias (campo sujo e cerrado *sensu stricto*) foram selecionadas de acordo com a distribuição espacial da espécie estudada. Localizado próximo à vereda, onde predomina o buriti (*Mauritia flexuosa*) entre uma densa vegetação herbácea e que apresenta variações no padrão de drenagem da água no solo (ARAUJO, *et al.* 2002), está o campo sujo, a parte mais elevada do terreno onde a drenagem é efetiva (TANNUS & ASSIS, 2004) que é onde *M. serrulata* é encontrada. Já o cerrado *sensu stricto* é caracterizado por um estrato arbóreo-arbustivo e herbáceo-graminoso, de vegetação savânica (JUNIOR & HARIDASAN, 2005).

2.2 Espécie em Estudo

Microstachys serrulata (Mart.) Müll. Arg (Euphorbiaceae) é uma espécie semiarbustiva e apresenta ampla distribuição no Brasil e em parte do Paraguai (PSCHEIDT & CORDEIRO, 2012). É uma planta monóica, onde a inflorescência apresenta uma flor feminina e várias flores masculinas, os frutos são corniculados e as sementes possuem carúncula (SOUZA, 2011) ou elaiossoma, que serve como um atrativo para dispersores (COSMO, *et al.* 2010).

2.3 Fenologia

Para acompanhar a fenologia foram realizadas observações quinzenais durante a fase vegetativa e quinzenais durante a fase reprodutiva. Os dados coletados nas observações de novembro e dezembro de 2016 foram descartados, sendo utilizados nesse trabalho apenas os dados coletados a partir de janeiro de 2017 até Janeiro de 2018.

A fim de comparar a diferença da fenologia nos dois ambientes distintos foram marcadas 30 plantas no campo sujo, expostas ao sol constantemente, e 30 plantas no cerrado *sensu stricto*, sombreadas na maior parte do dia. Plantas que morreram ou foram quebradas foram substituídas de forma a manter o número amostral inicial durante todo o estudo.

As fenofases observadas foram: *brotação foliar*, *folhas em desenvolvimento*, *folhas maduras*, *senescência foliar*, *botão floral feminino*, *botão floral masculino*, *flor feminina*, *flor masculina* e *frutos*. Para avaliar as fenofases foi utilizado o método: Percentual de Intensidade de Fournier (FOURNIER, 1974), adaptado por Torezan-Silingardi & Oliveira (2004), no qual as fenofases foram categorizadas em: 0 (ausência da fenofase), 1 (fenofase ocorrendo de 1% a 25% dos ramos), 2 (de 26% a 75% dos ramos) e 3 (de 76% à 100% dos ramos), valores esses obtidos em cada ida ao campo. A média mensal foi obtida somando os valores de todos os indivíduos, dividindo pelo valor máximo que poderia ser obtido (número de indivíduos x 3), e então multiplicado por 100 para obter o percentual. A coleta de dados começou em novembro de 2016, para se estabelecer uma familiaridade com o processo e com a espécie, garantindo a confiabilidade dos dados, dessa forma os dois primeiros meses não foram utilizados nas análises.

2.4 Visitantes Florais

A observação dos visitantes florais foi feita a partir de novembro/2017, assim que a maioria das plantas observadas começou a exibir flores, sendo encerradas no final de

janeiro/2018. Foram feitas duas observações semanais, compreendendo o período da manhã (7h – 11h) e da tarde (11h – 18h), além de quatro observações noturnas (19h – 01h) e duas no período matutino (5h as 7h), somando um total de 160 horas de observação. Foram observados 20 indivíduos (10 no campo sujo e 10 no cerrado *sensu stricto*) de *M. serrulata*, durante um período de 10 minutos cada (adaptado de NASCIMENTO & DEL-CLARO, 2007; FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013). As observações eram feitas primeiro nas flores de plantas do cerrado e depois do campo sujo. O comportamento dos visitantes foi observado para classificá-lo como polinizador ou pilhador. Os visitantes foram coletados e posteriormente identificados no laboratório utilizando uma lupa estereoscópica. Consideramos visitantes florais todos os indivíduos que tiveram algum contato com as inflorescências.

2.5 Biologia Floral

Coletamos 30 inflorescências, cada uma formada em uma planta diferente, para a contagem das flores masculinas e femininas e assim estimar a média do número de flores por inflorescência. Para avaliar a relação pólen/óvulo (CRUDEN, 1977) dez flores femininas, cada uma oriunda de um indivíduo diferente, foram levadas ao Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações onde foi realizada a contagem dos óvulos. A estimativa da quantidade de grãos de pólen por flor foi feita a partir da contagem dos grãos de uma antera e sua multiplicação pelo número de anteras na flor. Cada antera foi esmagada numa lâmina, corada com Carmin-Acético e os grãos foram contados por varredura.

2.6 Testes de Polinização

Os testes de polinização contabilizaram a frutificação obtida a partir de: (1) autopolinização espontânea, (2) polinização natural (ALMEIDA-SOARES, *et al.* 2010) e (3) teste de exclusão com resina (Tanglefoot) (GOMEZ & ZAMORA, 1992). Para realizar os

testes de polinização natural foram marcados com linha de algodão 30 botões florais femininos, sendo dois em cada indivíduo. Para avaliar a autopolinização espontânea, foram marcados 30 botões florais femininos, também dois por indivíduo, que foram ensacados isolados com tecido Voal os prevenindo da possível visita de qualquer visitante floral. Já para os testes com resina foram marcados dois botões florais por planta, em 15 indivíduos isolados de *M. serrulta*. Num raio de 50 cm ao redor destes indivíduos a serapilheira foi limpa com uma pá e outras plantas foram retiradas ou tiveram seus galhos podados, de maneira a manter completamente isolado o indivíduo escolhido. Foi aplicado a resina no caule logo abaixo do primeiro galho, com o objetivo de manter as formigas e outros insetos ápteros isolados da planta. A resina foi conferida duas vezes por semana e reaplicada quando necessário. Os botões florais foram mantidos expostos para possíveis visitantes voadores. Os testes de autopolinização manual e polinização cruzada manual (habituais nesse tipo de estudo) não foram executados devido ao tamanho diminuto das flores (pistilada = 1 mm, estaminada = 0,5 mm) que impediu a manipulação em campo. As flores que brotaram após a marcação dos ramos, uma vez que estavam submetidas aos mesmos tratamentos, foram contabilizadas no resultado final, aumentando o N inicial. Depois de coletados os resultados dos testes de polinização, os frutos formados foram contados e levados para o laboratório para a contagem das sementes e verificação de herbivoria interna.

