

**Universidade Federal de Uberlândia  
Instituto de Biologia**

**FENOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE *Pavonia malacophylla*  
(LINK & OTTO) GARCKE (MALVACEAE) CONDICIONADA  
PELO AMBIENTE EM ÁREA DE RESERVA ECOLÓGICA EM  
MINAS GERAIS, BRASIL**

Cesar Henrique Rodrigues

**2020**

Cesar Henrique Rodrigues

**FENOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE *Pavonia malacophylla*  
(LINK & OTTO) GARCKE (MALVACEAE) CONDICIONADA  
PELO AMBIENTE EM ÁREA DE RESERVA ECOLÓGICA EM  
MINAS GERAIS, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências para  
obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Helena Maura Torezan-Silingardi

Uberlândia  
Julho-2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da  
UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

R696 Rodrigues, Cesar Henrique, 1987-  
2020 Fenologia e desenvolvimento de Pavonia Malacophylla (Link & Otto) Garcke (malvaceae) condicionada pelo ambiente em área de reserva ecológica em Minas Gerais, Brasil [recurso eletrônico] / Cesar Henrique Rodrigues. - 2020.

Orientadora: Helena Maura Torezan-Silingardi.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Pós-graduação em Biologia Vegetal.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.493>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Botânica. I. Torezan-Silingardi, Helena Maura ,1968-,  
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação  
em Biologia Vegetal. III. Título.

CDU: 581

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o  
AACR2: Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal  
 Rua Ceará s/n, Bloco 2D, Sala 19A - Bairro Umuarama, Uberlândia-MG, CEP 38405-320  
 Telefone: (34) 3225-8640 - www.ppgbv.ib.ufu.br - bioveg@inbio.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Biologia Vegetal				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico nº 71 / PPGBV				
Data:	dezesesseis de julho de dois mil e vinte	Hora de início:	09:00	Hora de encerramento:	12:22
Matrícula do Discente:	11812BVE003				
Nome do Discente:	César Henrique Rodrigues				
Título do Trabalho:	Fenologia e desenvolvimento de <i>Pavonia malacophylla</i> (Link & Otto) Garcke (Malvaceae) condicionada pelo ambiente em área de reserva ecológica em Minas Gerais, Brasil				
Área de concentração:	Biologia Vegetal				
Linha de pesquisa:	Processos em Biologia Vegetal				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Ecologia comportamental e de interações no Cerrado				

Reuniu-se por na sala de defesas virtuais RNP/ConferênciaWeb - pelo link (<https://conferenciaweb.rnp.br/webconf/ppgbiologia-vegetalufu-defesas>.), a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, assim composta: Professores Doutores: [Eduardo Calixto Soares \(MBG-CSIC\)](#), [Rosana Romero \(INBIO/UFU\)](#) e [Helena Maura Torezan Silingardi \(INBIO/UFU\)](#) - orientadora da candidato.

Ressalta-se que os membros da banca estavam na cidade de [Uberlândia - MG](#) e o candidato na cidade de [Patrocínio - MG](#).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). [Helena Maura Torezan Silingardi](#), apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público a conferência Web, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de [Mestre](#).

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Helena Maura Torezan Silingardi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 16/07/2020, às 12:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Calixto Soares, Usuário Externo**, em 16/07/2020, às 12:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rosana Romero, Professor(a) do Magistério Superior**, em 16/07/2020, às 14:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2135091** e o código CRC **FE547ACB**.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha esposa, Luciana, que me apoiou desde o início e suportou todas as dificuldades durante as minhas ausências para que eu pudesse desenvolver esse mestrado.

Dedico às minhas filhas, Maria Alice e Ana Laura, que a cada sorriso, me devolviam as forças e o entusiasmo para continuar esse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me sustenta e me dá forças em todos os dias da minha vida, sobretudo nesses últimos dois anos de mestrado. Meu Senhor, sem teu olhar eu sou menos que o pó debaixo dos meus pés.

Agradeço a minha Mãe do Céu, Maria Santíssima, que sempre advoga por mim e por minha família. Obrigado minha Boa Mãe, por todas as vezes que a senhora intercedeu por mim durante as exaustivas viagens até Uberlândia, e principalmente pelas vezes que a Senhora me acordou em segurança quando, vencido pelo cansaço, eu dormi no volante.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia, ao Instituto de Biologia e ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal por todo apoio dado, seja através de sua infraestrutura, oportunidades acadêmicas por meio de minicursos e trabalhos de campo, ou através das solicitações prontamente atendidas.

Agradeço ao Centro Universitário do Cerrado de Patrocínio – UNICERP, que me concedeu acesso à reserva ecológica durante esses dois anos e dessa forma foi possível realizar esta pesquisa.

Agradeço a minha esposa Luciana, que nunca se opôs ao meu desejo de realizar um mestrado, mesmo sabendo que não seria fácil conciliar os estudos com nossa família e trabalho. Obrigado por todo amor e companheirismo durante todos esses treze anos juntos. Obrigado por ser essa esposa e mãe tão incrível e dedicada.

Agradeço a minha filha Maria Alice que sempre me entusiasmava e arrancava boas gargalhadas, em meio a tanto cansaço, com suas perguntas sobre o que eu estava fazendo no meio do mato, como eram minhas aulas em Uberlândia, o que era uma “pavonia” ou se eu teria uma barba longa e branca depois que eu me tornasse mestre.

Agradeço a minha filha Ana Laura que nasceu no decorrer deste projeto, e trouxe mais luz e alegria para nossa família e me fez experimentar uma ligação indescritível entre pai e filha.

Agradeço a minha orientadora, Dra. Helena Maura Torezan Silingardi, pela paciência, pela ajuda e pelos grandes ensinamentos científicos, mas principalmente por ser o maior exemplo de humildade que já conheci até hoje. Gestos como criar uma pasta com o nome da minha esposa e filhas e sempre perguntar por elas a cada encontro, email, mensagem ou ligação, ficarão para sempre em minha memória. Obrigado por ser firme quando foi necessário, obrigado por ouvir meu choro quando eu não conseguia mais enxergar uma solução para meu mestrado, obrigado por se preocupar tanto quando minha saúde estava frágil, obrigado por se preocupar com minhas viagens de volta para casa. Quantas vezes eu cheguei na UFU com o estômago doendo de fome, pois não havia tempo para almoçar e um pão de queijo me esperava na sala da orientação. Não há palavras suficientes para agradecer por tudo que a essa grande professora/pesquisadora fez por mim. Meus olhos estão marejados de emoção ao escrever este agradecimento. Muito obrigado.

Agradeço aos meus pais, Francisco e Conceição, que apesar de todas as dificuldades sempre foram o maior incentivo para que meus irmãos e eu nunca parássemos de estudar, e com muita luta e suor eles conseguiram formar dois biólogos e um dentista.

Agradeço imensamente ao meu querido professor da graduação, Mestre Claudomiro Aparecido da Silva, que gentilmente me apresentou as pavonias no campo e sempre se mostrou muito prestativo em todas as minhas necessidades, seja com informações de campo ou pelos equipamentos a mim emprestados. A ele toda minha admiração e profundo respeito.

Agradeço a minha inesquecível professora da graduação no UNIPAM, Dra. Priscila Capelari Orsolin, que é para mim a maior referência de professor fascinante. Suas aulas estão para sempre em minha memória. Mas além disso, seu exemplo e apoio me fez perceber que seria possível para mim realizar esta pós-graduação. Este mestrado não haveria acontecido se, em 2016, não tivéssemos tido uma longa conversa onde, esta grande professora, me fez acreditar que eu conseguiria.

Agradeço aos meus amigos Angélica Pereira e Renato Emanuel, que foram grandes incentivadores e sempre viram em mim mais do que eu mesmo enxergava. Obrigado por tantas dicas, conselhos valiosos e por dividir comigo a experiência de quem já vivenciou um mestrado e doutorado na UFU.



## ÍNDICE

<b>Introdução</b> .....	1
Objetivos .....	4
<b>Material e Métodos</b> .....	6
Área de estudo .....	6
Espécie estudada .....	7
Estudos fenológicos.....	9
Estudo da morfologia externa da parte aérea .....	9
Análises estatísticas.....	9
<b>Resultados</b> .....	11
Fenologia Vegetativa e Fenologia Reprodutiva .....	11
Morfologia externa da parte aérea.....	14
<b>Discussão</b> .....	16
<b>Conclusão</b> .....	26
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	27

## **FENOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE *Pavonia malacophylla* (LINK & OTTO) GARCKE (MALVACEAE) CONDICIONADA PELO AMBIENTE EM ÁREA DE RESERVA ECOLÓGICA EM MINAS GERAIS, BRASIL**

**RESUMO** - O desenvolvimento vegetal é limitado pela quantidade de luz solar disponível e é influenciado negativamente pela herbivoria. Plantas arbustivas, com potencial ornamental e invasivo podem ser utilizadas em áreas urbanas e rurais para a atração e manutenção de polinizadores, mas também podem competir em áreas naturais com espécies originalmente estabelecidas alterando a comunidade. Considerando isso, nosso objetivo foi determinar como ocorre o desenvolvimento de uma espécie nativa e comum da família Malvaceae numa reserva ecológica urbana de Cerrado no município de Patrocínio, Minas Gerais. Foram avaliadas plantas de locais ensolarados e sombreados. *Pavonia malacophylla* apresentou padrão fenológico sazonal, com grande influência da pluviosidade, floração anual e regular, presença constante de folhas maduras e herbivoria foliar ao longo dos 12 meses de estudo. A presença e quantidade de frutos foi significativamente maior nas plantas de sol. O momento de apresentação das fenofases foi similar, mas a intensidade foi significativamente maior nas plantas que receberam grande insolação. As características morfológicas da parte aérea mostraram que a espécie se desenvolve mais intensamente com maior amplitude luminosa, mesmo assim é tolerante a locais sombreados. Sugerimos que *P. malacophylla* pode ser utilizada na ornamentação urbana pois a espécie se desenvolve bem em diferentes incidências luminosas e sua florada longa é interessante para a manutenção de visitantes florais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Malva, Cerrado, sombreamento, herbivoria, variação temporal.

**PHENOLOGY AND DEVELOPMENT OF *Pavonia malacophylla* (LINK & OTTO) GARCKE (MALVACEAE) CONDITIONED BY THE ENVIRONMENT IN AN ECOLOGICAL RESERVE AREA IN MINAS GERAIS, BRAZIL**

**ABSTRACT-** Plant development is greatly limited by the amount of sunlight available and is negatively affected by herbivory. Small plants as shrubs, with ornamental and invasive potential, can be used in urban and agricultural areas to attract and maintain pollinators, but they can also compete with species within natural areas and modify the community composition. Our objective was to determine how the development of a native and common species of the Malvaceae family occurs in an urban ecological reserve of Cerrado, evaluating plants from sunny and shaded places. *Pavonia malacophylla* presents a seasonal phenological pattern, with great influence of precipitation, annual and regular flowering, constant presence of mature leaves and leaf herbivory throughout the 12 months of study. The presence and quantity of fruits were higher in sunny plants. The timing of the presentation of the phenophases was similar, but the intensity was higher in the plants that received a lot of sunlight. The leaves and branches morphological characteristics indicate a better development with higher light intensities, even so it is tolerant to shaded places. We suggest that *P. malacophylla* can be used in urban ornamentation because the species can develop well in different light incidences and its long flowering is interesting for the maintenance of floral visitors.

**KEY WORDS:** Mauve, Brazilian Savanna, Cerrado, shading, herbivory, temporal variation.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das espécies é condicionado por muitos fatores, como a história de vida e os processos evolutivos, além da captação de nutrientes, do espaço disponível para o indivíduo e das interações entre as espécies presentes naquele tempo e espaço, sejam elas interações positivas, como as que ocorrem com os polinizadores ou sejam aquelas negativas, como ocorre com diversos tipos de herbívoros foliares e florais (Sakai et al., 2001; Ricklefs, 2006; Vilela et al., 2014).

