



Universidade Federal De Uberlândia

Instituto de Biologia

Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

**ECOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE
EVOLVULUS PTEROCAULON (CONVOLVULACEAE)
CONDICIONADA PELO AMBIENTE NO CERRADO**

Vitor de Andrade Posterare

2021

Vitor de Andrade Posterare

**ECOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE
EVOLVULUS PTEROCAULON (CONVOLVULACEAE)
CONDICIONADA PELO AMBIENTE NO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências para obtenção do título de Mestre
em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora

Profa. Dra. Helena Maura Torezan Silingardi

Coorientador

Prof. Dr. Hipólito Ferreira Paulino Neto

Uberlândia

2021

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

P857
2021 Posterare, Vitor de Andrade, 1995-
Ecologia e biologia reprodutiva de *Evolvulus*
pterocaulon (Convolvulaceae) condicionada pelo ambiente
no Cerrado [recurso eletrônico] / Vitor de Andrade
Posterare. - 2021.

Orientadora: Helena Maura Torezan Silingard.
Coorientador: Hipólito Ferreira Paulino Neto.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Ecologia e Conservação de
Recursos Naturais.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.386>

Inclui bibliografia.

1. Ecologia. I. Silingard, Helena Maura Torezan, 1968-
, (Orient.). II. Paulino Neto, Hipólito Ferreira, 1979-
, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.
Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais. IV. Título.

CDU: 574

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Vitor de Andrade Posterare

**ECOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE
EVOLVULUS PTEROCAULON (CONVOLVULACEAE)
CONDICIONADA PELO AMBIENTE NO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências para obtenção do título de Mestre
em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovado em 27 de Agosto de 2021

Profa. Dra. Silvana Buzato

Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Vanessa Stefani Sul Moreira

Universidade Federal de Uberlândia

Profa. Dra. Helena Maura Torezan-Silingardi

Universidade Federal de Uberlândia

(Orientadora)

Uberlândia

Agosto – 2021

Agradecimento

Primeiramente agradeço a UFU e o Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, pela oportunidade e por fornecerem a estrutura para que este trabalho fosse realizado. Ao Clube Caça e Pesca de Uberlândia por permitir a realização deste estudo em suas dependências. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

Queria agradecer principalmente à minha orientadora Helena Maura Torezan-Silingardi, pela ótima orientação, empenho e paciência nesta caminhada também por contribuir com meu crescimento tanto pessoal, quanto profissional. Agradeço também ao meu coorientador Hipólito Ferreira Paulino Neto pelo apoio prestado.

Agradeço aos meus pais, por sempre acreditarem em mim e tornar possível o meu sonho, me dando apoio e condições de segui-lo.

Por último, agradeço aos meus amigos de turma e de vida, que de alguma forma estiveram comigo nesse tempo, apoiando e tornando o fardo mais leve de ser carregado.

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
2. Material e Métodos.....	7
2.1. Área de estudo	7
2.2. Espécie vegetal	9
2.3. Características ambientais.....	10
2.4. Fenologia da Espécie	10
2.5. Biologia Floral	11
2.6. Fenologia Floral.....	12
2.7. Biologia Reprodutiva.....	12
2.8. Frutificação natural considerando quatro áreas distintas.....	13
2.9. Visitantes florais	13
2.10. Análises Estatísticas.....	14
3. Resultados.....	16
3.1. Características ambientais.....	16
3.2. Fenologia da Espécie	17
3.3. Biologia floral	20
3.4. Fenologia da flor.....	21
3.5. Biologia Reprodutiva.....	22
3.6. Frutificação natural entre áreas.....	23
3.7. Visitantes florais e sua função ecológica.....	23
4. Discussão.....	30
5. Conclusão.....	39
Referências	40

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	8
FIGURA 2	19
FIGURA 3	21
FIGURA 4	24
FIGURA 5	27
FIGURA 6	29

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1	6
TABELA 2	16
TABELA 3	17
TABELA 4	22
TABELA 5	23
TABELA 6	24
TABELA 7	26
TABELA 8	30