2.7 Assimetria Flutuante

Para testar a Assimetria Flutuante (AF) foram marcados 30 novos indivíduos no campo sujo (elevada intensidade luminosa) e 30 no cerrado *sensu stricto* (baixa intensidade luminosa). Quinze folhas de cada indivíduo foram escaneadas para medir os lado direito (Ld) e lado Esquerdo (Le) e a Área foliar utilizando o programa ImageJ (ALVES-SILVA, 2012), totalizando 900 folhas. Cem folhas foram medidas uma segunda vez para comparar os valores obtidos e garantir a precisão dos dados (PALMER, 1994).

2.8 Análise de dados

Para a fenologia fizemos uma análise estatística circular para cada fenofase de cada população de *M. serrulata* (campo sujo e cerrado), onde os meses foram convertidos em ângulos de 30° (Janeiro=0°; Dezembro=330°) (VILELA, *et al.* 2014). A data média das fenofases é obtida pela conversão da direção angular média em sua data correspondente (STAGGEMEIER & MORELLATO, 2011). As análises foram feitas utilizando o programa Oriana 4.0. Para avaliar a quantidade de plantas secas nos dois ambientes, nós usamos Testes Qui-Quadrado, para comparar os grupos das duas fitofisionomias nas estações seca e chuvosa.

Nas análises de AF, utilizamos uma correlação linear (HÓDAR, 2002) nas comparações entre as medidas iniciais e as novas medidas para avaliar a confiabilidade. Para verificar a possível ocorrência de Assimetria Direcional (AD) utilizamos um teste não paramétrico de Wilcoxon, entre as medidas do *Ld* e *Le*. Para verificar a possível ocorrência de Antissimetria (AS) utilizamos uma análise gráfica (histograma) entre *Ld-Le*, seguido de um teste de normalidade (Liliefors). Descartada a ocorrência de AD e AS, foi confirmada a AF. Assim, analisamos a relação entre as medidas do módulo da diferença entre os lados ($|Ld-Le|$) das folhas com a área foliar, usando uma regressão linear (PALMER, 1994) para verificar se existe dependência uma da outra. Para comparar a AF entre os indivíduos do campo sujo com os do cerrado *sensu stricto*, usamos um Teste-*t* de Student. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software Systat 13.

3. Resultados

3.1 Fenologia

Ao avaliar as populações de *M. serrulata* em dois ambientes distintos nós encontramos diferenças na fenologia. A *brotação foliar* e a presença de *folhas em expansão*, na população do campo sujo foi mais intensa nos meses de janeiro e fevereiro, enquanto na população do cerrado a intensidade foi maior nos meses de outubro a dezembro, além de apresentar dois picos de intensidade na *brotação foliar* em maio e novembro. Já a presença de *folhas maduras* se mantém ao longo do ano na população do cerrado (com uma pequena queda na intensidade entre junho a setembro, época de seca), enquanto a população do campo sujo perde suas folhas na época seca. A *senescência foliar* ocorre gradualmente ao longo do ano nas duas populações, não apresentando um caráter sazonal (Figura 2). Com relação à *fenologia reprodutiva* (Figura 3), observamos uma antecipação do ciclo reprodutivo nos indivíduos da população do cerrado, onde o surgimento dos botões florais e flores começa no início de outubro com o pico de atividade entre novembro e dezembro, enquanto no campo sujo isso ocorre no fim de outubro com pico de atividade em janeiro.

Muitos indivíduos de *M. serrulata* secam ao longo do ano e alguns não voltam a rebrotar (Figura 1), sendo este evento mais intenso na população do campo sujo. Comparamos o número de indivíduos secos (sem a presença de *folhas maduras, em expansão* ou *brotação foliar*) no fim da estação seca (setembro) e meio da estação chuvosa (dezembro). Nossos resultados mostraram que a população do campo sujo apresenta um maior número de indivíduos secos do que a população do cerrado (Figuras 4, 5 e 6).