Para as plantas, um dos fatores mais relevantes que permite o pleno desenvolvimento é a luz solar, um fator ambiental imprescindível e limitante, pois fornece a energia necessária para a fotossíntese (Pearcy 2007). O processo fotossintético ocorre dentro de organelas especiais, os cloroplastos, onde o carbono é fixado pela clorofila em moléculas de açúcares que serão usadas nos processos de diferenciação dos tecidos e crescimento/desenvolvimento da planta (Neuhaus & Emes, 2000). Porém, a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> depende da quantidade de fótons na faixa fotossinteticamente ativa absorvidos pela folha e isso varia com a espécie (Franco 2005). Plantas heliófitas se desenvolvem melhor em ambientes com grande incidência luminosa, enquanto as plantas ciófitas ou umbrófitas preferem locais mais sombreados (Rizzini 1976). O início da vida da planta é um momento extremamente sensível quanto ao requerimento de luz, por exemplo, em *Bowdichia virgilioides* que consegue ter sua germinação e desenvolvimento inicial na vegetação aberta e bem iluminada do campo sujo, mas não no ambiente sombreado do cerradão (Kanegae et al. 2000).

Portanto, determinar quais são as melhores condições de iluminação para garantir o desenvolvimento pleno e rápido de uma espécie é fundamental para a definição de quais áreas serão as mais indicadas para seu pleno desenvolvimento, ou seja, para garantir o sucesso da espécie no ambiente. Considerando que o impacto da quantidade de luz solar altera a produtividade de diversos cultivos, tanto alimentares no interior de estufas (Cometti et al. 2020) quanto em campo (Raai et al. 2020), madeireiros ( Pacheco et al. 2013; Nery et al. 2016), medicinais (Boerger et al. 2009; Nery et al. 2016) e de espécies para reflorestamento (Oguchi et al. 2005; Nery et al. 2016; Sabino et al., 2020), estudos são necessários para determinar as melhores condições de irradiância luminosa

para o pleno desenvolvimento das espécies no menor tempo possível. Esse conhecimento permitirá que o sombreamento não se torne um fator crítico para as plantas.

A fenologia consiste no estudo dos fenômenos naturais e cíclicos que se repetem ao longo do desenvolvimento das plantas e suas causas (Lieth, 1974; Abernethy et al. 2018). O estudo da fenologia evidencia a época reprodutiva, com a produção de botões, flores e frutos e esse conhecimento é muito importante, por exemplo, para otimizar a obtenção de sementes de espécies nativas para uso em projetos de conservação. O estudo da fenologia também mostra a fase vegetativa da planta, na qual folhas novas são produzidas, chegam à fase de maturação e posteriormente de caducifolia. A importância dos estudos fenológicos pode ser exemplificada com Vilela e colaboradores (2018), que evidenciaram ao longo de dez anos como várias espécies de uma mesma família são afetadas diferentemente pelas condições climáticas.

O Cerrado é a savana brasileira, ocupava originalmente cerca de um quarto do território nacional com pouco mais que dois milhões de Km<sup>2</sup>, distribuído nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Distrito Federal (Oliveira & Marquis 2002). Esse bioma compreende diferentes fitofisionomias que variam desde as mais abertas, como o campo limpo, formações mais intermediárias como o campo sujo, o campo cerrado e o cerrado *sensu stricto*, até as formações mais fechadas como o cerradão (Batalha 2011). O Cerrado é conhecido mundialmente por possuir a mais diversa fauna e flora entre todas as savanas tropicais, num ambiente marcado por uma variação sazonal muito intensa entre verões quentes e úmidos e invernos frios e secos (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). O Cerrado é considerado uma área importantíssima para a conservação, também chamada de ‘*hot spot*’ por seu rápido processo de degradação ambiental e grande número de espécies endêmicas sob algum tipo risco (Myers et al. 2000).

A redução de áreas naturais ocorre em todos os tipos de ambientes no Brasil, mas ela é mais intensa no Cerrado devido à expansão das cidades e da agropecuária, levando à fragmentação de áreas e à diminuição da riqueza de espécies e da abundância de indivíduos tanto da flora quanto da fauna (Oliveira & Marquis 2002). Anualmente cerca de 73% das áreas queimadas no Brasil ocorrem no Cerrado (Araújo et al. 2012) e o contínuo aumento nos níveis de CO<sup>2</sup> atmosférico causado pelas atividades humanas trará impactos intensos na flora do Cerrado, com consequências diretas e indiretas sobre sua fauna, alterando a estrutura e função do ecossistema todo (Franco et al. 2014). Por

exemplo, Vilela et al. (2018) mostrou que com o aumento da temperatura ao longo de dez anos, espécies nativas do Cerrado podem modificar a época e a intensidade da florada, reduzindo o tempo de oferta e a quantidade de recursos para polinizadores. A grande malha viária no Cerrado pode abrigar cerca de 96.000 hectares no seu entorno, com cerca de 70% das espécies arbóreas e 72% das espécies arbustivas encontradas nas reservas ecológicas mais próximas, inclusive da família Malvaceae (Vasconcelos et al. 2014). É possível considerar esse local para o plantio de espécies de pequeno porte, capazes de sustentar uma fauna de insetos benéficos para as plantações e áreas naturais próximas. Essa vegetação que acompanha a malha viária pode conectar áreas fragmentadas próximas e beneficiar tanto a flora quanto a fauna locais (Soares et al. 2015). Mesmo áreas de campo com vegetação natural mais baixa apresentam plantas capazes de sustentar uma grande riqueza de abelhas polinizadoras, capazes de beneficiar áreas próximas. Um estudo de Gonçalves & Melo (2005) em área de campo natural no Paraná mostra que 38 famílias vegetais, com 113 espécies de plantas sustentaram 181 espécies de abelhas que buscavam recursos florais como pólen, néctar e óleos. Esse levantamento ressaltou a importância da família Malvaceae como uma das mais visitadas pelas abelhas.

Malvaceae Juss. é a maior família da ordem com cerca de 4.200 espécies no mundo, mais comuns em regiões tropicais e subtropicais do que em regiões temperadas (APG IV, 2016). No Brasil há aproximadamente 79 gêneros com 820 espécies (Flora do Brasil, 2020) e sua área de ocorrência vem aumentando graças a novos estudos (Nascimento et al. 2020). Entre as nove subfamílias reconhecidas de Malvaceae, Malvoideae é a mais numerosa com cerca de 110 gêneros e 1.730 espécies nos trópicos (Bayer et al, 1999), principalmente no continente Americano, e poucas espécies em regiões temperadas (Bayer & Kubitzki 2003). A importância de Malvoideae é evidenciada pelas espécies com uso na produção de fibras, produtos alimentares e como plantas ornamentais (Takeuchi & Esteves, 2012; Souza & Lorenzi, 2012). A subfamília Malvoideae é encontrada em todo o território nacional e em todos os domínios fitogeográficos, representada principalmente pelos gêneros *Pavonia* Cav., *Abutilon* Mill. e *Sida* L. e *Hibiscus* L. (Bovini et al., 2016). O gênero *Pavonia* apresenta a maior riqueza dentre todas as Malvoideae e Malvaceae, totalizando cerca de 250 espécies distribuídas principalmente nas Américas, dos Estados Unidos até o Uruguai, sendo que 142 delas são encontradas no Brasil (Flora do Brasil, 2020).

As espécies de *Pavonia* são encontradas tanto em áreas mais preservadas de florestas e de cerrado e também em ambientes antropizados como pastagens, lavouras, margens de estradas e de lagoas (Fryxell, 1999; Bovini et al., 2001; Moreira & Bragança 2011) e até na restinga litorânea (Medeiros et al. 2014). Suas plantas são conhecidas pela capacidade de colonizar áreas de pastagens e de manter suas populações mesmo com a competição com espécies de gramíneas e arbustos, e apesar do pisoteamento e do dano causado durante a alimentação do gado (Rojas et al. 2016), o que indica que esse gênero possui muitas plantas rústicas, que não necessitam de cuidados excessivos para sua manutenção. Suas espécies variam entre o hábito herbáceo a arbustivo, com folhas inteiras e sem nectários extraflorais. As flores vistosas são tipicamente solitárias e axilares, o epicálice é formado por bractéolas semelhantes e livres entre si e o cálice geralmente é tubuloso e a corola apresenta cinco pétalas (Fryxell, 1999 e 1997). O ovário é pentacarpelar, com dez estiletos e estigmas, o androceu é monoadelfo e os numerosos estames se distribuem ao longo do tubo formado pelas pétalas, e os frutos são esquizocárpicos (Fryxell, 1999; Esteves & Krapovickas, 2009). Muitas espécies do gênero *Pavonia* vem sendo testadas e várias delas reconhecidas pelo seu valor medicinal (Sampaio et al., 2005; Ewald et al. 2015; Chaves, 2016), como fonte de compostos herbicidas (Lopes et al. 2016), com potencial de uso ornamental (Torres et al. 2008), como clarificadores no processo de produção de açúcar (Quesada et al., 2016), como fonte de fibras de celulose de alta qualidade (Fryxel, 1999) ou como inseticida contra larvas do mosquito *Culex quinquefasciatus* (Vahitha et al., 2002). No entanto, há também espécies que são consideradas como ervas daninhas (Marques et al. 2010) e invasoras/infestantes (Souza-Filho et al. 1997, Kill, 1999; Moreira e Bragança 2011), evidenciando seu potencial para colonizar novos ambientes.

## **Objetivos**

Considerando que (i) o desenvolvimento vegetal é fortemente limitado pela quantidade de luz solar disponível e (ii) influenciado negativamente pela herbivoria, e sabendo que (iii) plantas arbustivas, (iv) com potencial ornamental e (v) invasivo (vi) podem ser utilizadas em áreas urbanas para a atração e manutenção de polinizadores e que (vii) também podem competir em áreas naturais com espécies originalmente estabelecidas alterando a comunidade (Hulme et. al., 2018), o presente estudo tem como

**objetivo geral** determinar como ocorre o desenvolvimento de uma espécie nativa e comum de *Pavonia* no Cerrado.

Os **objetivos específicos** são (1) caracterizar a fenologia e a herbivoria da espécie ao longo de 12 meses, e (2) investigar o desenvolvimento acima do solo, considerando áreas próximas dentro da mesma reserva ecológica, mas com incidência distinta de luz solar. Para isso, formulamos duas **hipóteses: I-** A fenologia vegetativa e reprodutiva, assim como a interação com herbívoros, serão distintas entre as áreas ensolaradas e sombreadas devido à diferente disponibilidade luminosa. **II-** O desenvolvimento da morfologia externa da parte aérea, como altura e produção de folhas e ramos, será distinto entre áreas ensolaradas e sombreadas devido à diferente disponibilidade de luz para a fotossíntese.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

As observações em campo foram realizadas ao longo de um ano, de abril de 2018 até março de 2019, na área de reserva legal de preservação permanente (RPPN) da Reserva Ecológica da Fundação Comunitária, Cultural e Educacional do município de Patrocínio, estado de Minas Gerais. A reserva abrange as coordenadas geográficas 18°58'S e 46°57'O, com altitude de 950 metros e uma área de 29,6 hectares distribuídos com fitofisionomias mata mesófila, cerrado e cerrado. O clima da região é tipo AW segundo a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas: verão quente e úmido e inverno frio e seco, com temperatura média de 26°C e precipitação pluviométrica média de 1.535 mm ao ano (Silva & Malvino, 2005; Silva & Silva, 2012). Os dados climatológicos da área foram obtidos nos arquivos do Instituto Nacional de Meteorologia, a partir da estação meteorológica da cidade de Patrocínio e preparados segundo Walter & Lieth (1968) (Figura 1).

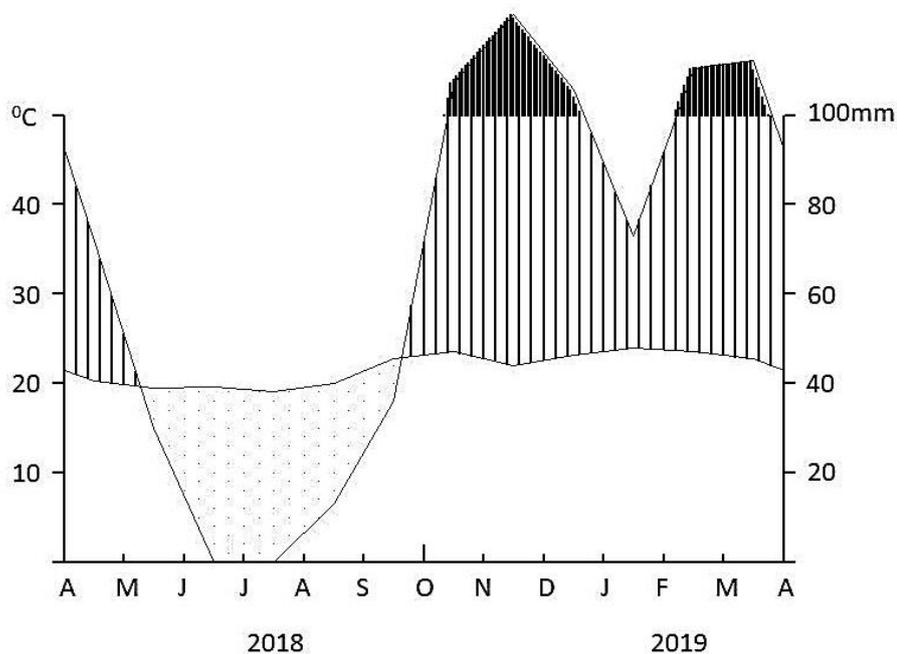


Figura 1. Climograma da cidade de Patrocínio, Minas Gerais, mostrando a temperatura (°C) e a pluviosidade (mm) no período de estudo.