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma do território nacional, sendo está uma importante fitofisionomia que vem sofrendo com a degradação causada pela atividade humana. As mudanças antrópicas geram alterações na paisagem criando diferentes condições ambientais, como temperatura, umidade e iluminação solar, fazendo com que importantes interações ecológicas sejam afetadas, como a polinização, responsável pela manutenção das comunidades locais. Convolvulaceae é uma família importante tanto para manutenção das comunidades vegetais e seus polinizadores, com isso neste trabalho avaliamos a ecologia e biologia reprodutiva de *Evolvulus pterocaulon* condicionada pelos distintos ambientes do Cerrado. Para isso foram elaborados cinco objetivos específicos: (1) investigar a fenologia da espécie; (2) determinar a biologia e fenologia da flor; (3) compreender a biologia reprodutiva; (4) averiguar se há diferença na frutificação natural condicionada pelos visitantes florais presentes em quatro áreas próximas; (5) conhecer o papel dos visitantes florais. A espécie apresentou floração anual, na época das chuvas e altamente sincronizada entre os indivíduos. As flores de *E. pterocaulon* tem antese a partir das 6:30h da manhã com pólen já disponível, porém o estigma fica receptivo somente depois de cerca de 30 min. e flor dura até as 12h. A corola em forma de prato com pólen exposto e facilmente acessível torna a flor generalista e acessada por diversos insetos. O sistema reprodutivo foi autoincompatível tornando a espécie dependente de polinizadores para sua frutificação. As abelhas foram consideradas polinizadoras efetivas por seu comportamento adequado e sua alta frequência nas flores. Moscas foram consideradas polinizadoras eventuais por nem sempre tocarem o estigma, e borboletas foram consideradas inaptas à polinização por suas raras visitas e falta de contato com as partes reprodutivas. A espécie se mostrou capaz de frutificar e se manter tanto em áreas naturais como também em ambientes alterados, sustentando em ambos a mesma guilda de insetos polinizadores.

Palavras-chave: Biologia floral, Fenologia, Polinizadores, Abelhas, Brasil.

ABSTRACT

The Cerrado is the second largest biome in the national territory, and it is an important phytophysognomy that has been suffering from degradation caused by human activity. Anthropogenic changes generate changes in the landscape, creating different environmental conditions, such as temperature, humidity and sunlight, causing important ecological interactions to be affected, such as pollination, responsible for the maintenance of local communities. Convolvulaceae is an important family for maintenance of plant communities and their pollinators, so in this work we evaluate the ecology and reproductive biology of *Evolvulus pterocaulon* conditioned by different environments of the Cerrado. For that, five specific objectives were elaborated: (1) to investigate the phenology of the species; (2) to determine the biology and phenology of the flower; (3) to understand reproductive biology; (4) to find out if there is a difference in natural fruiting conditioned by floral visitors present in four nearby areas; (5) to know the role of floral visitors. The species showed annual flowering during the rainy season and highly synchronized among individuals. *E. pterocaulon* flowers have anthesis from 6:30 am with pollen already available, but the stigma is receptive only after about 30 min. and flower lasts until 12:00. The dish-shaped corolla with exposed and easily accessible pollen makes the flower generalist and accessed by several insects. The reproductive system was self-incompatible, making the species dependent on pollinators for its fruiting. Bees were considered effective pollinators for their proper behavior and their high frequency in flowers. Flies were considered occasional pollinators for not always touching the stigma, and butterflies were considered unsuitable for pollination because of their rare visits and lack of contact with the reproductive parts. The species proved to be able to fruit and maintain itself both in natural areas and in altered environments, sustaining in both the same guild of pollinating insects.

Key words: Floral biology, Phenology, Pollinators, Bees, Brazil.

1. Introdução

A biodiversidade presente numa comunidade é responsável por manter sua cadeia trófica funcional e molda as interações entre suas espécies (Ricklefs, 2003). As interações ecológicas entre plantas e animais são responsáveis por manter as comunidades viáveis (Thompson 1997; Lewinsohn 2012). Elas dependem tanto de fatores bióticos quanto abióticos, os quais por sua vez, variam no tempo e no espaço e também na presença contínua ou não das diversas espécies (Del-Claro e Torezan-Silingardi, 2019). Há uma grande variedade de relações interespecíficas, como a competição por recursos (Price et al., 1986), a herbivoria (Lawton; McNeill, 1979; Price et al., 1980) e o mutualismo (Gilbert, 1980). As relações de polinização mostram muitos exemplos de mutualismo entre plantas e animais associados às suas flores (Faegri; Van Der Pijl, 1979; Torezan-Silingardi et al. 2021).

Nas relações de polinização a planta e o polinizador estão diretamente relacionados através dos recursos produzidos na flor e consumidos pelos animais, mostrando interações onde há possibilidade de utilização de um mesmo recurso por várias espécies de visitantes florais, alguns capazes de promover a polinização e outros não (Torezan-Silingardi & Oliveira 2004; Gianoli et al., 2009; Torezan-Silingardi et al. 2021). A polinização é um importante mecanismo na reprodução das plantas fanerógamas, especialmente interessante para a troca gênica. A polinização dependente de animais ou zoofilia é vista em muitas espécies (Klein et al. 2007), por exemplo, cerca de 94% das plantas de comunidades tropicais necessitam de polinização biótica para sua frutificação (Ollerton et al. 2011). Dessa forma, a relação planta-polinizador é essencial para a manutenção das populações e da estrutura das comunidades, pois influencia a manutenção, a distribuição espacial, a riqueza, a abundância das espécies e a estrutura trófica local (Janzen 1970; Smith 1973; Heithaus 1974; Bawa *et al.* 1985; Mohammed et al., 2018).