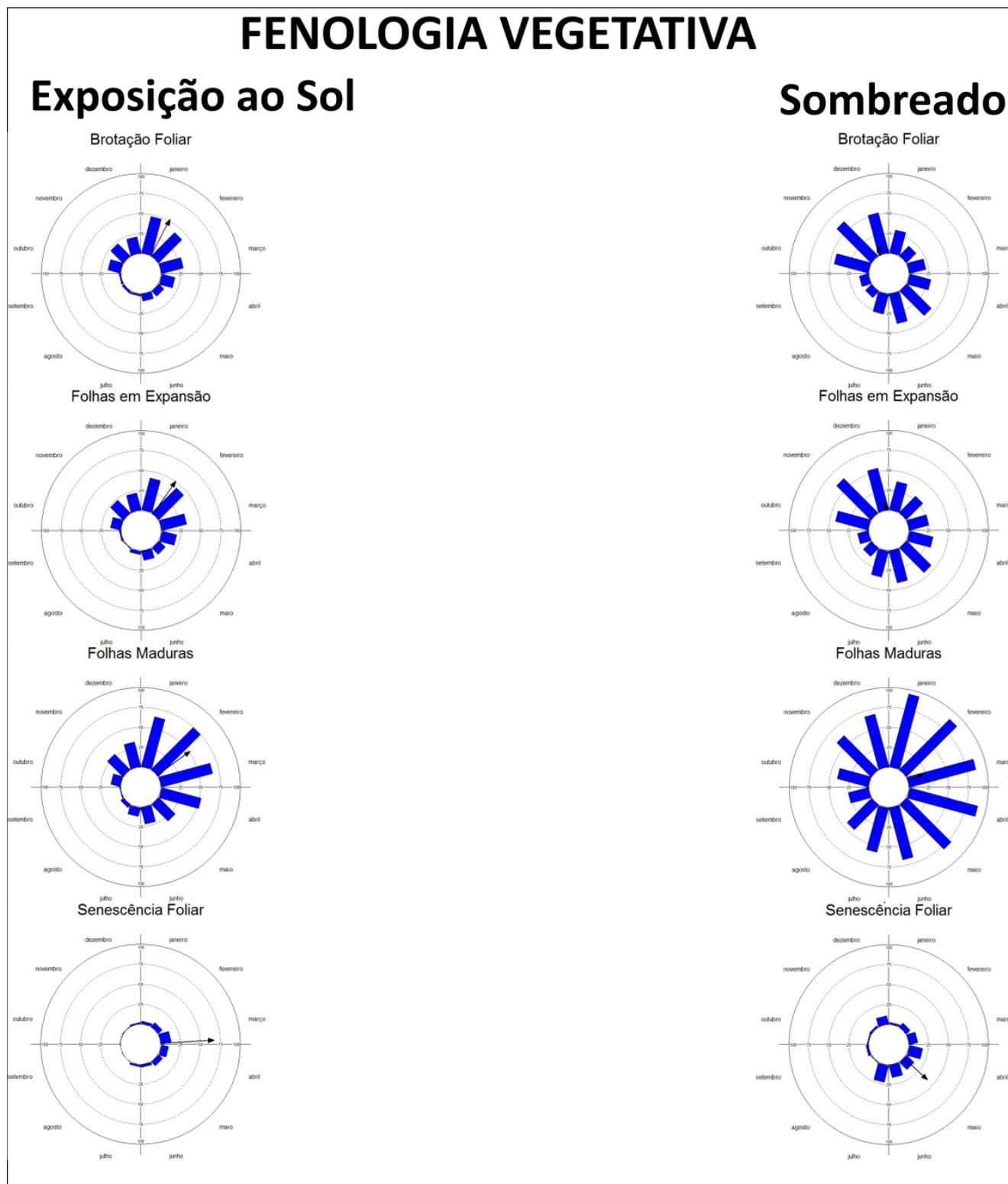


Figura 2 – Comparação da fenologia vegetativa, entre campo sujo (exposição ao Sol) e cerrado (sombreado).

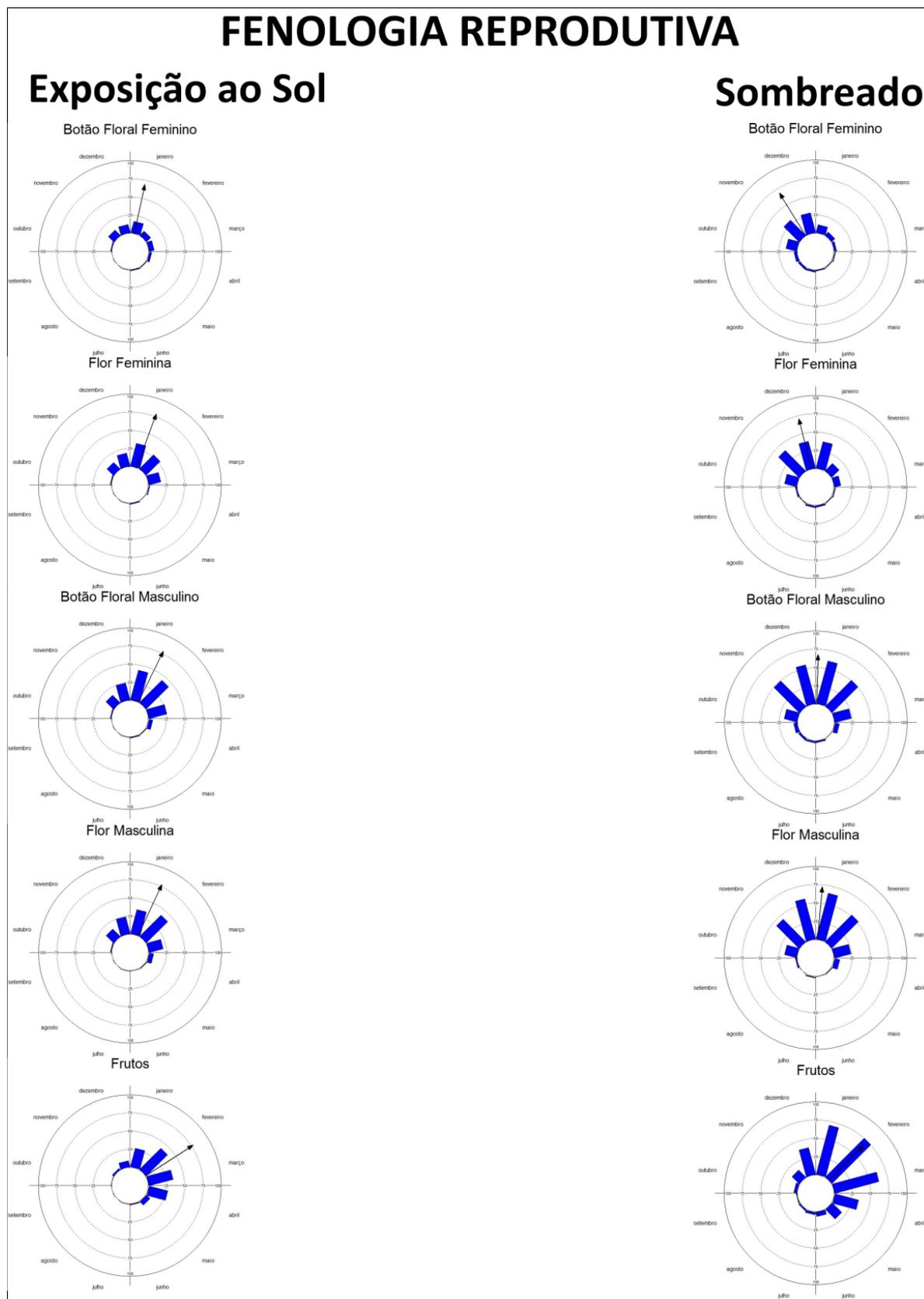


Figura 3 – Comparação da fenologia reprodutiva, entre campo sujo (exposição ao Sol) e cerrado (sombreado).