### **Espécie estudada**

*Pavonia malacophylla* (Link & Otto) Garcke (Malvaceae) é nativa do Brasil e popularmente conhecida como Malva-veludo ou Malva-rosa, com grande potencial ornamental. A espécie ocorre nas Matas Amazônica e Atlântica, Cerrado e Caatinga, nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, em ambientes preservados ou alterados (Bovini et al., 2001; Esteves, 2006) (Figura 2). Suas plantas são capazes de invadir novas áreas, tanto antropizadas quanto naturais (Moreira & Bragança 2011) e causar a alteração da comunidade local devido à perda de espécies nativas (Silva 2006). Segundo Flora do Brasil (2020), Bovini et al. (2001) e Fernandes-Junior & Cruz (2018), *P. malacophylla* é um arbusto de 1 a 2 metros de altura, de folhas membranáceas, velutinas, pegajosas e com estípulas, a planta apresenta três tipos de tricomas, variando ao longo de suas partes: tricomas simples, estrelados e glandulares. Suas flores róseas produzem pólen e néctar e estão organizadas em racemos terminais. O epicálice tem entre 15 e 20 bractéolas livres. O cálice é membranáceo e cupuliforme e a corola é rósea e a flor é perfeita. O fruto maduro é preto e seco, cada carpídio apresenta uma capa mucilaginosa branca e as sementes glabras são necessárias para a propagação da espécie (Moreira & Bragança, 2010). *Pavonia malacophylla* é conhecida por apresentar entrecasca fibrosa, muito usada para a produção de cordões devido à resistência das suas fibras de celulose (Fryxel, 1999).

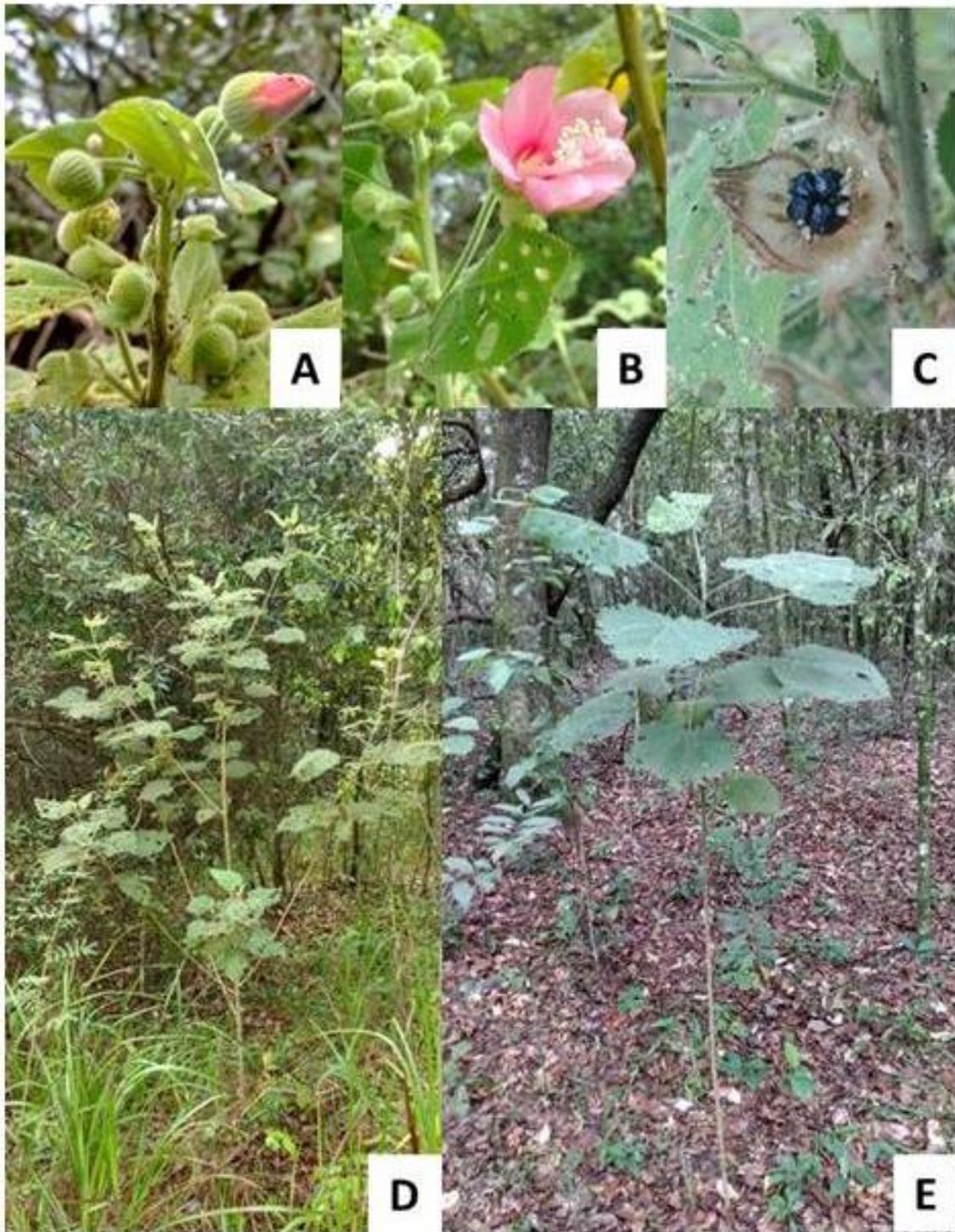


Figura 2. *Pavonia malacophylla* na Reserva Ecológica da Fundação Comunitária, Cultural e Educacional do município de Patrocínio, MG. Botões florais (A), flor (B), fruto (C), planta com copa bem desenvolvida (D) e planta com copa pouco desenvolvida (E).

## **Estudos fenológicos**

Foram selecionados e marcados 30 indivíduos adultos e saudáveis, sendo 15 em áreas ensolaradas e 15 indivíduos em áreas sombreadas. Essas plantas foram usadas para o acompanhamento dos eventos fenológicos ao longo de 12 meses. Para a fenologia vegetativa foram observadas as presenças de brotação foliar, folhas maduras e caducifolia. Para o estudo da fenologia reprodutiva foram observadas as presenças de botões florais, flores e frutos. A presença de dano nas folhas e nas flores devido à ação de herbívoros também foi observada. Cada evento fenológico recebeu uma nota de acordo com sua presença/ausência e intensidade, segundo Fournier (1974) adaptado por Ribeiro & Castro (1986) e já utilizado em Torezan-Silingardi & Oliveira (2004) e Vilela et al. (2014). Dessa forma, eventos ausentes receberam nota '0' (zero), eventos presentes em baixa intensidade ou de 1–25% dos ramos receberam nota '1' (um), eventos com intensidade de 26–75% receberam nota '2' (dois), e eventos muito frequentes ou de 76–100% dos ramos receberam nota '3' (três).

## **Estudo da morfologia externa da parte aérea**

Dados morfológicos da parte aérea foram tomados das mesmas 30 plantas para caracterizar o diâmetro e a altura do caule, a quantidade de ramificações e a altura da primeira ramificação presente, a área foliar e a taxa de herbivoria foliar em diferentes alturas da copa. O diâmetro foi medido com paquímetro a 60 cm do solo. A altura da planta e da primeira ramificação foram medidas com trena, ambas a partir do solo. A área foliar foi calculada a partir de imagens digitalizadas das folhas inseridas no programa ImageJ (Rasband, 1997).

## **Análises estatísticas**

As comparações dos valores obtidos entre as plantas das áreas ensolaradas e das áreas sombreadas foram feitas usando GLM com distribuição de quasipoisson (para altura e número de ramificações) ou distribuição normal (para diâmetro e altura da primeira ramificação) no software R versão 3.5.5. Todos os modelos GLM foram submetidos a análises de resíduos para verificar a adequação da distribuição dos erros. As características das plantas como altura, diâmetro, altura da primeira ramificação e número

de ramificações foram consideradas variáveis independentes. As áreas ensolaradas e sombreadas foram consideradas como variáveis dependentes. Foram comparadas as diferenças da herbivoria (variável independente) entre as áreas: ensolaradas e sombreadas (variável dependente) usando um modelo linear generalizado (GLM) com distribuição de quasipoisson. Quando foram verificadas diferenças significativas na herbivoria entre os tipos de folhas foram realizados teste a *posteriori* de Tukey no pacote 'multcomp'.

## RESULTADOS

### Fenologia Vegetativa e Fenologia Reprodutiva

Ao comparar plantas de áreas ensolaradas e áreas sombreadas, encontramos diferença discreta no momento de apresentação de cada **evento fenológico vegetativo**, em especial na caducifolia. No entanto, houve diferenças na intensidade de apresentação desses eventos (Figura 3). As plantas de áreas ensolaradas apresentam mais brotação foliar ao longo de todo o ano quando comparadas às plantas de áreas sombreadas. A presença e intensidade de folhas maduras foi extremamente semelhante entre plantas de sol e de sombra. A caducifolia foi presente ao longo de todo o ano nas plantas de sol, enquanto que nas plantas de sombra a caducifolia foi ausente de fevereiro a abril e nos outros meses foi sempre mais discreta que nas plantas de sol. A herbivoria foliar foi presente nas plantas das duas áreas ao longo de todo o ano, porém foi mais intensa nas áreas ensolaradas. A comparação da **fenologia reprodutiva** das plantas de áreas ensolaradas e áreas sombreadas também mostrou semelhança na época de apresentação, mas diferença na intensidade dos eventos, muito maiores nas áreas ensolaradas (Figura 4). *Pavonia malacophylla* apresenta **botões florais** nas plantas de áreas ensolaradas e sombreadas de fevereiro a outubro. A abertura das **flores** ocorre praticamente ao mesmo tempo do surgimento dos botões, mas com pequena diferença dependendo da quantidade de luz disponível para a planta. Nas áreas ensolaradas flores foram encontradas de fevereiro a novembro e nas áreas sombreadas as flores estão presentes de fevereiro a outubro. Os **frutos jovens** estão presentes nas duas áreas desde abril, e permanecem nas áreas ensolaradas até novembro, um mês a mais que nas áreas sombreadas. O **fruto maduro** é encontrado de abril a dezembro nas áreas ensolaradas e de maio a novembro nas áreas de sombreadas. Ao compararmos a quantidade de botões, flores e frutos (imaturos e maduros) de *P. malacophylla* entre as plantas de sol e de sombra, percebemos que as plantas ensolaradas apresentam valores maiores em todas as estruturas reprodutivas ao longo de todos os meses. A presença de **herbívoros florais** foi muito distinta entre as áreas. Áreas de sol tem herbívoros nas flores de abril a outubro e áreas sombreadas apenas de março a junho.