Plantas que não se reproduzem vegetativamente pela produção de brotos, não desenvolvem suas sementes por agamospermia ou que apresentam mecanismos de incompatibilidade que impedem seu próprio pólen de gerar suas sementes, são plantas dependentes da chegada de pólen vindo de outros indivíduos para frutificar. O

transporte do pólen pode acontecer pelo vento e pela água, abioticamente, ou através de animais pela zoofilia. As condições ambientais distintas vão influenciar a presença das plantas e também dos seus polinizadores de formas particulares e nem sempre propiciarão igualmente as condições básicas para a manutenção de determinadas espécies da mesma forma, mesmo que em áreas relativamente próximas. O decréscimo ou mesmo a extinção local de algumas espécies de polinizadores pode levar à extinções locais de espécies vegetais que necessitam do transporte polínico realizado por aquela espécie animal específica (Corlett & Turner 1997; Torezan-Silingardi & Del-Claro 1998; Machado & Lopes 2004).

A polinização é um processo ecológico estratégico nas comunidades terrestres. Os estudos sobre a biologia da polinização em áreas com diferentes níveis de degradação são importantes ferramentas para sabermos quais as consequências locais da falta deste importante serviço ecossistêmico. A fragmentação antrópica provoca mudanças bruscas e às vezes até mesmo irreversíveis, alterando as diferentes condições microclimáticas ambientais encontradas entre os estratos da vegetação, como umidade, temperatura e iluminação solar, aumentando a diferença entre nichos ecológicos (Roth 1987; Lord & Norton, 1990; Metzger, 1999; Haddad et al., 2015). Isso vai direta e indiretamente moldar a disponibilidade e o comportamento dos polinizadores locais, pois eles serão influenciados pela estrutura e estratificação da vegetação, a qual gera diferentes características no microclima e na consequente disponibilidade de recursos (Smith 1973; Silberbauer-Gottsberger e Gosttsberger, 1988; Silva et al., 2012, Aleixo et al. 2014). Essas diferenças podem ser notadas entre a borda e o interior da mata, nas zonas de transição entre fisionomias e entre as áreas degradadas e preservadas. Mesmo em uma mesma área de Cerrado encontramos diferentes fitofisionomias e consequentemente há uma grande variação na composição das espécies (Marimon-Júnior; Haridasan, 2005), o que torna possível encontrarmos diferentes guildas de polinizadores em diferentes locais. Uma situação como essa pode gerar diferentes taxas de polinização para a mesma espécie em ambientes relativamente próximos.

As diversas estratégias de polinização correspondem às muitas adaptações entre a morfologia/fisiologia das espécies animais e vegetais, especialmente das

características encontradas nas flores de cada família/gênero vegetal (Almeida et al. 2008; Torezan-Silingardi et al. 2021). As características moldadas pela interação fauna-flora-ambiente podem gerar adaptações nas espécies, levando à melhor utilização dos recursos presentes. Consequentemente, podemos encontrar situações em que a polinização e posterior frutificação podem ser incrementadas, enquanto determinada espécie de polinizador pode melhorar a alimentação da prole. Situações assim podem ser vistas tanto em espécies com flores mais generalistas quanto com flores de morfologia mais especializada. Muitas plantas de estágios sucessionais iniciais têm polinizadores mais comuns e generalistas, o que as distingue de várias plantas de estágios sucessionais mais avançados com seus polinizadores especialistas e raros (Teixeira & Machado, 2000). Diferentes estágios sucessionais na vegetação podem ser observados especialmente em áreas fragmentadas e com variadas intensidades de impacto antrópico, fato muito comum no Cerrado.

O Cerrado ou savana brasileira apresentava originalmente cerca de 204 milhões de hectares, ocupando aproximadamente 22% do território nacional (Coutinho, 2002; IBGE, 2004). Atualmente o Cerrado apresenta apenas cerca de 5% de áreas protegidas (Jepson, 2005), com intenso desmatamento e fragmentação em cerca de 80 milhões de hectares, restringindo as áreas naturais e conservadas a pequenos remanescentes somando cerca de 52% de sua área original (Oliveira-Filho e Ratter, 2002; INPE 2018). Ele apresenta a maior biodiversidade entre todas as savanas do mundo com cerca de 12 mil espécies de angiospermas (BFG 2018), porém 366 espécies estão em situação de perigo (Martinelli et al. 2014). Consequentemente, o Cerrado é considerado um dos mais importantes e ameaçados hotspots do mundo devido à sua alta taxa de endemismo e ao acelerado processo de fragmentação e perda de áreas naturais (Myers et al., 2000). A fragmentação intensifica o efeito de borda, levando a mudanças no meio abiótico, como alterações no regime de ventos, queda na umidade local, aumento da temperatura, radiação solar, evaporação, erosão e assoreamento (Nunes et al. 2003; Borges et al., 2004; Alves Jr. Et al. 2006; Novais et al. 2020), podendo inclusive alterar o regime hidrológico (Costa e Pires, 2010) com o rebaixamento do lençol freático (Carvalho et al. 2009). Mudanças nas condições ambientais podem levar

à alterações nas taxas de crescimento e reprodução das plantas (Bruna et al. 2002). A fragmentação altera os padrões de distribuição espacial da flora e da fauna associada, afetando toda a biodiversidade local (Laurance et al. 2000) com o isolamento entre populações. Conseqüentemente os processos ecológicos nas comunidades poderão ser alterados (Rathcke & Jules 1993) juntamente com a biodiversidade local e regional devido à perda de micro-habitats únicos e às mudanças nos padrões de polinização e dispersão de sementes (Soulé e Kohm, 1989, Novaes et al. 2020).