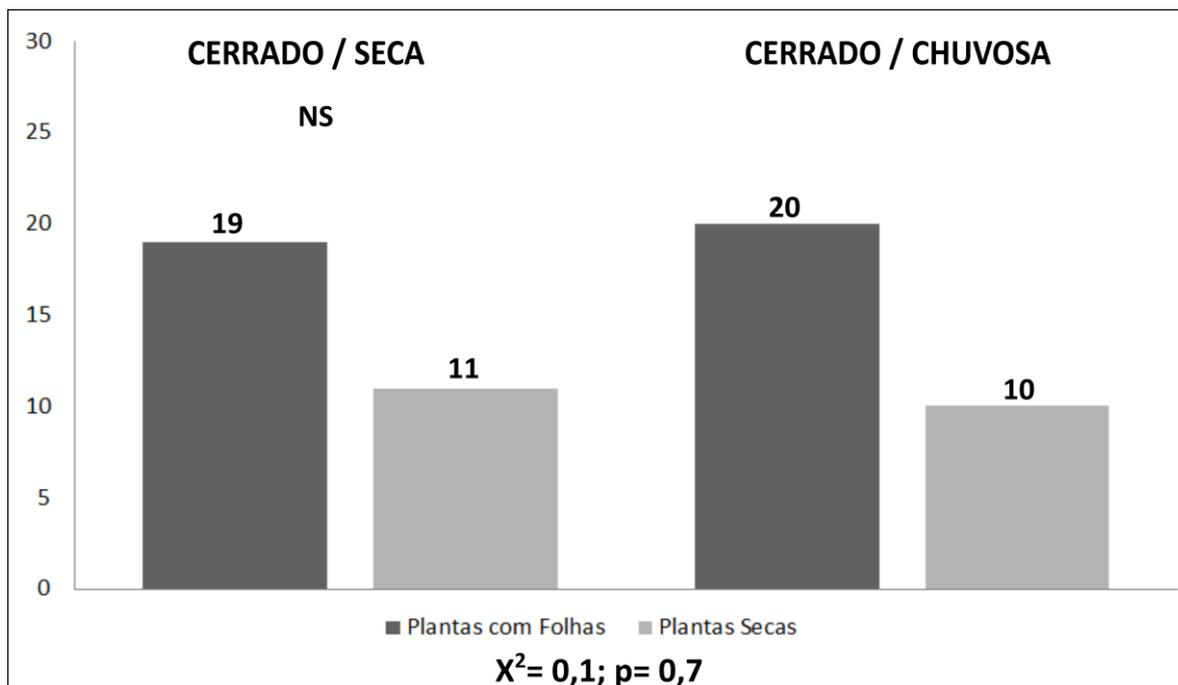


Figura 4 – Comparação entre as populações do cerrado (sombreadas), na estação seca e chuvosa, mostrando que não existe diferença significativa entre a quantidade de plantas com folhas e plantas secas.

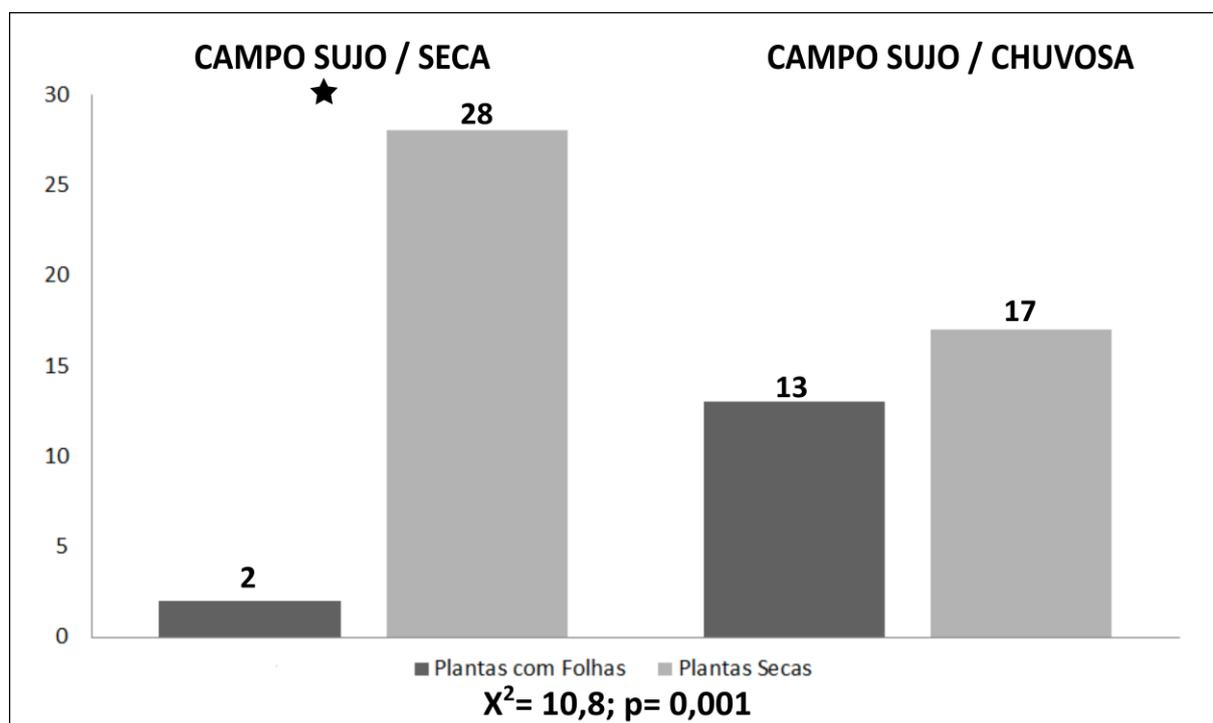


Figura 5 – Comparação entre as populações do campo sujo (expostas ao Sol), na estação seca e chuvosa, mostrando uma diferença significativa entre as plantas com folhas e plantas secas.

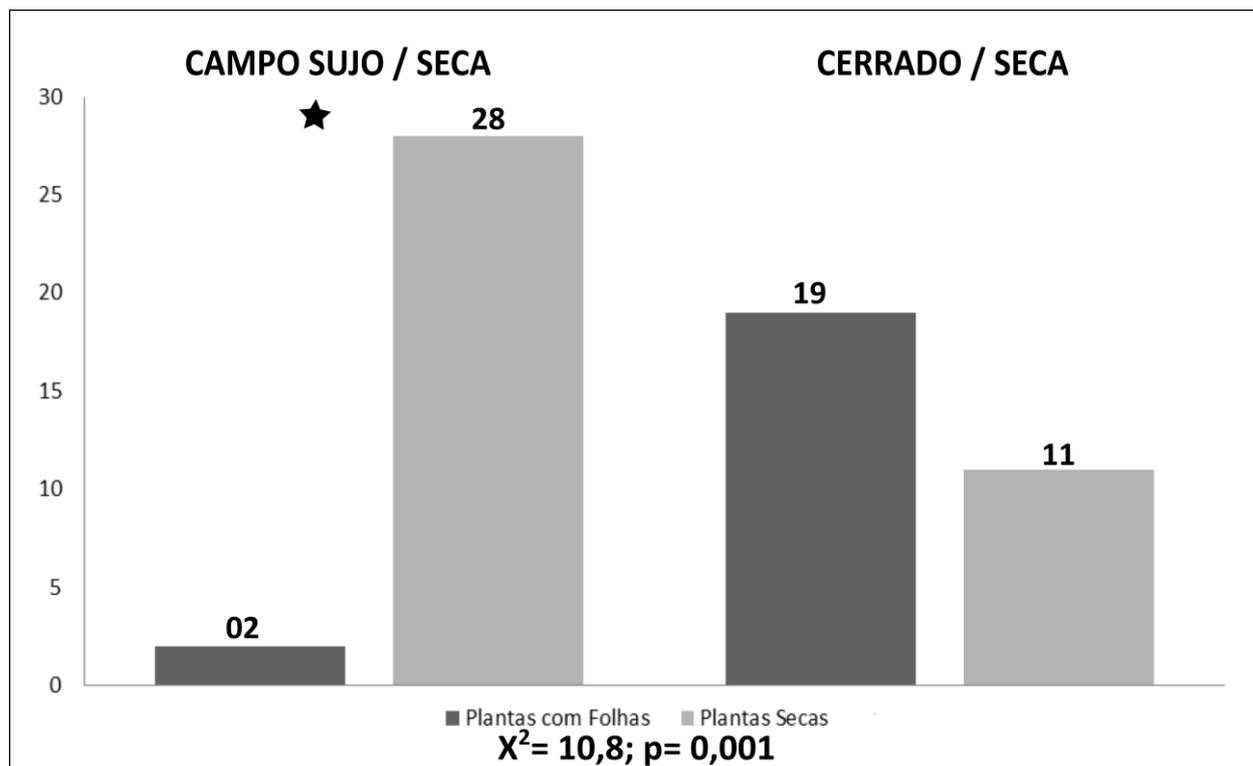


Figura 6 – Comparação entre as populações do campo sujo e do cerrado, na estação seca, mostrando uma diferença significativa entre plantas com folhas e plantas secas.