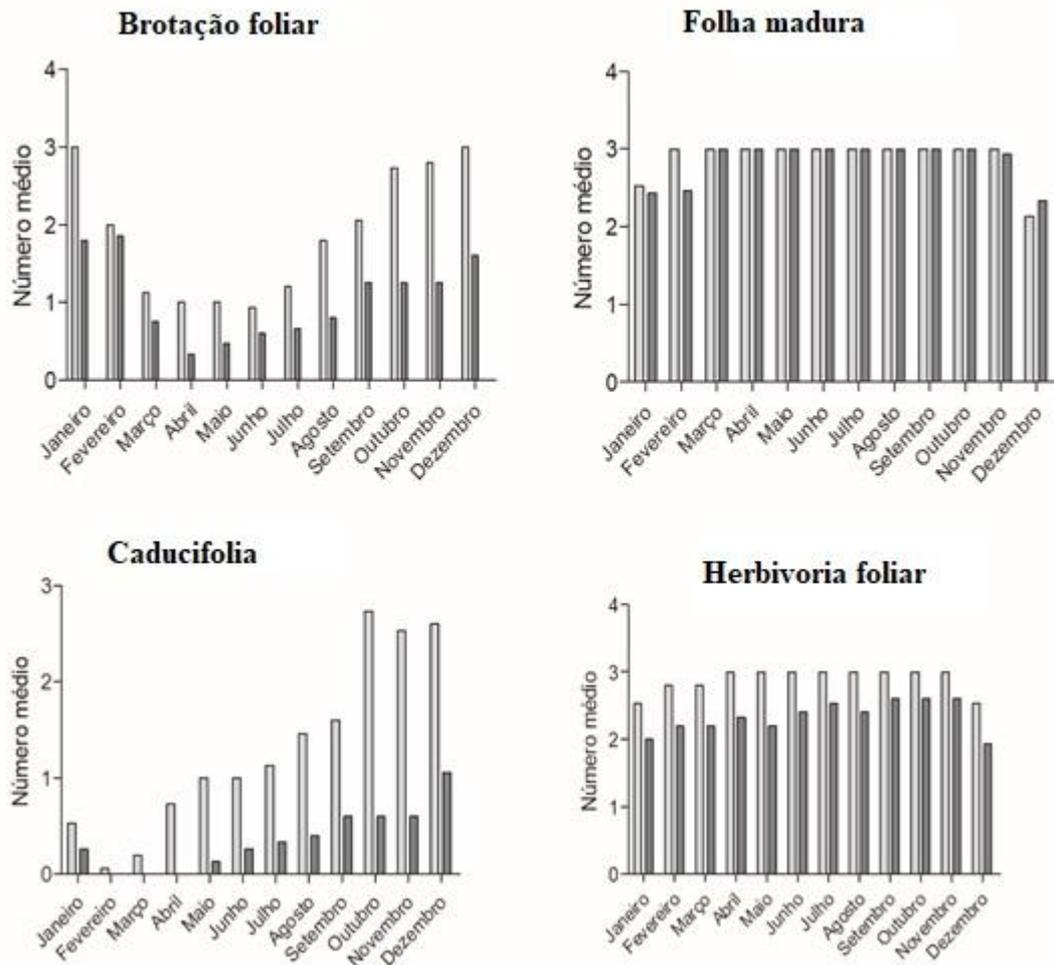


Figura 3. Fenologia vegetativa e herbivoria foliar em *Pavonia malacophylla*. Áreas de sol pleno são representadas pelas barras claras, áreas sombreadas são representadas por barras escuras.

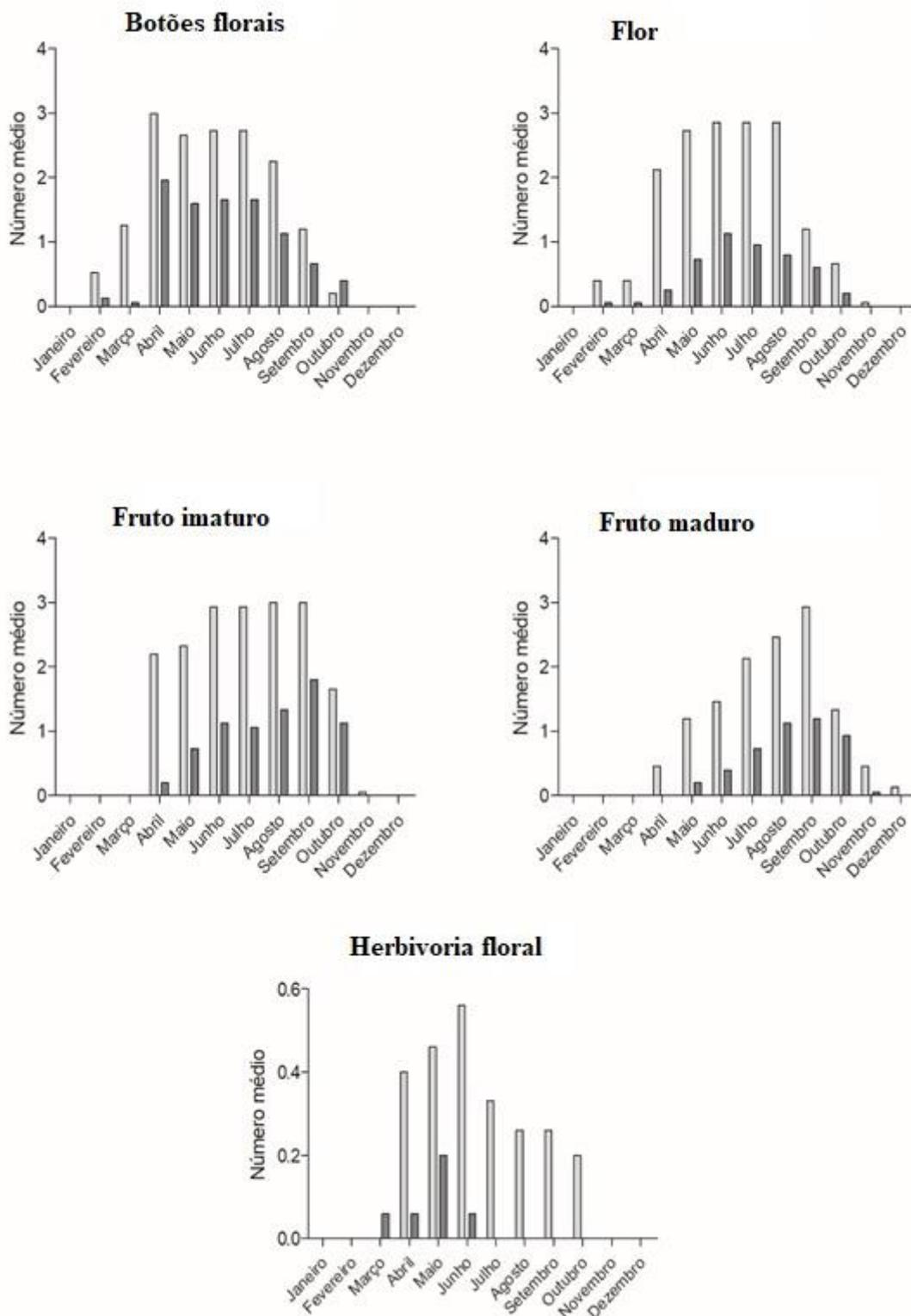


Figura 4. Fenologia reprodutiva e herbivoria floral em *Pavonia malacophylla*. Áreas de sol pleno são representadas pelas barras claras, áreas sombreadas são representadas por barras escuras.

## Morfologia externa da parte aérea

As plantas desenvolvidas nas áreas com diferentes níveis de radiação solar apresentaram desenvolvimento distinto em todos os aspectos observados. As plantas das áreas ensolaradas apresentaram maior diâmetro do caule ( $F_{28,1}=9,68$ ;  $p<0,01$  com distribuição normal), mais ramificações na parte aérea ( $F_{28,1}=8,62$ ;  $p<0,01$  com distribuição quasipoisson) (Figura 5) e maior taxa de herbivoria ( $F_{88,1} = 0,27$ ;  $p = 0,60$  com distribuição quasipoisson) que as plantas localizadas nas áreas sombreadas (Tabela 1). No entanto a altura da copa ( $F_{28,1}=0$ ;  $p=0,99$  com distribuição quasipoisson), a altura da primeira ramificação presente a partir do solo ( $F_{28,1}=1,16$ ;  $p=0,29$  com distribuição normal) e a área foliar apresentaram maiores valores nas áreas sombreadas.

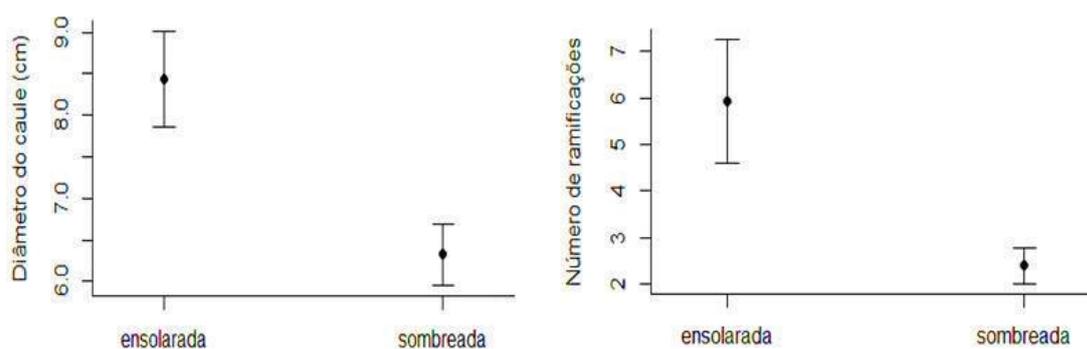


Figura 5. Diâmetro do caule e número de ramificações na parte aérea em *Pavonia malacophylla*.

Tabela 1. Características da parte aérea e da herbivoria de *Pavonia malacophylla* considerando plantas com diferentes níveis de insolação.

	Altura da copa (cm)	Altura da 1ª ramificação (cm)	Área foliar total (cm <sup>2</sup> )	Taxa de herbivoria (%)
Ensolarada	225,60	65,08	129,70	11,40
Sombreada	246,10	104,37	161,01	8,20

A taxa de herbivoria foliar foi distinta nos diferentes estratos foliares das áreas ensolaradas ( $F_{42,2}=9,10$ ;  $p<0,01$  com distribuição quasipoisson), com maior dano nas folhas do ápice caulinar que nos estratos inferiores da parte aérea ( $Z=2,29$ ;  $p<0,01$ ) (Figura 6). As plantas de áreas sombreadas apresentaram poucas ramificações, o que não permitiu que a análise da herbivoria em diferentes estratos foliares fosse realizada ( $F_{42,2}=0,50$ ;  $p=0,60$  com distribuição quasipoisson).

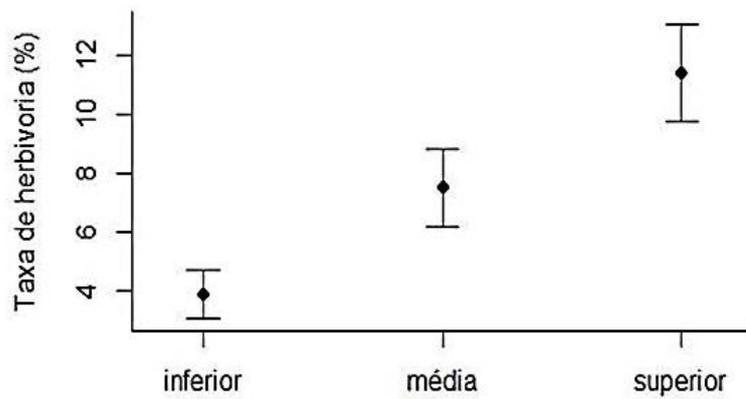


Figura 6. Taxa de herbivoria foliar em três estratos da parte aérea de *Pavonia malacophylla* em áreas ensolaradas.

## DISCUSSÃO

**Nossa primeira hipótese foi confirmada parcialmente, evidenciando semelhanças no momento de apresentação dos eventos fenológicos, mas com grande diferença na intensidade e na herbivoria entre as áreas ensolaradas e sombreadas.**

Para o pleno desenvolvimento das plantas é necessário que quantidade de fótons na faixa fotossinteticamente ativa que chega até a folhagem seja adequada às necessidades da espécie (Prado & Moraes 1997; Franco & Lüttge 2002). A taxa fotossintética é inversamente proporcional ao sombreamento da planta, desde que o ponto de saturação fotossintética ainda não tenha sido atingido (Kanegae et al., 2000). Ou seja, plantas de locais muito sombreados podem não desenvolver todo seu potencial devido a um processo fotossintético deficiente que não permite a acumulação de biomassa em quantidades suficientes. Esta situação já foi observada por Salgado et al. (2001) com mudas de *Copaifera langsdorffii* submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro.

A taxa de assimilação do CO<sub>2</sub> aumenta conforme cresce a intensidade luminosa até atingir o ponto de saturação luminosa, que varia conforme a espécie. Intensidades luminosas mais altas que o ponto de saturação causam dano no aparelho fotossintético, o que exige seu reparo ou seu descarte definitivo e a construção de um novo (Franco, 1998; Taiz et al., 2014). No entanto, apesar de todo esse conhecimento Abernethy et al. (2018) já ressaltaram que há poucos estudos que consideram a taxa de insolação na fenologia vegetal. Além da intensidade luminosa, também a quantidade de horas de luz ao longo de 24 horas, e sua variação ao longo dos meses e estações do ano alteram a fenologia das espécies. Nas plantas essa variação caracteriza o fotoperíodo, muitas vezes responsável pelo desencadeamento da produção de botões florais. Contudo, o principal gatilho que provoca a quebra da dormência nos botões e sua abertura em flor é, direta ou indiretamente, a chegada das chuvas (Opler et al. 1976).