O Cerrado apresenta cerca de 150 famílias de angiospermas (Souza e Lorenzi, 2008), dentre elas há a família Convolvulaceae Juss. que é considerada uma família monofilética (Judd et al. 1999, Stefanović et al. 2002, 2003) pertencente ao clado das Lamiídeas na ordem Solanales Juss. ex Bercht. & J.Presl. (APG IV). A maioria das suas espécies se encontra em regiões tropicais e subtropicais, com poucos representantes nas zonas temperadas (Heywood 1993). No Brasil, existem cerca de 55 gêneros, com 1.930 espécies (Judd et al. 1999) encontradas predominantemente em áreas abertas do Cerrado e Caatinga (Junqueira e Simão-Bianchini. 2006). Suas flores são procuradas por insetos por causa da coloração intensa e do pólen e/ou néctar acessíveis (Simão-Bianchini 1991). Alguns gêneros como *Cuscuta*, *Ipomoea*, *Merremia*, *Operculina* e *Evolvulus* apresentam espécies com valor medicinal (Guarim-Neto & Moraes 2003, Alok Nahata et al. 2009, Patil & Dixit 2009.), valor alimentício como a batata doce *Ipomoea batatas* (Judd et al. 2009) ou espécies invasoras (Machado & Sazima 1987). Entre os gêneros mais conhecidos destacamos *Evolvulus* L., o segundo mais comum no território nacional (Simão-Bianchini et al., 2015). *Evolvulus* tem cerca de 100 espécies encontradas nas Américas e 73 espécies no Brasil, especialmente no Cerrado e na Caatinga (Ooststroom 1934; Silva 2008, 2013), muitas vezes em áreas de borda da vegetação mais alta (Souza e Lorenzi 2005).

Objetivos

Nosso objetivo geral foi avaliar a ecologia e a biologia reprodutiva de uma espécie comum da família Convolvulaceae condicionada pelos distintos ambientes do Cerrado. Para isso apresentamos cinco objetivos específicos e suas hipóteses na Tabela 1.

Tabela 1: Objetivos específicos, hipóteses testadas, abordagens utilizadas e recursos textuais apresentados ao longo do texto.

Objetivos Específicos	Expectativas	Abordagem	Recursos textuais
Investigar a fenologia da espécie	h1) A espécie apresentará florada anual no período chuvoso	Acompanhar presença e intensidade de eventos fenológicos	Fig. 2
Determinar a biologia e fenologia da flor	h2) A espécie apresentará flores diurnas e generalistas visitadas principalmente por insetos pequenos	Acompanhar a flor desde sua antese até a senescência, contabilizando as estruturas da flor e sua fisiologia	Fig. 3
Compreender a biologia reprodutiva	h3) A espécie terá alta dependência de animais para a polinização e consequente frutificação	Realizar testes de polinização controlada e comparar os resultados com a polinização natural	Tab. 4
Averiguar se há diferença na frutificação natural condicionada pelos visitantes florais presentes em quatro áreas próximas.	h4) Áreas com maior abundância de polinizadores terão maior frutificação h5) Áreas com maior quantidade de indivíduos de <i>E. pterocaulon</i> terão maior frutificação que áreas com poucos indivíduos	Acompanhar a floração em quatro áreas distintas e verificar se são condicionadas pela abundância de polinizadores e/ou pela quantidade de plantas próximas	Tab. 3 Tab. 5 Tab. 9
Conhecer o papel dos visitantes florais	h6) A maioria dos visitantes florais será capaz de efetuar a polinização	Observar o comportamento dos visitantes	Fig. 4 Tab. 6 Tab. 7 Fig. 5 Fig. 6

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

As coletas de dados foram realizadas ao longo de 17 meses entre agosto/2019 até dezembro/2020 em áreas ao redor e dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural pertencente ao Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, no estado de Minas Gerais, Brasil, localizado a $18^{\circ}57'45''\text{S}$ e $48^{\circ}17'30''\text{W}$. O local apresenta vegetação típica de Cerrado lato sensu, incluindo veredas, campo limpo, campo sujo, cerrado sentido restrito e florestas paludosas (Apollinário; Schiavini, 2002). O clima da região é caracterizado como Aw de acordo com o sistema Köppen-Geiger com duas estações bem definidas, uma quente e úmida de outubro a março e outra fria e seca de abril a setembro, com 22°C de temperatura média anual e com precipitação anual de 1500 mm (Bächtold et al., 2012). A reserva possui o entorno caracterizado pela presença de estradas de terra e de asfalto, chácaras e fazendas, além de ser próxima do perímetro urbano.