Comparando a presença de plantas secas na população do cerrado no fim da estação seca (fim de setembro) e no auge da estação chuvosa (fim de dezembro) vimos que apenas uma planta rebrotou depois das chuvas (Figura 4). Já comparando da mesma forma a população do campo sujo, vimos que 11 plantas rebrotaram, uma diferença significativa entre as duas estações (figura 5). Por fim, comparamos as populações do cerrado (grupo controle) com a do campo sujo no fim da estação seca, mostrando uma diferença significativa na quantidade de plantas secas (figura 6).

3.2 Visitantes Florais

Microstachys serrulata é visitada por insetos diminutos das ordens Hymenoptera (45,2%), Hemiptera (19,1%), Coleoptera (11,5%), Diptera (14,6%), Thysanoptera (3,9%), Orthoptera (3,2%), Mantodea (1,9%) e Blattodea (0,6%). Apesar da diversidade de espécies visitantes, os eventos de visitação foram escassos e esporádicos ao longo das observações.

Dos himenópteros, 85,9% dos visitantes são pertencentes à família Formicidae, o que reforçou nossa hipótese da possível polinização por formigas, os outros representantes são pequenos insetos voadores. Dentro dos hemípteros os visitantes mais abundantes foram heterópteros de vida livre, mas também foram encontrados hemípteros fora das inflorescências com relação trofobionte com formigas. Entre os coleópteros se destacam os besouros saltadores da família Chrisomelidae, que compreenderam 55,6% dos registros. Além dos animais coletados, vários exemplares diminutos provavelmente representantes das ordens Hymenoptera ou Diptera foram avistados visitando as inflorescências. Os animais foram identificados em laboratório utilizando uma lupa, no entanto não foi confirmada a presença de pólen em nenhum dos indivíduos, apenas pequenas partículas suspeitas que podem ou não ser pólen.

3.4 Biologia Floral

Os indivíduos de *M. serrulata* apresentam inflorescências axilares com flores unissexuadas, com apenas uma flor feminina e uma média de 20,57 flores masculinas por inflorescência (Figura 7). A flor pistilada apresenta três superfícies estigmáticas, cada uma ligada a seu estilete. O ovário é único e apresenta 3 lóculos, com um óvulo único por lóculo. As flores masculinas apresentam três estames livres, com filete e antera. Cada antera e tem uma média de 80,6 ($X = 80,6; \pm 8,3; N=10$) grãos de pólen, que resulta numa média de 241,8 grãos de pólen por flor.

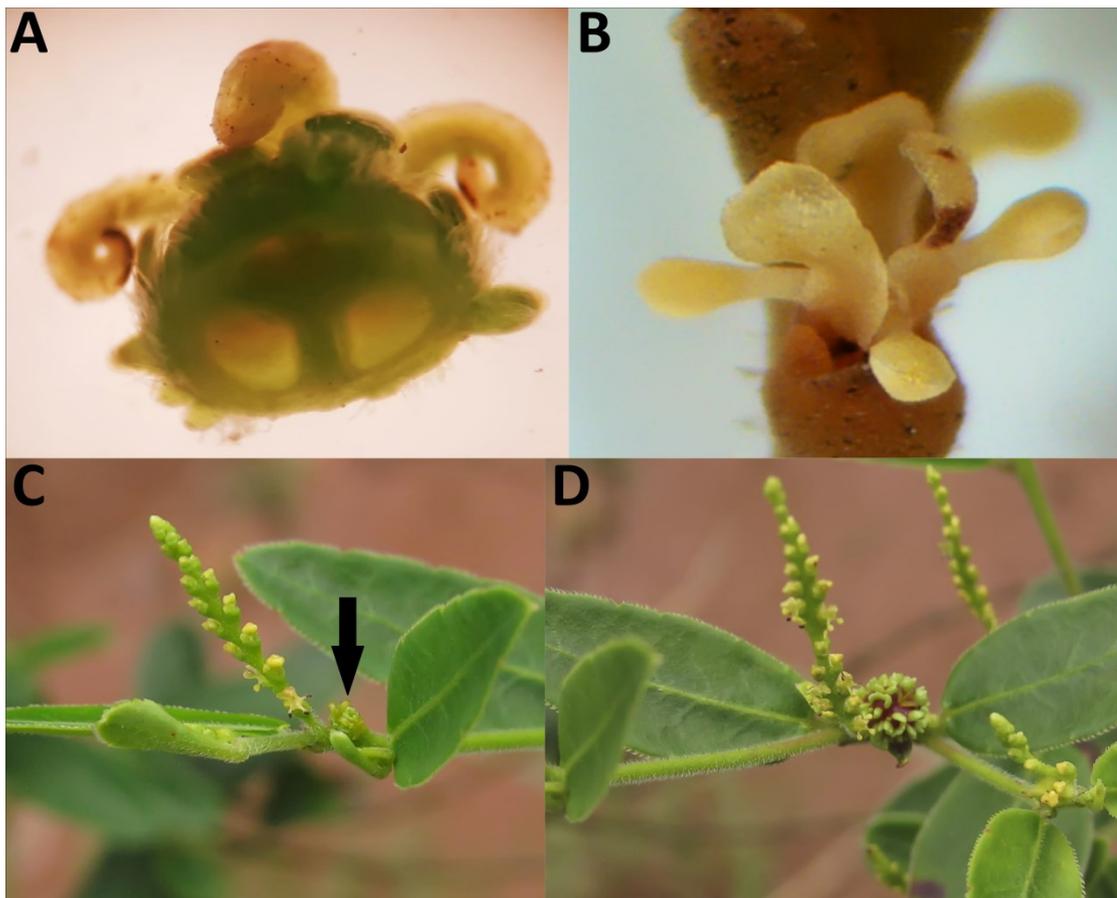


Figura 7 – A) Flor feminina em corte transversal evidenciando os 3 lóculos do ovário. B) Flor masculina com as anteras expostas. C) e D) Flor feminina (seta) e fruto na base da inflorescência.