As plantas de *P. malacophylla* apresentaram **sazonalidade** bem marcada na brotação e na caducifolia, na produção de botões, flores e frutos e também na presença de herbívoros florais. Já folhas maduras e herbívoros foliares estiveram presentes ao longo de todo o ano, com discreta variação sazonal. A sazonalidade em plantas de Cerrado é um fato comum para muitas espécies em todas as fitofisionomias (Braz et al. 2000; Kanegae

et al. 2000; Torezan-Silingardi & Oliveira, 2004; Nunes et al, 2005; Vilela et. al, 2014 e 2018).

A **floração** de *P. malacophylla* é anual e regular (*sensu* Newstrom et al, 1994), de antese diurna e que oferece néctar e pólen como atrativo aos visitantes, o que a caracteriza como preferencialmente polinizada por insetos e aves, assim como outras espécies do mesmo gênero (Gotttsberger 1872; Sazima 1981; McDade & Davidar 1984; Schlindwein & Martins 2000; Rathcke 2000). Segundo a classificação de Gentry (1974) para plantas da família Bignoniaceae, a floração de *P. malacophylla* seria semelhante ao observado em plantas visitadas por morcegos e não insetos, com um período muito longo de flores. Dessa forma, a informação da família Bignoniaceae não é adequada para a família Malvaceae.

*Pavonia malacophylla* apresenta **botões florais e flores** nas plantas de áreas ensolaradas e sombreadas a partir de fevereiro. Seu surgimento ocorre após três meses de chuvas intensas na região, o que permite a acumulação de muito material fotossintetizado nos tecidos de reserva, para serem disponibilizados no momento de intenso gasto energético para o desenvolvimento de flores e especialmente de frutos. Esse acúmulo é necessário, pois o pico da presença de botões, flores e frutos na planta acontece no final do período das chuvas e em todo o período seco e frio, quando as taxas fotossintéticas enfrentam mais restrições ambientais (Taiz et al. 2014). Diferentemente do observado para *P. malacophylla* no presente estudo, Nunes et al. (2005) observaram que o período de floração de *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) tende a ocorrer no início da estação quente em uma floresta estacional decídua em Minas Gerais. Segundo Nunes e colaboradores (2005), a produção de botões florais de *G. ulmifolia* está correlacionada significativamente com a variação da temperatura, diferentemente do observado para *P. malacophylla*. A produção de botões e abertura de flores de *G. ulmifolia* não foram afetadas pela variação das chuvas, mas *P. malacophylla* só produz botões e flores a partir do meio da estação chuvosa, necessitando desse período úmido longo. A frutificação de *G. ulmifolia* ocorreu em época semelhante ao observado para *P. malacophylla*, com frutos imaturos de janeiro a setembro e frutos maduros de maio a dezembro, diferindo ligeiramente de *P. malacophylla*, que teve frutos imaturos de abril a novembro e frutos maduros de abril a dezembro. Dessa forma, as duas espécies produzem seus frutos nos períodos menos quentes e mais secos do ano. Outra espécie de Malvaceae, *Pachira quinata*, teve sua fenologia estudada na floresta amazônica colombiana (Castellanos &

Stevenson 2011). Suas árvores **florescem** simultaneamente com a **rebrotas foliar** no final da estação úmida e durante a estação seca (aproximadamente de agosto a fevereiro na floresta amazônica). *Pavonia malacophylla* tem a produção de botões e flores no final da estação úmida e durante a estação seca (aproximadamente de março a outubro no cerrado). Apesar da diferença temporal parcial, existe similaridade quanto à presença/ausência de chuvas. No entanto, a **rebrotas foliar** de *P. malacophylla* acontece no período oposto de sua florada, diferente de *P. quinata*. Isso pode ser um resultado de vários fatores, como adaptações devido ao hábito das plantas, que são distintas entre espécies arbóreas e arbustivas, além de adaptações devido às características abióticas ambientais distintas entre Mata Amazônica sempre úmida e Cerrado com estações seca e chuvosa marcantes.

Os **frutos imaturos** de *P. malacophylla* surgem logo depois das primeiras flores em abril e podem ser encontrados até outubro nas áreas ensolaradas e sombreadas. Já seus **frutos maduros** são encontrados de abril a dezembro nas áreas ensolaradas e de maio a novembro nas áreas sombreadas. A quantidade de frutos imaturos e maduros foi sempre significativamente maior nas áreas com maior incidência luminosa. *Guazuma ulmifolia* produz frutos jovens de janeiro a setembro e frutos maduros de maio a dezembro (Nunes et al. 2005). Os autores observaram correlações negativas entre as fenofases de frutos imaturos com as variações de temperatura e precipitação, e de frutos maduros com precipitação, o que indica que a produção de frutos de *G. ulmifolia* ocorre nos períodos menos quentes e secos do ano, que na área de estudo correspondem aos meses de abril a outubro. *Pachira quinata* na floresta amazônica colombiana apresenta a maturação dos frutos de fevereiro a abril, na transição entre a época seca e a úmida (Castellanos & Stevenson 2011).

A **herbivoria floral** de *P. malacophylla* ocorreu com intensidade e duração significativamente maiores nas plantas de áreas ensolaradas, de abril a outubro. Nas áreas sombreadas, a herbivoria floral foi discreta de março a junho, com pequena elevação apenas em maio. A presença e intensidade de dano floral devido à ação de herbívoros foi correspondente à quantidade de flores abertas nas áreas observadas. Não foram encontrados dados na literatura sobre herbívoros florais em espécies nativas e não cultivadas da família Malvaceae. No algodão cultivado, uma espécie de Malvaceae, a lagarta *Spodoptera frugiperda* causa grande perda de frutos, geralmente de março a maio nas plantações do cerrado (Barros et al. 2010).

A **herbivoria foliar** de *P. malacophylla* ocorreu ao longo do ano todo, mas sua intensidade foi maior nas plantas de locais ensolarados. Houve queda discreta na herbivoria foliar nas plantas de áreas ensolaradas e sombreadas acompanhando a diminuição da presença de folhas maduras no campo. Besouros e lagartas causadores de dano foliar foram encontrados na área de estudo, causando perda de área fotossintética. Mas patógenos também podem ter sido responsáveis por parte das áreas foliares danificadas. No Cerrado de Brasília 25 espécies foram estudadas quanto à herbivoria, sendo uma delas *Pavonia rosa-campestris* (Marquis et al. 2001). Esta espécie em particular não apresentou danos causados por patógenos, mas oito espécies entre as 25 apresentaram. Os autores notaram um ligeiro aumento no dano por insetos em folhas maduras (estação úmida) quando comparadas com folhas jovens (estação seca). No mesmo período o dano causado por patógenos nas folhas jovens foi extremamente baixo, mas esse dano cresceu significativamente com o a maturação das folhas. No presente estudo, encontramos resultado oposto, com maior dano nas folhas do estrato superior da parte aérea, onde estão as folhas mais jovens. Esse dano foi maior que o encontrado nas folhas das camadas inferiores da parte aérea, predominantemente compostas de folhas mais velhas (Figura 6). Uma possível explicação é a diferença na proporção entre fibras e água, com tecidos mais tenros nas folhas jovens e tecidos mais fibrosos nas folhas mais velhas (Varanda et al. 2005).

A presença de **folhas novas** foi observada ao longo do ano todo em *P. malacophylla*, tanto nas plantas de áreas ensolaradas quanto sombreadas, porém nos dois locais houve uma intensa diminuição da brotação nos meses mais secos. Espécies arbustivas não possuem um sistema radicular tão desenvolvido quanto as arbóreas, o que dificulta atingir o lençol freático profundo (Franco 2005). Assim, a presença das chuvas é muito importante para a captação de água pela planta. Isso já foi constatado para *Roupala montana* (Proteaceae), que teve um decréscimo de 45% na taxa máxima de assimilação de CO<sub>2</sub> durante a estação seca, conseqüentemente o potencial estimado de ganho de carbono diário foi reduzido para 66% do total final dessa estação (Franco 1998). Nesse período as plantas continuaram seu desenvolvimento graças à soma da energia vinda da fotossíntese, mesmo que menor, e da energia acumulada nas reservas de amido presentes nas raízes, apesar disso haverá um decréscimo no crescimento e desenvolvimento do vegetal.

As **folhas maduras** apresentam as maiores taxas fotossintéticas da planta, produzindo grande quantidade de açúcares simples capazes de fixar o carbono atmosférico. As moléculas de açúcares produzidas serão enviadas para regiões chamadas dreno, que não produzem ou produzem quantidades suficientes de açúcares, ou seja: meristemas aéreos e radiculares, frutos em desenvolvimento e tecidos não fotossintetizantes. Processos metabólicos de crescimento, manutenção, reprodução e armazenamento utilizam o carbono fixado durante as reações da fotossíntese. *Pavonia malacophylla* é uma planta sempre verde, em ambiente sem extremos de temperatura ou de déficit hídrico, com grande quantidade foliar ao longo de do ano, com ligeira redução na quantidade de folhas maduras apenas em dezembro e janeiro nas áreas ensolaradas, e de dezembro a fevereiro nas áreas sombreadas. Seu processo de **caducifolia** é muito alterado pela presença de índices de luminosidade diferentes, com valores muito maiores nas áreas ensolaradas, já que esse é um mecanismo adequado para a economia de água de plantas de sol, que terão taxas de evapotranspiração maiores. A caducifolia acontece ao longo de todo o ano nas áreas ensolaradas, com maior intensidade de outubro a novembro, no entanto nas áreas sombreadas a caducifolia ocorre de maio a janeiro, ligeiramente mais intensa apenas em dezembro.

**Nossa segunda hipótese também foi confirmada, mostrando diferenças no desenvolvimento da morfologia externa da parte aérea entre áreas ensolaradas e sombreadas, o que evidencia a plasticidade fenotípica da espécie.** Ambientes naturais apresentam variações na quantidade luminosa que atinge o solo, e conseqüentemente as plantas. Isso acontece devido à longitude da área, à época do ano analisada, ao tipo de relevo e à cobertura vegetal mais alta sombreando as plantas dos estratos inferiores. Sabendo que (i) o Cerrado apresenta relevo predominantemente plano (Oliveira & Marquis, 2002), (ii) o estudo foi realizado ao longo de um ano dentro de uma área limitada de preservação ecológica com (iii) disponibilização de água exclusivamente pelas chuvas e, portanto, irrigando todas as áreas analisadas de forma semelhante, consideramos que a diferença na quantidade de luz que chegou até as folhas de *P. malacophylla* foi uma consequência principalmente da presença ou não de vegetação mais alta próxima.

A **intensidade luminosa** é um dos fatores mais críticos para a sobrevivência e desenvolvimento das plantas, pois afeta direta e indiretamente suas estratégias de crescimento, reprodução e sucessão ecológica (Poorter 2001). Tanto as espécies pioneiras

quanto as secundárias e as clímax apresentam potencial plástico para se ajustar à variação da luminosidade ambiental, dentro de certos limites (Oguchi et al. 2005). Por exemplo, plantas jovens de azevinho (*Ilex aquifolium*, Aquifoliaceae) possuem taxas máximas de sobrevivência com apenas 12% de luz solar, sobrevivência intermediária com 24, 48 e 71% , porém tem altíssimas taxas de mortalidade com 1% de luz e também com sol pleno, o que as caracteriza como plantas típicas de locais sombreados (Valladares et al. 2005). Estes autores discutem a resposta plástica do azevinho em resposta à luz e mostram que a capacidade fotossintética e a condutância estomática variam pouco de acordo com mudanças na oferta luminosa, mas a área foliar, o tecido foliar e a razão entre raiz/parte aérea variam muito. Cometti et al. (2020) observaram o impacto do sombreamento sobre a produtividade da cultura da alface (*Lactuca canadensis*, Asteraceae) e determinaram o sombreamento ótimo para alcançar o máximo de produtividade. Foram montadas parcelas dentro e fora da estufa, com quatro níveis de sombreamento (0, 35, 50 e 75%). Os autores perceberam que a cultura da alface pode suportar um sombreamento máximo de até 50% sem risco de redução da produtividade. O mesmo resultado foi encontrados para essa espécie com outros tratamentos de sombreamentos semelhantes (35, 50 e 70% de sombra e pleno sol), corroborando que o melhor desenvolvimento geral ocorre com 50% de sombreamento (Pallaoro et al. 2020).