As coletas e observações foram realizadas em quatro locais dentro da área do Clube, cada qual com diferentes níveis de perturbação antrópica. O primeiro local (Fig. 1A) é uma área de vegetação baixa entre uma pista de aerodelismo e uma pista de motocross, perto da entrada da reserva ecológica. A vegetação é dominada por gramíneas e poucos arbustos, com podas constantes na época úmida do ano pois a vegetação rasteira é mais adequada para a prática do aerodelismo. O segundo local (Fig. 1B) fica na beirada da trilha principal dentro da reserva ecológica, com vegetação típica de cerrado sensu stricto com arbustos e árvores que proporcionam um ambiente mais sombreado. Uma ou duas vezes ao ano essa trilha tem a vegetação lateral retirada para a manutenção da trilha. O terceiro local (Fig. 1C) foi o campo sujo dentro da reserva, com muitas gramíneas, poucos arbustos e pouquíssimas árvores, praticamente sem interferência humana. Essa área fica entre o campo limpo que ladeia a vereda e o cerrado estrito sensu e é mais sombreada do que as áreas 1 e 4. O quarto e último local

(Fig. 1D) foi o entorno de um lago fora da reserva, ecológica, com vegetação muito espaçada composta por gramíneas, arbustos e poucas árvores.



Figura 1: Áreas utilizadas para as observações no Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, Brasil. Campo de gramíneas (A), trilha na área de cerrado sensu stricto (B), campo sujo (C) e entorno do lago (D).

2.2. Espécie vegetal

Evolvulus pterocaulon Moric (Convolvulaceae) tem hábito subarborescente com altura entre 40-60 cm, apresentando poucas ramificações. As folhas são decorrentes, papiráceas, vilosas com o pecíolo alado, as inflorescências são terminais, espiciformes, congestas e com brácteas lineares e vilosas, o pedicelo ausente, sépalas lanceoladas, corola hipocrateriforme gamopétala e de coloração azul, com androceu e gineceu funcionais e na mesma flor (Junqueira & Simão-Bianchini 2006; Da Silva 2008). *Evolvulus pterocaulon* é encontrada no Brasil, na Bolívia e na Venezuela (Ooststroom 1934). No Brasil a espécie é bem distribuída ocupando áreas no Distrito Federal, Maranhão, Piauí, Ceará, Alagoas, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo (Junqueira & Simão-Bianchini 2006) em áreas de Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica (Moreira & Pigoso 2015). Exsicatas das plantas observadas foram depositadas no Herbário Uberlandensis HUFU sob número 76569'.