3.6 Testes de Polinização

Os testes de polinização mostraram que *M. serrulata* é autocompatível, capaz de produzir frutos por autopolinização espontânea, embora apresente um sucesso reprodutivo maior através da polinização natural. O teste de polinização feito em indivíduos isolados com resina mostrou uma taxa de frutificação alta (próxima da polinização natural) e uma menor taxa de produção de sementes por fruto (Tabela 1). A contagem de sementes por fruto mostrou valores semelhantes para os três tratamentos (Figura 8).

Tabela 01 – Testes de Polinização

Tratamento	Flores	Frutos	% Frutificação	Sementes formadas (Frutos)
Polinização Natural	88	56	63,6%	136 (56)
Autopolinização espontânea	83	14	16,9%	22 (9)
Isolamento com resina	87	46	52,9%	56 (27)

Para os sistemas de autopolinização espontânea e polinização natural, os frutos de *M. serrulata*, produzem 3 sementes na maioria das vezes, raramente produzindo apenas uma semente (Figura 6), apenas dois frutos foram encontrados sem nenhuma semente bem desenvolvida e com pelo menos uma semente atrofiada. Para os testes utilizando resina, a maioria dos frutos apresentava apenas duas sementes. Não foi constatada herbivoria interna nos frutos.

Durante o processo de triagem dos 92 frutos, foi observada a explosão de pelo menos 17 frutos, evento observado apenas duas vezes *in vivo*, indicando que *M. serrulata* tem frutos com deiscência explosiva.

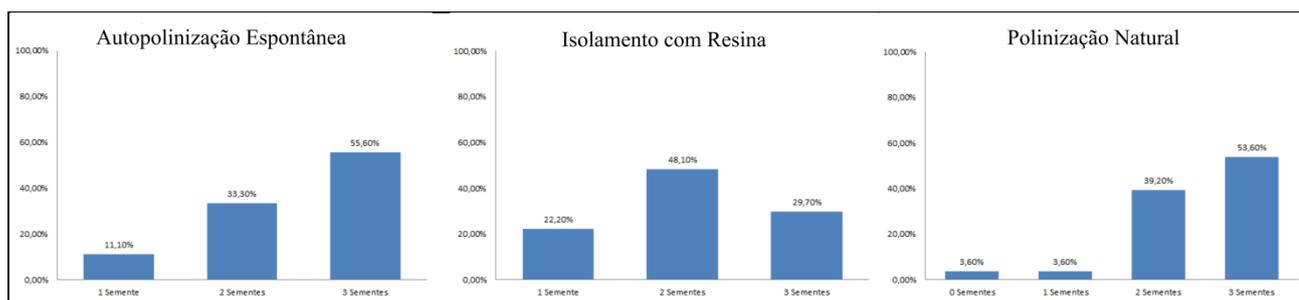


Figura 8 – Produção de sementes por frutos, sob diferentes testes de polinização.

3.2 Assimetria Flutuante

A dupla medição das folhas mostrou valores semelhantes ($r > 0,99$), o que mostra que as medidas iniciais foram realizadas com alta precisão. Não foram encontradas assimetria

direcional ($p > 0,130$) e assimetria (distribuição mesocúrtica; $p = 0,107$), portanto nossos dados constataram a presença de AF. Por fim, houve relação entre as medidas dos lados direito e esquerdo ($|Ld-Le|$) com a área foliar ($p < 0,001$), dessa forma, para verificar a AF, utilizamos um índice capaz de corrigir essa dependência (PALMER, 1994):

$$AF = \frac{\sum \left[\frac{|Ld - Le|}{(Ld + Le)/2} \right]}{n}$$

Apesar dos indivíduos de *M. serrulata* no cerrado apresentarem menores níveis de AF comparadas com os indivíduos no campo sujo, nossos resultados não mostraram uma diferença significativa ($t_{58} = 0,573$; $p = 0,569$).

4. Discussão

Observamos diferença na fenologia da *M. serrulata* comparando a população nos dois ambientes. As plantas localizadas no cerrado mantêm suas folhas ao longo do ano, enquanto as plantas expostas constantemente ao sol do campo sujo secam na estação seca. Por conta disso, esperávamos encontrar um maior nível de AF na população do campo sujo, contudo esta hipótese foi refutada, mas a maior mortalidade de plantas no campo sujo mostra que a exposição solar direta e o estresse hídrico são fatores de impacto negativo para essas populações. Apesar de não ter sido encontrado um polinizador em potencial para a *M. serrulata* vimos que as formigas são os visitantes mais abundantes, mas as flores também são visitadas por muitos insetos alados de pequeno porte, dessa forma conseguimos delinear quem são os principais visitantes.

Alguns autores não consideram a AF como um bom medidor de estresse ambiental, ou consideram que ele não se aplica a todas as espécies (ISHINO 2012, SANDNER & MATTHIES 2017). No entanto a AF é um método bastante utilizado, não só para plantas mas para diversos seres vivos (MOURA *et al.* 2017, SANSEVIRINO & NESSIMIAN, 2008). A possível causa de não termos observado a diferença na AF, é que o estresse é tão massivo no campo sujo, que leva à uma caducifolia extrema, que ocorre antes que variações na AF se manifestem.

Uma vez não comprovado a AF provocada pela incidência da luz do Sol, é provável que a diferença na fenologia entre as duas populações se dê pela diferença da umidade nas duas populações. A sombra propiciada pelas árvores do cerrado contribui para a manutenção do microclima, diferente do que ocorre nas plantas crescidas no sol pleno onde a seca e os ventos aliados à alta temperatura, aumentam a taxa de evapotranspiração e o déficit hídrico estimula a queda das folhas (TAIZ & ZEIGER, *et al.* 2009).

Houve um aumento abrupto e isolado da pluviosidade no final de maio (Figura 9) e isso explicaria o pico na *brotação foliar* em maio e junho (Figura 1) nas plantas do cerrado, porém, ele não foi intenso o bastante para afetar a população no campo sujo. A diferença entre a antecipação da floração nas plantas do cerrado em relação às plantas do campo sujo pode ser relacionada com a chegada da estação chuvosa. No cerrado, onde as plantas mantêm as folhas, o surgimento das flores ocorre já com as primeiras chuvas, enquanto no campo sujo com sol pleno a maioria das plantas está seca (Figura 5) e primeiro rebrotam para só depois produzir flores. Reich e Borchert (1984) mostram que existe uma intrínseca relação entre a perda de água e a reidratação das plantas, que pode afetar eventos fenológicos como a caducifolia, brotação e surgimento de flores. Onze plantas que se encontravam secas no campo sujo rebrotaram após as chuvas e apenas uma no cerrado (onde a maioria se manteve com folhas), mostrando que o déficit por água é maior no campo sujo.