A **altura média da parte aérea** dos arbustos de *P. malacophylla* foi maior nas áreas sombreadas. O mesmo foi observado em mudas jovens da árvore guanandi (*Calophyllum brasiliense*, Calophyllaceae), em experimento sob diferentes condições de luminosidade, com 0, 30, 50 e 70% de sombreamento (Nery et al. 2016). Estes autores constataram que taxas de sombreamento leve e mediana (30 e 50% respectivamente) produziram plantas mais altas. Isso pode ser explicado pela busca por posições mais altas para a exposição das folhas, melhorando a captação luminosa e o aproveitamento do carbono pela fotossíntese. Nosso resultado é o oposto do observado no estudo com o feijão alado (*Psophocarpus tetragonolobus*, Fabaceae), uma planta herbácea que apresenta maior média de altura em plantas de sol do que de sombra, o que pode ser justificado por sua evolução em ambiente tipicamente aberto e com grande incidência luminosa (Raai et al. 2020).

Os valores médios de **diâmetro caulinar** e **quantidade de ramos** de *P. malacophylla* foram maiores nas plantas das áreas ensolaradas, indicando que nesse ambiente a eficiência fotossintética é melhor se comparada com as áreas sombreadas. A

**altura da primeira ramificação** presente no caule principal é menor nas plantas de áreas ensolaradas. Isso ocorreu devido à maior exposição solar, a maior quantidade de fótons recebida permite que a fotossíntese realizada seja mais intensa, ainda sem atingir o limite de saturação de forma inaceitável pelos fotossistemas da planta, conseqüentemente o processo de fixação de carbono em moléculas orgânicas é mais eficiente e permite o maior desenvolvimento da planta como um todo. Segundo Rizzini (1976) e as teorias que explicam a ação morfogenética da irradiação luminosa, o desenvolvimento vegetal que ocorre na presença de maior exposição solar, uma vez que proporciona maiores taxas fotossintéticas, o que permite a produção de grandes quantidades de açúcares solúveis. A presença dessas moléculas vai gerar o aumento da pressão osmótica celular, causando diminuição no teor de água nos tecidos. Esse processo pode gerar uma situação de déficit hídrico nas folhas, drenando parte do fluxo de água que iria para os meristemas. Como efeito haverá redução na fase de alongamento celular em altura e menor expansão das paredes celulares, as quais poderão ficar mais espessas. Dessa forma podemos compreender que plantas de locais ensolarados podem ser mais baixas e com maior diâmetro caulinar que as de locais sombreados.

Nossos resultados com *P. malacophylla* são corroborados por outro estudo em espécie da mesma família. Pacheco et al. (2013) investigaram mudas de paineira (*Ceiba speciosa*, Malvaceae), desenvolvidas em viveiro a 0, 22, 50, 70, 84 e 91% de sombreamento e constataram que o melhor crescimento das mudas foram com sol pleno e sombreamento leve, respectivamente 0 e 22% de sombreamento, caracterizando as paineiras como espécies heliófitas e próximas de plantas pioneiras e secundárias iniciais. Salgado et al. (2001) submeteram plântulas de copaíba (*Copaifera langsdorffii*, Fabaceae) a diferentes níveis de sombreamento (0, 50, 70 e 90%) num viveiro. Esses autores perceberam que até os 17 meses de idade os melhores valores de altura e de diâmetro do coleto foram obtidos em condições que simulavam pleno sol (0%) e clareira (50%), indicando que esta espécie tem melhor aproveitamento de luz com intensidade maiores, comportamento típico de uma espécie heliófila não pioneira. Mudas de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya*, Fabaceae) desenvolvidas com três níveis de sombreamento (0, 50 e 70%) apresentaram melhor desempenho geral e tiveram os maiores valores para altura e diâmetro quando cultivadas em condição mediana de iluminação, ou seja, a 50% de sombreamento, sendo mais uma espécie heliófila não pioneira (Lenhard et al. 2013). No entanto outros autores encontraram resultados

discrepantes dos nossos, como por exemplo, o estudo de Nery et al. (2016) com o guanandi que indica que taxas de sombreamento leve e mediana (30 e 50% respectivamente) produziram as plantas com maior diâmetro do caule. Esse resultado pode ser explicado por sua preferência ambiental, em florestas e matas ao redor de rios e córregos, locais tipicamente sombreados.

**A área foliar** representa um valor médio para o tamanho da folha. O maior valor médio de área foliar encontrado para *P. malacophylla* veio das plantas das áreas sombreadas, que possibilita o aumento da área fotossintetizante numa planta que recebe menos luz solar. A variação nos valores de área foliar encontrada entre as áreas ensolaradas e sombreadas são um exemplo da plasticidade fenotípica de *P. malacophylla*. As folhas são órgãos que apresentam grande plasticidade fenotípica, portanto, podem variar muitas de suas características quando se desenvolvem em ambientes com diferentes disponibilidades de luz solar (Marques et al., 1999; Klich, 2000; Gonçalves et al., 2005) ou água e nutrientes minerais. As plantas que recebem menor iluminação tendem a compensar a iluminação deficiente com folhas maiores, para ampliar a superfície de captação de luz e fixação de carbono, além de ter menor risco de aquecimento ou de transpiração excessiva e consequentemente maximizar a eficiência fotossintética (Bragg & Westoby, 2002; Coelho et al. 2018). Nossos resultados são corroborados por vários estudos citados a seguir. As folhas do azevinho crescem preferencialmente mais quando expostas a menores intensidades luminosas (Valladares et al. 2005). Trinta e oito espécies arbóreas estudadas em uma floresta úmida tiveram, cada espécie, cinco representantes em áreas ensolaradas e cinco em áreas sombreadas (Poorter & Rozendaal 2008). Os autores observaram várias características das plantas, entre elas o tamanho foliar, e notaram que, para a mesma espécie, as árvores crescidas em ambiente ensolarado apresentavam folhas menores que as crescidas em locais sombreados, corroborando nossos resultados para *P. malacophylla*. No estudo com o guanandi, Nery et al.(2016) obtiveram os maiores valores de área foliar nas plantas cultivadas a 30 e 50% de sombreamento, as plantas cultivadas a pleno sol e as cultivadas a 70% de sombreamento tiveram limbos foliares menores, devido ao excesso e a falta de irradiância solar, respectivamente. Isso está de acordo com Boeger et al. (2009) que acompanharam o desenvolvimento de mudas de quatro espécies de ervas medicinais crescendo com quantidades distintas de luz (100%, 26,23% e 13,83%). O melhor desenvolvimento da área foliar foi encontrado nas plantas a 13,83% de luz solar, ou seja, a área foliar foi

negativamente relacionada com a intensidade luminosa, permitindo assim um maior investimento em tecido fotossintético para maximizar o aproveitamento da luz difusa recebida em ambientes sombreados. Mudanças de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya*, Fabaceae) desenvolvidas com três níveis de sombreamento (0, 50 e 70%) apresentaram os maiores valores de área foliar quando cultivadas em condição mediana de iluminação (50%), fato explicado pela sua presença em áreas de floresta ombrófila densa como a Mata Atlântica (Lenhard et al. 2013).

Muitos estudos apresentam um outro tipo de informação, o **valor da área foliar específica**, que relaciona a área de superfície foliar com sua massa seca. O presente estudo não considerou a área foliar específica, mas dentro de certos limites comparações podem ser feitas. Por exemplo, Espindola Jr. et al. (2009) estudaram por dois anos plântulas de guaco (*Mikania glomerata*, Asteraceae) desenvolvidas em pleno sol, meia-sombra e sombra, de intensidade luminosa de 100, 26,4 e 13,8% respectivamente. Seus resultados evidenciaram que a área específica foliar maior foi observada nas plantas com maior sombreamento. Conclusões semelhantes foram obtidas por Boeger et al. (2009) que demonstraram que a área específica foliar está negativamente relacionada com a intensidade luminosa, indicando que há um maior investimento em tecido fotossintetizante em ambientes sombreados para maximizar o aproveitamento da luz difusa local. Melo Júnior et al. (2017) citaram que o mesófilo foliar que apresenta o parênquima lacunoso mais desenvolvido pode ter maior aproveitamento da luz difusa, pois o formato irregular de suas células e dos espaços intercelulares aumentam a reflexão e refração da luz no mesófilo foliar. Sabino et al. (2020) estudaram o crescimento do ipê-amarelo da Amazônia (*Handroanthus serratifolius*, Bignoniaceae) e do ipê-amarelo do cerrado (*H. ochraceus*) em várias condições de sombreamento: 37,89; 57,57; 71,17 e 85,66% e a condição de pleno sol. *Handroanthus serratifolius* teve os maiores valores de altura e diâmetro com sombreamento mais intenso, típico de plantas de floresta, mas os maiores valores de área foliar foram obtidos com sombreamento leve a mediano (37,89 e 57,57%). O sombreamento de *H. ochraceus* inibiu o crescimento em altura e no diâmetro do caule, e os maiores valores de área foliar foram obtidos a pleno sol ou sombreamento leve (37,89%).

*Pavonia malacophylla* apresentou maiores taxas de **herbivoria** nas plantas de áreas ensolaradas. Suas folhas tipicamente inteiras e maleáveis são muito danificadas pela herbivoria, causada, principalmente, por uma espécie de coleóptero, e menos

intensamente por lagartas de lepidópteros, o que pode ter sido facilitado pelo limbo foliar delicado da espécie. Brown & Lawton (1991) discutem a relação entre herbivoria e a evolução do tamanho e do formato foliar. Eles sugerem que há forças seletivas ambientais abióticas já bem conhecidas sobre a fisiologia/morfologia foliar, mas ressaltam que herbívoros também podem contribuir na seleção do tamanho e formato das folhas. Essa contribuição dos herbívoros se daria por seis vias evolutivas diversas, dependendo da espécie considerada. Elas seriam: 1. o mimetismo de folhas de outras espécies menos atraentes para herbívoros, ou de folhas já danificadas pela herbivoria anterior, ou até mesmo folhas que mimetizassem objetos inanimados, como pedras; 2. mesófilo com estruturas internas duras; 3. presença de barreiras físicas externas, como brotações foliares dentro de um conjunto apertado de folhas maduras e mais resistentes; 4. diferenças interespecíficas na morfologia foliar para diminuir a imagem de procura dos inimigos; 5. limbo foliar muito reduzido ou muito dividido, e 6. morfologia foliar distinta entre as fases juvenil e adulta da planta. Essas características não são encontradas em *P. malacophylla*. Assim, sugerimos que a maior taxa de herbivoria observada em plantas de *P. malacophylla* nas áreas ensolaradas possa ser explicada por determinados fatores. Fitofisionomias mais abertas recebem mais sol devido a menor presença de plantas altas com copas volumosas, o que (i) facilita a visualização e o encontro da planta alvo do herbívoro. As plantas de *P. malacophylla* de áreas ensolaradas apresentaram (ii) mais ramificações que se iniciam a partir de áreas mais baixas do caule principal, assim sua copa é mais volumosa e não delgada como nas plantas de sombra. (iii) Suas folhas são menores e possivelmente com mais açúcares solúveis disponíveis devido à sua maior incidência luminosa e alta taxa fotossintética (Rizzini 1967).