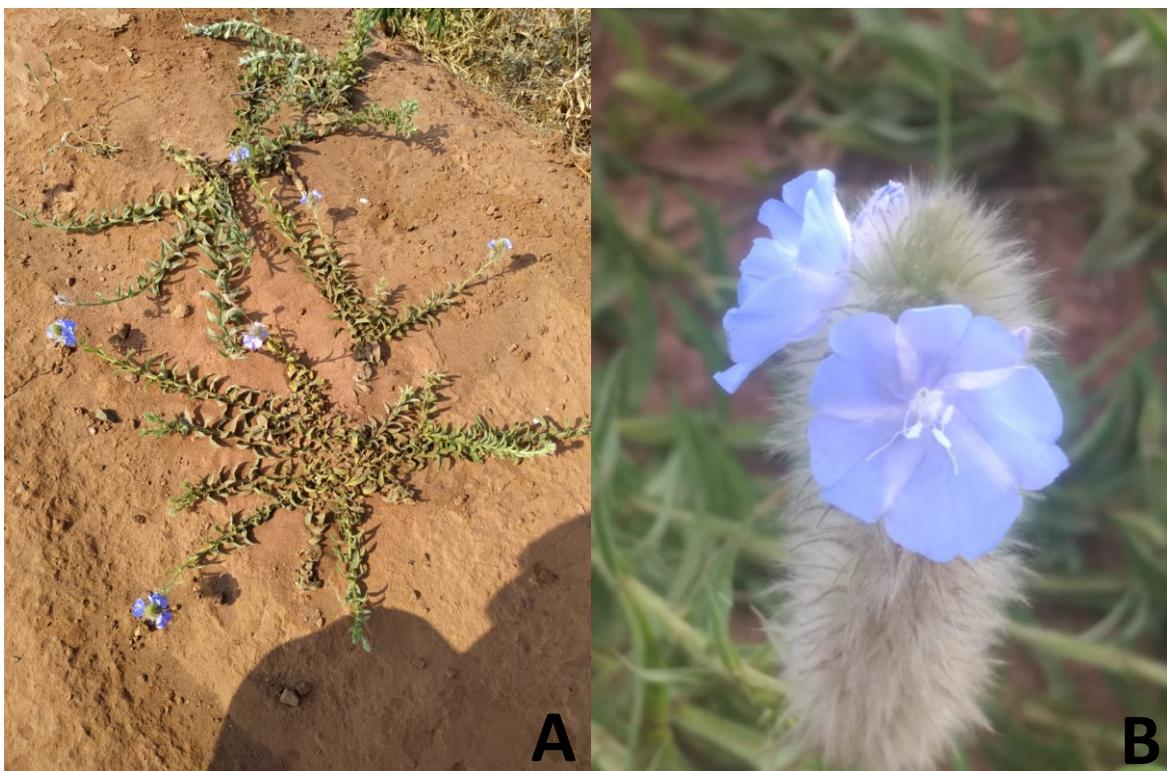


Figura 2: Foto de *Evolvulus pterocaulon* (A), Close da inflorescência de *E. pterocaulon*.

2.3. Características ambientais

A umidade relativa do ar, a temperatura e a radiação luminosa foram analisadas nas quatro áreas. Essas características ambientais abióticas foram quantificadas com um medidor profissional 5 em 1: Anemômetro, Medidor de umidade, Luxímetro, Termômetro e Decibelímetro da marca Lutron (LM-8102, modelo 492A/THDLA-500) a cada 30 minutos a partir da antese até o murchamento ou queda das partes da flor, em três dias ensolarados. Esses valores foram comparados com a visitação observada nas flores.

Evolvulus pterocaulon teve sua abundância local contabilizada a partir da contagem de moitas formadas por um ou mais indivíduos, pois a proximidade entre eles e o entrelaçamento dos ramos não permite a individualização das plantas. O mesmo foi constatado para outras espécies da família Convolvulaceae (Sarma et al. 2007). As áreas 1, 3 e 4 tiveram 25x25 m amostrados, diferentemente da área 2 que ladeava a trilha e teve 3x200 m amostrados.

2.4. Fenologia da Espécie

Observamos mensalmente as mudanças na fenologia da espécie considerando a presença e intensidade de sete eventos fenológicos: (1) brotação foliar, (2) folhas maduras, (3) queda foliar, (4) botões, (5) flores, (6) frutos jovens e (7) frutos maduros. Foram considerados frutos jovens aqueles com coloração verde claro e frutos maduros a partir da mudança de coloração para o marrom e com deiscência. As observações foram feitas a partir de 30 indivíduos em cada uma das quatro áreas, entre os meses de agosto de 2019 a agosto de 2020. A intensidade de cada evento foi estimada visualmente e dividido em três níveis: (1) evento com baixa intensidade ou inexistente (0-25%), (2) evento com intensidade média (26-75%) e (3) evento com alta intensidade (76-100%) (adaptado de Fournier, 1974; Ribeiro e Castro, 1986).

2.5. Biologia Floral

A biologia floral foi descrita a partir de 12 flores recém-abertas, oriundas de botões florais pré-ensacados, cada uma de uma planta diferente. Essas flores frescas foram levadas ao Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações e analisadas com estereomicroscópio e paquímetro digital marca LEE Tools com resolução de 0,01 mm. Foram feitas as observações sobre a (1) quantidade de sépalas e (2) pétalas, (3) a cor predominante e (4) presença de odor. Também realizamos a contagem e medição das estruturas florais, como (5) o diâmetro da corola, (6) a altura da flor, (7) a quantidade de estames, (8) o comprimento dos filetes, (9) o comprimento das anteras, (10) a largura das anteras, (11) a quantidade de estigmas e (12) dos estiletos, (13) o comprimento dos estigmas e (14) dos estiletos, (15) a quantidade de lóculos no ovário, (16) a quantidade de óvulos por lóculo, (17) a quantidade de grãos de pólen por flor e (18) a viabilidade polínica. A viabilidade polínica foi observada no microscópio segundo Kearns & Inouye (1993) a partir de 1000 grãos de pólen coletados em 10 flores recém-abertas e pré-ensacadas, cada flor de um indivíduo diferente. Foram considerados viáveis os grãos de tamanho regular e inteiramente corados pelo Carmin acético, e os grãos maiores, menores ou parcialmente corados foram considerados inviáveis. A quantidade de grãos de pólen por flor foi verificada a partir de uma antera por flor, em 5 flores recém-abertas e pré-ensacadas, depois esse número foi multiplicado pelo número de anteras presentes na flor para estimarmos a quantidade média de grãos por flor, seguindo a metodologia de Kearns & Inouye (1993). A quantidade de grãos de pólen e de óvulos foi usada para calcular o índice proposto por Cruden (1977), que sugere qual é a dependência dos polinizadores para a planta frutificar.