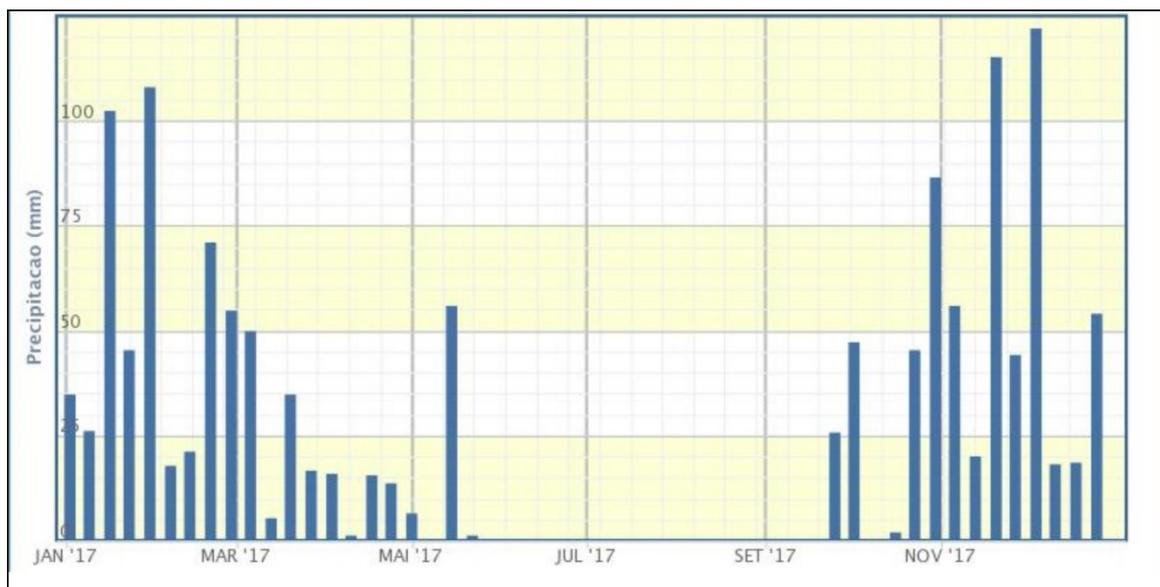


Figura 9 – Pluviosidade 2017 (Dados do INMET)

A maior taxa de produção de frutos por polinização natural em relação a autopolinização espontânea, indica que a presença de um visitante deve ser responsável pela eficiência da reprodução dessa espécie. No entanto, uma grande variedade de visitantes foi coletada e não foi encontrada uma quantidade significativa de pólen nos indivíduos. Isso pode implicar: ou que o polinizador ideal não foi encontrado (podendo ser pequeno demais para a metodologia de coleta ativa) ou que o pólen por ser pequeno demais é difícil de ser observado mesmo com a utilização do microscópio estereoscópico.

Apesar de serem proporcionalmente os visitantes mais abundantes (principalmente a espécie *Camponotus crassus*), não foram encontrados grãos de pólen nas formigas, além disso os testes com resina mostram uma taxa de frutificação semelhante a da polinização natural, o que sugere que as formigas não são o polinizador ideal. Por outro lado, a exclusão das formigas indica uma queda na produção de frutos e uma quantidade de sementes por fruto ligeiramente menor (Figura 8), mostrando que a ausência das formigas implica no sucesso reprodutivo.

A *M. serrulata* também conseguiu formar frutos em flores isoladas de visitantes, embora numa taxa bem menor que as flores expostas. A relação pólen/óvulo é em torno de 80,6 (241,8/3) o que de acordo com CRUDEN (1977) caracteriza a espécie como Autogama Facultativa, o que justificaria a ocorrência da formação de frutos mesmo sem a presença de polinizadores. A ocorrência de Apomixia não foi descartada, mas não pôde ser avaliada em campo, uma vez que é difícil separar as flores masculinas das femininas sem destruir a inflorescência.

5. Conclusão

M. serrulata é um arbusto encontrado em diferentes fitofisionomias do Cerrado, e que apresenta variações na fenologia entre as populações respondendo ao déficit hídrico e exposição solar, mostrando uma plasticidade da espécie para se adaptar ao ambiente.

Mesmo numa taxa baixa, a espécie é capaz de produzir frutos sem polinizadores, podendo portanto ser usada para a regeneração do extrato herbáceo/subarbustivo de áreas em processo de recuperação, no entanto a presença dos visitantes florais aumentam a frutificação. Seus visitantes florais são insetos de pequeno porte alados ou ápteros, onde as formigas são as mais abundantes.

6. Referências

ALMEIDA-SOARES, S.; POLATTO, L. P.; DUTRA, J. C. S.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Pollination of *Adenocalymma bracteatum* (Bignoniaceae): Floral Biology and Visitors. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 06, p. 941-948. 2010.

ALVES-SILVA, E. The influence of *Ditylenchus* (Nematoda) galls and shade on the fluctuating asymmetry of *Miconia fallax* (Melastomataceae). **Ecologia Austral**, v.22, p. 53-61. 2012.

- ARAÚJO, G. M.; BARBOSA, A. A. A.; ARANTES, A. A.; AMARAL, A. F. Composição florística de veredas do Município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 04, p. 475-493. 2002.
- ARRUDA, R.; CARVALHO, L. N.; DEL-CLARO, K. Host specificity of a brazilian mistletoe, *Struthanthus* aff. *Polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna. **Flora**, v. 201, p. 127-134. 2006.
- BACHTOLD, A.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K. Influence, or the lack thereof, of host phenology, architecture and climate on the occurrence of *Udranomia spitzi* (Hesperiidae: Lepidoptera). **Entomological Science**, v. 17, p. 66-74. 2013.
- CARDOSO, Grace L.; LOMÔNACO, Cecília. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-vereda. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n. 01, p. 131-140. 2003.
- CLELAND, E. E.; CHUINE, I.; MENZEL, A.; MOONEY, H.A.; SCHWARTZ, M. D. Shifting plant phenology in response to global change. **TRENDS in Ecology Evolution**, v. 22, p. 357-365. 2007.
- COSMO, N. L.; NOGUEIRA, A. C.; LIMA, J. G.; KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia de fruto, semente e plântula de *Sebastiania commersoniana*, Euphorbiaceae. **Floresta**, v. 40, n. 02, p. 419- 428. 2010.
- CRUDEN, R. W. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, v. 31, p. 32-46. 1977.
- ESSER, H. J. The tribe Hippomaneae (Euphorbiaceae) in Brazil. *Rodriguésia*, v. 63, n.01, p. 209-225. 2012.
- FERREIRA, C. A.; TOREZAN-SILINGARDI, M. Fenologia, morfologia floral e visitantes florais de duas espécies do gênero *Banisteriopsis* (Malpighiaceae) em uma reserva de Cerrado. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2013.
- FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, v. 24, p. 422-423. 1974.
- GOMEZ, J. M.; ZAMORA, R. Pollination by ants: consequences of the quantitative effects on a mutualistic system. **Oecologia**, n. 91, p. 410-418. 1992.
- HICKMAN, J. C. Pollination by Ants: A Low-Energy System. *Science*, v.184, p. 1290-1292. 1974.
- HÓDAR, J. A. Leaf fluctuating asymmetry of Holm oak in response to drought under contrasting climatic conditions. **Journal of Arid Environments**, v. 52, p. 233-243, 2002.
- HU, D.; DILCHER, D. L.; JARZEN, D. M.; TAYLOR, D. W. Early steps of angiosperm-pollinator coevolution. **PNAS**, v. 105, n. 01, p. 240-245. 2008.