## CONCLUSÃO

Considerando todas as informações apresentadas, concluímos que *Pavonia malacophylla* apresenta a maioria dos eventos fenológicos de forma simultânea nas plantas de áreas ensolaradas e sombreadas, mas com intensidades predominantemente maiores nas áreas ensolaradas. O mesmo foi observado para a herbivoria foliar, e mais intensamente para a herbivoria floral. Houve diferenças significativas nas características da copa e na taxa de herbivoria considerando diferentes estratos foliares, condicionada

pelo ambiente, em especial pela luminosidade. No entanto, apesar dessas diferenças a espécie se mostra capaz de crescer e reproduzir adequadamente nos dois níveis de luminosidade observados na área de reserva utilizada. Sugerimos que estudos futuros levem em consideração medições da luminosidade e aspectos edáficos, pois alterações nas taxas de macro e micronutrientes e também no pH do solo podem levar a diferenças no crescimento de plantas e na herbivoria (Coelho et al. 2018).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNETHY, K.; BUSH, E.R.; FORGET, P.M.; MENDOZA, I.; MORELLATO, L.P.C. 2018. Current issues in tropical phenology: a synthesis. *Biotropica* 50: 477-482, <https://doi.org/10.1111/btp.12558> <https://doi.org/10.1111/btp.12558>
- APG IV - Angiosperm Phylogeny Group (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- APODACA-MARTÍNEZ, M.; CETINA-ALCALÁ, V.M.; JASSO-MATA, J.; LÓPEZ-LÓPEZ, M.A.; GONZÁLEZ-ROSAS, H.; USCANGA-MORTERA, E.; GARCÍA-ESTEVA, A. 2019. Ruptura de la latencia física y germinación de semillas de *Chiranthodendron pentadactylon* (Malvaceae). *Botanical Sciences* 97(2): 211-217. DOI: 10.17129/botsci.2094 <https://doi.org/10.17129/botsci.2094>
- ARAÚJO, F.M.; FERREIRA, L.G.; ARANTES, A.E. 2012. Distribution patterns of burned areas in the Brazilian Biomes: an analysis based on satellite data for the 2002–2010 period. *Remote Sens* 4:1929–1946. <https://doi.org/10.3390/rs4071929>
- BARROS, E.M.; TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R.; OLIVEIRA, M.D. 2010. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 137: 237–245. DOI: 10.1111/j.1570-7458.2010.01058.x <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2010.01058.x>
- BATALHA, M.A. 2011. O cerrado não é um bioma. *Biota Neotropica*, 11(1): 21-24. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000100001>
- BAYER, C., FAY, M.F., DE BRUIJIN, A.Y., SAVOLAINEN, V., MORTON, C.M., KUBITZKI, K., ALVERSON, W.S. & CHASE, M.W. 1999. Support for an expanded family concept of Malvaceae within a recircumscribed order Malvales: a combined analysis of plastid *atpB* and *rbcL* DNA sequences. *Bot. J. Linn. Soc.* 129 (4): 267-303. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1999.tb00505.x>

- BAYER, C. & KUBITZKI, K. 2003. Malvaceae. In The families and genera of vascular plants. Flowering Plants Dicotyledons. Malvales, Capparales and Non-betalain Caryophyllales. (K. Kubitzky & C. Bayer, eds). Springer-Verlag, Berlin. 5: 225-311. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-07255-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-662-07255-4_28)
- BOEGER, M.R.T.; ESPÍNDOLA JÚNIOR, A.; MACCARI JÚNIOR, A.; REISSMANN, C.B.; ALVES, A.C.A.; RICKLI, F.L. 2009. Variação estrutural foliar de espécies medicinais em consórcio com erva-mate, sob diferentes intensidades luminosas. Floresta 39(1): 215-225. <https://doi.org/10.5380/rf.v39i1.13741>
- BOVINI, M.G.; CARVALHO-OKANO, R.M. & VIEIRA, M.F. 2001. Malvaceae A. Juss. no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 52 (81): 17-47. <https://doi.org/10.1590/2175-78602001528102>
- BOVINI, M.G., ESTEVES, G.L. & DUARTE, M.C. 2010. *Malvaceae*. In Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil. (R.C. Forzza, P.M. Leitman, A. Costa, A.A.C. Junior, A.L. Peixoto, B.M.T. Walter, C. Bicudo, D. Zappi, D.P. Costa, E. Lleras, G. Martinelli, H.C. Lima, J. Prado, J.R. Stehmann, J.F.A. Baumgratz, J.R. Pirani, L.S. Sylvestre, L.C. Maia, L.G. Lohmann, L.P. Queiroz, M. Silveira, M. Nadruz, M.C.H. Mamede, M.N.C. Bastos, M.P. Morim, M.R. Barbosa, M. Menezes, M. Hopkins, R. Secco, T. Cavalcanti, V.C. Souza, orgs). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2: 1201-1227.
- BOVINI, M.G., ESTEVES, G., DUARTE, M.C., TAKEUCHI, C., KUNTZ, J. 2015. Malvaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Malvaceae in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB156>>. Acesso em: 21 abril 2020.
- BRAGG, L.G.; WESTOBY, M. 2002. Leaf size and foraging for light in a sclerophyll woodland. Functional Ecology 16: 633-639. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00661.x>
- BRAZ, V.S.; KANEGAEL, M.F.; FRANCOL, A.C. 2000. Estabelecimento e desenvolvimento de *Dalbergia miscolobium* Benth. em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil central. Acta Botânica Brasileira 14(1): 27-35. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062000000100004>

- BROWN, V.K.; LAWTON, J.H. 1991. Herbivory and the evolution of leaf size and shape. *Philosophical Transactions of the Royal Society - Biological Sciences* 333 (ed. 1267): 265-272. ISSN: 0962-8436 DOI: 10.1098/rstb.1991.0076 <https://doi.org/10.1098/rstb.1991.0076>
- BRUMMITT, R.K. 1992. *Vascular plant families and genera*. Kew: Royal Botanic Gardens. 804 p.
- CASTELLANOS, M.C.; STEVENSON, P.R. 2011. Phenology, seed dispersal and difficulties in natural recruitment of the canopy tree *Pachira quinata* (Malvaceae). *Revista de Biología Tropical* 59(2): 921-933. ISSN-0034-7744
- CHAVES, O. S. (2016). Estudo fitoquímico e antimicrobiano de duas espécies de Malvaceae: *Pavonia malacophylla* (Link & Otto) Garcke e *Sida rhombifolia* L. Tese de Doutorado Universidade Federal da Paraíba. Orientadora Maria de Fátima Vanderlei de Souza. 197p.
- COELHO, M.S.; CARLOSA, P.P.; PINTO, V.D.; MEIRELES, A.; NEGREIROS, D.; MORELLATO, L.P.C.; FERNANDES, G.W. 2018. Connection between tree functional traits and environmental parameters in an archipelago of montane forests surrounded by rupestrian grasslands. *Flora* 238: 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.04.003>
- COMETTI, N.N.; SILVA, J.V.; ZONTA, E.; CESSA, R.M.A. 2020. Evaluation of photosynthetic photon flux in lettuce cultivation at different shading levels. *Horticultura Brasileira* 38: 65-70, DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620200110>
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1(1):17-23.
- CRONQUIST, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. 1262 pp. ISBN 0-231-03880-1. Columbia University Press, New York.
- ESPINDOLA JUNIOR, A.; BOEGER, M.R.T.; MACCARI JÚNIOR, A.; REISSMANN, C.B.; RICKL, F.L. 2009. Variação na estrutura foliar de *Mikania glomerata* Spreng. (Asteraceae) sob diferentes condições de luminosidade. *Revista Brasileira de Botânica* 32(4): 749-758. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000400013>

- ESTEVEES, G.L. 2001. O gênero *Pavonia* Cav. (Malvaceae) na Região Sudeste do Brasil. Boletim do Instituto de Botânica. Univ. São Paulo (15):125-194.
- ESTEVEES, G.L. 2016. *Pavonia*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil>
- ESTEVEES, G.L. & KRAPOVICKAS, A. 2009. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Malvaceae. Bol. Bot. Univ. São Paulo 27(1):63-71. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v27i1p63-71>
- EWALD, B.T.; LOYOLLA, C.M.; PEREIRA, A.C.H.; LENZ, D.; MEDEIROS, A.R.S.; ANDRADE, T.U.; NOGUEIRA, B.V.; PEREIRA, T.M.C.; ENDRINGER, D.C. 2015. Atividade gastroprotetora do extrato etanólico de *Pavonia alnifolia* A.St.-Hil.. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Campinas, 17 (3): 392-397. [https://doi.org/10.1590/1983-084X/13\\_054](https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_054)
- FERNANDES JÚNIOR, A.J. & CRUZ, A.P.O. 2018. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Malvaceae. Rodriguésia 69 (3): 1237-1254. DOI: 10.1590/2175-7860201869325. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869325>
- FLORA, DO BRASIL. Flora do Brasil 2020: Algas, Fungos e Plantas. 2020.
- FOURNIER, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba 24: 422-423.
- FRANCO, A.C. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. Plant Ecology 136: 69–76. <https://doi.org/10.1023/A:1009763328808>
- FRANCO, A.C. 2005. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. Capítulo 10, páginas: 179-196. In CERRADO: ECOLOGIA, BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO. Organizadores A. Scariot, J.C. Sousa-Silva & J.M. Felfili.
- FRANCO, A.C.; ROSSATTO, D.R.; SILVA, L.C.R.; FERREIRA, C.S. 2014. Cerrado vegetation and global change: the role of functional types, resource availability and disturbance in regulating plant community responses to rising CO<sub>2</sub> levels and climate warming. Theoretical and Experimental Plant Physiology 26: 19–38. DOI 10.1007/s40626-014-0002-6 <https://doi.org/10.1007/s40626-014-0002-6>

FRYXELL, P.A. 1997. The American genera of Malvaceae-II. *Brittonia* 49(2): 204-269.

<https://doi.org/10.2307/2807683>

FRYXELL, P.A. 1999. *Pavonia* Cavanilles (Malvaceae). *Flora Neotropica Monograph* 76: 1-284. The New York Botanical Garden Press, Bronx, New York.

GONÇALEZ, V.M.; PFEIL, B.E.; ANTONELLI, A.; DUARTE, M.C. 2017. Two new species of *Pavonia* (Malvoideae, Malvaceae) from southern Bahia, Brazil. *Phytotaxa*, 305(2): 97-103. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.305.2.3>

GONÇALVES, J.F.C.; VIEIRA, G.; MARRENCO, R.A.; FERRAZ, J.B.; JUNIOR, U.M.S.; BARROS, F.C. 2005. Nutritional status and specific leaf area of mahogany and tonka beans under two light environments. *Acta Amazonica* 35(1): 23-27. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000100004>

GONÇALVES, R.B.; MELO, G.A.R. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae s. l.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. *Revista Brasileira de Entomologia* 49(4): 557-571. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262005000400017>

GOTTSBERGER, G. 1972. Blütenbiologische Beobachtungen an brasilianischen Malvaceen. II. *Österr. Bot. Z.* 120: 439-509. <https://doi.org/10.1007/BF01324626>

GRINGS, M.; KRAPOVICKAS, A.; BOLDRINI, I.I. 2011. A new species of *Pavonia* (Malvaceae) from Southern Brazil. *Systematic Botany*, 36(2): 419-423. <https://doi.org/10.1600/036364411X569598>

GRINGS, M.; BOLDRINI, I.I. 2012. Two new species of *Pavonia* section *Lebretonia* subsection *Hastifoliae* (Malvaceae: Malvoideae) from southern Brazil. *Phytotaxa*, 39: 38-46. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.39.1.3>

HULME, P. E., BRUNDU, G., CARBONI, M., DEHNEN-SCHMUTZ, K., DULLINGER, S., EARLY, R.. & KÜHN, I. (2017). Integrating invasive species policies across ornamental horticulture supply chains to prevent plant

invasions. *Journal of applied ecology*, 55 (1): 92-98. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12953>

- KANEGAE, M.F.; BRAZ, V.S.; FRANCO, A.C. 2000. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. *Revista Brasileira de Botânica* 23(4): 459-468. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000400012>
- KILL, L.H.P. 1999. Fenologia, biologia floral e reprodutiva de espécies invasoras das principais frutíferas do submédio do Vale do São Francisco. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 70p.
- KLICH, M. G. 2000. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. *Environmental and Experimental Botany* 44: 171-183. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(00\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(00)00056-3)
- KUBITZKI, K.; CHASE, M.W. 2003. Introduction to Malvales. p.:12-16. In *The Families and Genera of Vascular Plants*. Edited by K. Kubitzki. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-07255-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-07255-4_5)
- LENHARD, N.R.; PAIVA NETO, V.B.; SCALON, S.P.Q.; ALVARENGA, A.A. 2013. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 43(2): 178-186. e-ISSN 1983-4063 <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000200012>
- LIETH, H. 1974. *Phenology and Seasonality Modeling*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-51863-8>
- LOPES, L.G.; TAVARES, G.L.; THOMAZ, L.D.; SABINO, J.R.; BORGES, K.B.; VIEIRA, P.C.; VEIGA, T.A.M. & BORGES, W.S. 2016. Taraxerol 4-Methoxybenzoate, an in vitro inhibitor of photosynthesis isolated from *Pavonia multiflora* A. ST-HIL. (Malvaceae). *Chemistry & Biodiversity* 13: 284-292. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201500049>
- MCDADE, L.A.; DAVIDAR, P. 1984. Determinants of fruit and seed set in *Pavonia dasypetala* (Malvaceae). *Oecologia* 64:61-67. <https://doi.org/10.1007/BF00377544>
- MARQUES, A.R.; GARCIA, Q.S.; FERNANDES, G.W. 1999. Effects of sun and shade on leaf structure and sclerophylly of *Sebastiania myrtilloides* (Euphorbiaceae) from

Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. Boletim Botânico da Universidade de São Paulo 18: 21-27. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v18i0p21-27>

MARQUES, L.J.P.; SILVA, M.R.M.; ARAÚJO, M.S.; LOPES, G.S.; CORRÊA, M.J.P.; FREITAS, A.C.R & MUNIZ, F.H. 2010. Composição florística de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi no sistema de capoeira triturada. Planta Daninha, Viçosa-MG, 28: 953-961. Número especial. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500003>

MARQUIS, R.J.; DINIZ, I.R.; MORAES, H.C. 2001. Patterns and correlates of interspecific variation in foliar insect herbivory and pathogen attack in Brazilian cerrado. Journal of Tropical Ecology 17: 127-148. <https://doi.org/10.1017/S0266467401001080>

MEDEIROS, D.P.W.; ALMEIDA Jr, E.B.; ABREU, M.C.; SANTOS-FILHO, F.S.; ZICKEL, C.S. 2014. Riqueza e caracterização da estrutura lenhosa da vegetação de restinga de baía formosa, RN, Brasil. PESQUISAS, BOTÂNICA 65: 183-199 São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas. ISSN-0373-840 X

MELO JÚNIOR, J.C.F.; SILVA, M.M.; AMORIM, M.W.; TUSSOLINI, E.G.R. 2017. Adaptações estruturais de sete espécies ciófitas arbustivas de Floresta Ombrófila Densa. Hoehnea 44(2): 193-201. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-77/2016> <https://doi.org/10.1590/2236-8906-77/2016>

MOREIRA, H.J.C.; BRAGANÇA, H.B.N. 2011. Manual de identificação de plantas infestantes hortifrúti. Campinas: FMC Agricultural Products. 1017p.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403(6772): 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>

NASCIMENTO, J.M.; GOMES, G.S.; SILVA, G.S.; SILVA, D.L.S.; ARAÚJO, M.F.V.; CONCEIÇÃO, G.M. 2020. Ampliando a ocorrência de Malvaceae para o Maranhão, Brasil. Research, Society and Development 9(4), 11p., e182942612, ISSN 2525-3409 , DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2612> <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2612>

NERY, F.C.; PRUDENTE, D.O.; ALVARENGA, A.A.; PAIVA, R.; NERY, M.C. 2016. Desenvolvimento de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) sob

diferentes condições de sombreamento. *Revista Brasileira de Biociencias* 14(3): 187-192. ISSN 1980-4849 (on-line).

NEUHAUS, H. E.; EMES, M. J. 2000. Nonphoto synthetic metabolism in plastids. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 111–140. doi:10.1146/annurev.arplant.51.1.111

<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.111>

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141-159. <https://doi.org/10.2307/2388804>

NUNES, Y.R.F.; FAGUNDES, M.; SANTOS, R.M.; DOMINGUES, E.B.S.; ALMEIDA, H.S.; GONZAGA, A.P.D. 2005. Atividades fenológicas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. *Lundiana* 6(2): 99-105. ISSN 1676-6180

OGUCHI, R., HIKOSAKA, K. & HIROSE, T. 2005. Leaf anatomy as a constraint for photosynthetic acclimation: differential responses in leaf anatomy to increasing growth irradiance among three deciduous trees. *Plant Cell Environ* 28: 916-927. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01344.x>

OLIVEIRA, P.S. & MARQUIS, R. 2002. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York, 398 p. <https://doi.org/10.7312/oliv12042>

OLIVEIRA-FILHO, A.T., RATTER, J.A., 2002. 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, New York, pp. 91–120. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-005>

OPLER, P.A.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* 3(3): 231-236. <https://doi.org/10.2307/3038013>

PACHECO, F.V.; PEREIRA, C.R.; SILVA, R.L.; ALVARENGA, I.C.A. 2013. Crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth. (FABACEAE) e *Chorisia speciosa* A.St.-Hil (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento.

- PALLAORO, D.S.; ARANTES, C.R.A.; CORREA, A.R.; CAMILI, E.C.; COELHO, M.F.B. 2020. Effects of humus and shading levels in the production of *Lactuca canadensis* L. seedlings. *Acta Agronômica* 69(1): 32-37. ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.72550>
- PEARCY, R.W. Responses of plants to heterogeneous light environments. In: PUGNAIRE, F.I.; VALLADARES F. (Eds.). *Functional plant ecology*. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p.213-246. <https://doi.org/10.1201/9781420007626-7>
- POORTER, L. 2001. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth for rain forest tree species. *Functional Ecology* 15:113-123. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2001.00503.x>
- POORTER, L.; ROZENDAAL, D.M.A. 2008. Leaf size and leaf display of thirty-eight tropical tree species. *Oecologia* 158: 35-46 DOI 10.1007/s00442-008-1131-x <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1131-x>
- QUEZADA, W.F.M.; TORRES, W.D.Q.; AGUILAR, E.G. 2016. Plantas mucilaginosas en la clarificación del jugo de la caña de azúcar. *Centro Azúcar* 43(2): 1-11.
- RAAI, M.N.; ZAIN, N.A.M.; OSMAN, N.; REJAB, N.A.; SAHRUZAINI, N.A.; CHENG, A. 2020. Effects of shading on the growth, development and yield of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). *Ciência Rural* 50(2), 7p. , 2020 <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190570>
- RASBAND, W.S. *ImageJ*, U. S. National Institutes of Health. Bethesda: 1997. Disponível em: <http://imagej.nih.gov/ij/> Acesso em 24.6.2029.
- RATHCKE, B.J. 2000. Hurricane causes resource and pollination limitation of fruit set in a bird-pollinated shrub. *Ecology* 81(7): 1951-1958. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[1951:HCRAPL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[1951:HCRAPL]2.0.CO;2)
- RIBEIRO, J. F., & CASTRO, L. H. R. (1985). Método quantitativo para avaliar características fenológicas em árvores. *Revista brasileira de Botânica*, 9 (1): 7-11.

- RIBEIRO, D.A.; OLIVEIRA, L.G.S.; MACÊDO, D.G.; MENEZES, I.R.A.; COSTA, J.G.M.; SILVA, M.A.P.; LACERDA, S.R.; SOUZA, M.M.A. 2014. Promising medicinal plants for bioprospection in a Cerrado area of Chapada do Araripe, Northeastern Brazil. *Journal of Ethnopharmacology* 155: 1522–1533. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.07.042>
- RIZZINI, C. T. 1976. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos. São Paulo: HUCITEC, EDUSP, 327 p.
- ROJAS, J.A.R.; MANTILLA, P.L.A.; ROMERO, M.J.J. 2016. Diversidad florística en florística en agroecosistemas ganaderos bovinos en el Cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001 Centro Agrícola, 43(1): 44-47.
- SABINO, M.; FERNEDA, B.G.; MARTIM, C.C.; BOUVIÉ, L.; SILVA, C.C.; SOUZA, A.P.; SILVA, A.C.; FELIPE, R.T.A. 2020. Crescimento inicial de ipê-amarelo amazônico e de cerrado cultivados sob diferentes intensidades de sombreamento e comprimento espectral de onda. *Interciência* 45(4): 183-191.
- SAKAI, A.K.; ALLENDORF, F.W.; HOLT, J.S.; LODGE, D.M.; MOLOFSKY, J.; WITH, K.A.; BAUGHMAN, S.; CABIN, R.J.; COHEN, J.E.; ELLSTRAND, N.C.; MCCAULEY, D.E.; O'NEIL, P.; PARKER, I.M.; THOMPSON, J.N.; WELLER, S.G. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32:305–332. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114037>
- SALGADO, M.A.S.; REZENDE, A.V.; FELFILI, J.M.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C. 2001. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. *Brasil Florestal*, Nº 70: 13-21.
- SAMPAIO, E.V.S.B., PARYEN, F.G.C., FIGUEIRÔA, J.M. & JUNIOR, A.G.S. 2005. Espécies da Flora Nordestina de Importância Econômica Potencial. Associação Plantas do Nordeste, Recife.
- SAZIMA, M. 1981. Polinização de duas espécies de *Pavonia* (Malvaceae) por beija-flores, na Serra do Cipó, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Biologia* 41(4): 733-737. ISSN 1519-6984

- SCHLINDWEIN, C.; MARTINS, C.F. 2000. Competition between the oligolectic bee *Ptilothrix plumata* (Anthophoridae) and the flower closing beetle *Pristimerus calcaratus* (Curculionidae) for floral resources of *Pavonia cancellata* (Malvaceae). *Plant Systematics and Evolution* 224:183-194. <https://doi.org/10.1007/BF00986342>
- SILVA, E.; MALVINO, S. S. A. B. 2005. Análise climática do município de Patrocínio (MG). *Caminhos de Geografia, Uberlândia* 10 (16): 93-108.
- SILVA, M.R. 2006. Dinâmica da comunidade arbórea de uma floresta semidecidual em Uberlândia, Minas Gerais. Dissertação de mestrado pelo PPGECRN, UFU, orientada por Glein Monteiro Araújo. 46p.
- SILVA, R. E.; SILVA, G. A. 2012. A importância do clima na instalação e produção cafeeira no cerrado mineiro: o caso de Patrocínio no Alto Paranaíba (MG). *Geonorte* 2 (5): 840-852.
- SOARES, N.S.; GONÇALVES, C.A.; ARAÚJO, G.M.; LOMÔNACO, C. 2015. Floristic composition and abundance in forest fragments: a case study from Southern Goiás, Brazil. *Bioscience Journal, Uberlândia*, 31(4): 1238-1252. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n4a2015-26303>
- SOUZA, V.C. & LORENZI, H. 2012. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III*. 3 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- SOUZA-FILHO, A.P.S.; DUTRA, S. & MASCARENHAS, R.E.B. 1997. Controle de espécies de invasoras de pastagens cultivadas na região amazônica brasileira. Resumos do XXI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Caxambu-MG, 6 a 11 de julho, página 306.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. 2014. *Plant Physiology and Development*, 6ª ed. Sinauer Associates.
- TAKEUCHI, C. & ESTEVES, G.L. 2012. Synopsis of *Abutilon* (Malvoideae, Malvaceae) in the state of São Paulo, Brazil. *Phytotaxa* 44:39-57. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.44.1.4>

- TORRES, Y.A.; LONG, M.A.; ZALBA, S.M. 2008. Reproducción de *Pavonia cymbalaria* (Malvaceae), una especie nativa con potencial ornamental. *Phyton - International Journal of Experimental Botany* 77: 151-160.
- TOREZAN-SILINGARDI, H.M.; OLIVEIRA, P.E.A.M. 2004. Phenology and reproductive ecology of *Myrcia rostrate* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in central Brazil. *Phyton* 44(1): 23-43.
- VAHITHA, R.; VENKATACHALAM, M.R.; MURUGAN, K.; JEBANESAN, A. 2002. Larvicidal efficacy of *Pavonia zeylanica* L. and *Acacia ferruginea* D.C. against *Culex quinquefasciatus* Say. *Bioresource Technology* 82: 203-204. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00175-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00175-4)
- VALLADARES, F.; ARRIETA, S.; ARANDA, I.; LORENZO, D.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, D.; TENA, D.; SUÁREZ, F.; PARDOS, J.A. 2005. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. *Tree Physiology* 25: 1041–1052. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.8.1041>
- VASCONCELOS, P.B.; ARAÚJO, G.M.; BRUNA, E.M. 2014. The role of roadsides in conserving Cerrado plant diversity. *Biodiversity and Conservation* 23: 3035–3050 DOI 10.1007/s10531-014-0762-y <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0762-y>
- VILELA, A.A.; TOREZAN-SILINGARDI, H.M.; DEL-CLARO, K. 2014. Conditional outcomes in ant–plant–herbivore interactions influenced by sequential flowering. *Flora* 209: 359–366. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.04.004>
- VILELA, A.A.; DEL-CLARO, V.T.S.; TOREZAN-SILINGARDI, H.M.; DEL-CLARO, K. 2018. Climate changes affecting biotic interactions, phenology, and reproductive success in a savanna community over a 10-year period. *Arthropod-Plant Interactions* 12: 215–227. doi.org/10.1007/s11829-017-9572-y <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9572-y>
- WOODSON, R., SCHERY, R., & ROBYNS, A. (1965). Flora of Panama. Part VI. Family 115. Malvaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 52(4), 497-578. doi:10.2307/2394992 <https://doi.org/10.2307/2394992>

---