As coletas de odor floral foram realizadas seguindo metodologia de Maia et al. (2014) a partir de 10 flores recém-abertas e pré-ensacadas. As flores foram envoltas por um saco plástico de polietileno para acumular a fragrância por 30 min. após este período os compostos presentes na fragrância foram aspirados por uma bomba de sucção (ASF Thomas, Inc., Alemanha) por aproximadamente uma hora, e ficaram aderidos em traps de acúmulo de odores. Amostras de compostos diluídos no ambiente

foram coletadas simultaneamente para servir de controle. Todas as amostras foram armazenadas para posterior extração e análise dos componentes químicos. No entanto, houve falta de reagentes no laboratório do nosso colaborador, o que impossibilitou a análise final.

2.6. Fenologia Floral

As observações dos eventos fenológicos florais foram feitas a partir de 15 flores recém-abertas, cujos botões foram previamente ensacados, sendo cinco flores em cada planta, ou seja, três plantas no total. Cada planta foi observada em um dia diferente. Foram observados cinco parâmetros: (1) momento de abertura das pétalas, (2) desenrolar dos filetes, (3) presença de odor, (4) receptividade estigmática e (5) abertura das anteras para liberar o pólen. O momento de liberação dos grãos de pólen das anteras foi constatado com o auxílio de uma superfície escura, onde flores previamente ensacadas e recém-abertas foram sacudidas para se observar se havia o pólen ali presente. A receptividade do estigma foi verificada com o auxílio de lupa de testa e peróxido de oxigênio a 3%, o teste foi repetido a cada 30 minutos a partir da antese e sempre em uma nova flor para se verificar a produção das bolhas de O₂. Já a presença de odor foi verificada a partir do momento de antese até a queda da floral, a cada 30 minutos.

2.7. Biologia Reprodutiva

Para verificar o sistema reprodutivo foram feitos seis tipos de polinização, cada uma com 40 botões, totalizando 240 botões. A área escolhida para a realização dos testes foi o ecótono campo sujo/cerrado por ser a mais isolada e com a menor passagem de pessoas. Todas as polinizações foram realizadas em flores recém-abertas e previamente ensacadas na fase de botão para evitar a ação de polinizadores e outros visitantes florais. (1) Polinização natural ensacada: a flor recém-aberta foi exposta

livremente aos visitantes florais, depois do fechamento natural das pétalas a flor foi re-ensacada para se evitar qualquer atividade posterior de visitantes. (2) Polinização natural aberta: a flor recém-aberta permaneceu disponível para atividade dos visitantes florais. (3) Polinização cruzada manual: o pólen foi retirado da antera de três flores, cada uma formada em uma planta diferente e a pelo menos 20 metros de distância entre si, dessa forma evitamos a endogamia ao garantir a origem distinta das flores doadoras e receptoras de pólen. Os grãos de pólen foram transferidos para o estigma de flores recém-abertas e previamente ensacadas, em seguida a flor foi novamente isolada para evitar influência de outros visitantes florais. (4) Autopolinização manual: o pólen foi retirado manualmente das anteras com o auxílio de uma pinça e foi transferido para o estigma da mesma flor, em seguida a flor foi re-ensacada. (5) Autopolinização espontânea: a flor permaneceu isolada e sem a influência de nenhum visitante floral ou manipulação. (6) Agamospermia: com o auxílio de pinça e tesoura foram retiradas todas as anteras e parte dos filetes de botões em pré-antese, os quais permaneceram ensacados após essa manipulação. Todas as flores e botões testados foram marcados com linhas de algodão de cores diferentes e acompanhados até a queda da flor ou o desenvolvimento do fruto. As plantas utilizadas foram numeradas e mapeadas.

2.8. Frutificação natural considerando quatro áreas distintas

Para determinar a diferença de frutificação natural em cada uma das áreas, foram marcados 50 botões florais distribuídos igualmente em cinco moitas nas quatro áreas. Após cerca de 30 dias a frutificação natural resultante foi conferida e os resultados foram comparados entre si, considerando a quantidade de moitas na área. Cada moita podia ser formada por um ou mais indivíduos próximos e com ramos entrelaçados.

2.9. Visitantes florais

A abundância de visitantes nas flores foi observada em dias ensolarados e com baixa intensidade de ventos, com três dias de observações por área a partir da abertura das flores até o seu murchamento. Cada área teve 33 períodos de observação de 30 minutos, com 20 min. de observação direta e 10 min. de intervalo para anotações. Foram observados o tipo de visitante, a duração da visita na primeira flor, a quantidade de flores visitadas e a duração total da visita do inseto, para se determinar a abundância e a frequência dos visitantes. A identificação de cada espécie ou morfoespécie visitante da flor foi investigada a partir da coleta com rede entomológica de dois ou três indivíduos de cada morfotipo. Os insetos foram levados para o Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações onde foram montados e identificados a partir de chaves taxonômicas especializadas. O comportamento dos insetos nas flores foi observado para se identificar sua função ecológica. Foram considerados como polinizadores efetivos os visitantes florais frequentes e que tocavam anteras e estigmas e como polinizadores facultativos os que tocavam as estruturas reprodutivas ocasionalmente ou com menor frequência de visitação. Consideramos pilhadores aqueles que coletaram recursos florais sem realizar a polinização. Por último, animais que tocaram as flores, mas não polinizaram e não coletaram recursos florais foram classificados como visitantes não polinizadores. Nos mesmos dias da observação de visitantes foi contabilizado o número de moitas em cada uma das quatro áreas e a quantidade de inflorescências com flores abertas ao dia para verificarmos se esses fatores influenciam na abundância de visitantes florais.