- IBARRA-ISASSI, J.; SENDOYA, S. F. Ants as floral visitors of *Blutaparon portulacoides* (A. St-Hill) Mears (Amaranthaceae): an ant pollination system in the Atlantic Rainforest. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 10, n. 03, p. 221-227. 2016.
- ISHINO, M. N.; DE SIBIO, P. R.; ROSSI, M. N. Edge effect and phenology in *Erythroxylum tortuosum* (Erythroxylaceae), a typical plant of the Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 03, p. 587-594, 2012.
- JAN, A. T.; SINGHAL, P.; MOHD, R. H. Plant abiotic stress: deciphering remedial strategies for emerging problem. **Journal of Plant Interactions**, v. 08, n. 2, p. 97-108. 2013.
- JUNIOR, B. H. M.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre o solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 04, p. 913-926. 2005.
- MARKESTEIJN, L.; POORTER, L.; BONGERS, F. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. **American Journal of Botany**, v. 94, p. 515-525. 2007.
- MARTINS, F. Q.; BATALHA, M. A. Pollination systems and floral traits in Cerrado woody species of the upper Taquari region (Central Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n.02, p. 543-552. 2006.
- MOURA, R. F.; ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. Patterns of growth, development and herbivory of *Palicourea rigida* are affected more by sun/shade conditions than by Cerrado phytophysiology. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 02. 2017.
- MUSOLIN, D. L. Insects in a warmer world: ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change. **Global Change Biology**, v. 13, p. 1565-1585. 2007.
- NASCIMENTO, E. A.; DEL-CLARO, K. Floral Visitors of *Chamaecrista debilis* (Vogel) Irwin & Barneby (Fabaceae – Caesalpinioideae) at Cerrado of Estação Ecológica de Jataí, São Paulo State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 04. 2007.
- NIELSEN, A. L.; CHEN, S.; FLEISCHER, S. J. Coupling developmental physiology, photoperiod and temperature to model phenology and dynamics of an invasive heteropteran, *Halyomorpha halys*. **Frontiers in Physiology**, v.7, n. 165. 2016.
- OLIVEIRA-FILHO, A.; RATTER, J. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. Columbia University Press, p. 91-120. 2002.
- PALMER, A. Fluctuating asymmetry analyses: A primer. In MARKOW, T. A. (Ed.). **Developmental Instability: It's Origins and Evolutionary Implications**. Dordrecht, Netherlands, p. 335-364, 1994.

- PEAKALL, R. The unique pollination of *Leporella fimbriata* (Orchidaceae): pollination by pseudocopulating male ants (*Myrmecia urens*, Formicidae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 167, p. 137-148. 1989.
- PSCHEIDT, A. C. O gênero *Microstachys* A. Juss. e a tribo Hippomaneae (Euphorbiaceae). Tese (Doutorado em biodiversidade vegetal e meio ambiente) – Instituto de Botânica da Secretária do Meio Ambiente, São Paulo. 2015.
- PSCHEIDT, A. C.; CORDEIRO, I. Sinopse da tribo Hippomaneae (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v.39, p. 347-368. 2012
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro, 8º Ed. 2014.
- REICH, P. B.; BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.72, p. 61-74. 1984
- SANDNER, T. M.; MATTHIES, D. Fluctuating asymmetry of leaves is a poor indicator of environmental stress and genetic stress by inbreeding in *Silene vulgaris*. **Ecological Indicators**, v. 79, p. 247-253, 2017.
- SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. Assimetria flutuante em organismos aquáticos e sua aplicação para avaliação de impactos ambientais. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 03, p. 382-405. 2008.
- SOUZA, S. M. A. Estudos morfológicos e filogenéticos de *Sebastiania* Spreng. (Hippomaneae, Euphorbiaceae). 2011. 122 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Rural de Pernambuco, Recife-PE. 2011.
- STAGGEMEIER, V. G.; MORELLATO, L. P. C. Reproductive phenology of coastal plain Atlantic forest vegetation: comparisons from seashore to foothills. **International Journal of Biometeorology**, v.55, p. 843-854. 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre, 4º Ed, 2009.
- TANNUS, J. L. S.; ASSIS, M. A. Composições de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina-SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n.03, p. 489-506. 2004.
- TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Phenology and Reproductive Ecology of *Myrcia rostrata* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in Central Brazil. **Phyton**, v. 44, fasc. 01, p. 23-43, 2004.
- TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Flores e animais: uma introdução à história natural da polinização. In: DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. (Eds.). Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva. Technical Books, Rio de Janeiro, p. 111-142. 2012.
- VENÂNCIO, H.; ALVES-SILVA, E.; SANTOS, J. C. On the relationship between fluctuating asymmetry, sunlight exposure, leaf damage and flower

set in *Miconia fallax* (Melastomataceae). **Tropical Ecology**, v. 57, p. 419-427. 2016.

VILELA, A. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; DEL-CLARO, K. Conditional outcomes in ant-plant-herbivore interactions influenced by sequential flowering. **Flora**, v.209, n. 7, p. 359-366. 2014.

YANG, F.; FENG, L.; LIU, Q.; WU, X.; FAN, Y.; RAZA, M. A.; CHENG, Y.; CHEN, J.; WANG, X.; YONG, T.; LIU, W.; LIU, J.; DU, J.; SHU, K.; YANG, W. Effect of interactions between light intensity and red-to-far-red ratio on the photosynthesis of soybean leaves under shade condition. **Environmental and Experimental Botany**. v. 150, p.79-87. 2018.