2.10. Análises Estatísticas

Para testar se as variáveis abióticas (ex. temperatura, radiação solar e umidade) diferem entre as áreas, nós usamos modelos lineares generalizados mistos (GLMM), considerando a variável abiótica como variável resposta, e a área como variável preditora nos diferentes GLMMs usando a distribuição Gaussiana (temperatura) e Gamma (radiação solar e umidade). Os períodos de observação ao longo dos três dias de amostragem foram categorizados e usados como variável aleatória em cada um dos modelos (evitando a pseudoreplicação).

As análises foram realizadas no software R (versão 4.0.0) (R Core Team 2020) usando o pacote “lme4” (Bates et al. 2015). Para testar se a taxa de frutificação, através da polinização controle, apresenta diferença entre as áreas estudadas, foi feito um modelo linear generalizado (GLM), considerando a ocorrência ou não de frutos como variável resposta e as áreas como variável preditora usando a distribuição binomial. Para investigar a taxa de frutificação em função dos tipos de polinização, foi feito um modelo linear generalizado (GLM) incluindo apenas os tipos de polinização que apresentaram pelo menos um fruto produzido (polinização manual cruzada, natural aberta e natural ensacada). A ocorrência ou não de frutos foi considerada variável resposta e os tipos de polinização como variável preditora usando a distribuição binomial.

Para testar se as variáveis ambientais influenciam nas taxas de visitação e no tempo de duração da visita em cada uma das áreas, nós usamos modelos lineares generalizados mistos (GLMM). Previamente, foram feitas correla es (Sperman) para identificar possíveis variáveis predictoras correlacionadas. Em todas as análises foram encontradas alta correla o ($p < 0.01$; $R^2 \pm 0.80$). Dessa maneira, a temperatura foi usada como variável preditora, a taxa de visitação / tempo de duração com variáveis respostas e o dia como variável aleatória nos diferentes GLMM usando a distribui o Poisson (exceto a área 2 em que os dados seguiram uma distribui o normal).

Para testar se a abundância das espécies de visitantes difere entre as áreas, nós usamos modelos lineares generalizados mistos (GLMM), considerando a abundância de cada uma das espécies de visitantes como variáveis respostas, e a área como variável preditora nos diferentes GLMMs usando a distribui o Poisson. Os períodos de observa o ao longo dos três dias de amostragem foram categorizados e usados como variável aleatória em cada um dos modelos (evitando a pseudoreplica o). Os resíduos de todos os modelos foram analisados para verificar a adequa o dos modelos (Crawley 2013).

3. Resultados

3.1. Características ambientais

Considerando todas as áreas conjuntamente, obtivemos os seguintes valores médios de temperatura: 24,62^aC, umidade: 66,79% e radiação solar: 1.896,41 KJ/m² incidindo sobre as plantas de *E. pterocaulon* durante o período de abertura floral (Tab. 2, Fig. 2A). Considerando as quatro áreas separadamente, observamos que a temperatura variou entre as quatro áreas ($x^2 = 99.61$; $p < 0.01$, $N = 33$) e as áreas dentro da reserva tiveram temperaturas mais amenas do que as áreas de fora. A menor temperatura mensal foi encontrada na área 3 (campo sujo: 20,4°C) e a maior encontrada na área 4 (lago: 28,8°C). A umidade também foi diferente entre as áreas ($x^2 = 113.23$; $p < 0.01$, $N = 33$), com maior umidade observada dentro da reserva. O menor valor mensal foi encontrado na área 1 (campo do aeródromo: 49%) e o maior valor na área 3 (campo sujo: 84,3%). A radiação solar média foi diferente entre as áreas ($x^2 = 42.56$; $p < 0.01$, $N = 33$) e foi mais intensa fora da reserva, com o maior valor observado (3.144 KJ/m²) na área 4 (lago) e o menor valor (388,3 KJ/m²) na área 2 (trilha do cerrado).

Tabela 2: Valores médios (mínimo-máximo) de temperatura, umidade e radiação solar em cada uma das quatro áreas isoladamente e valor médio das áreas em conjunto.

Áreas	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Radiação solar (Kj/m ²)
1	25,17 (21,3 – 28,0)	61,52 (49 - 71)	2.042,78 (448,33 – 2.869)
2	23,97 (20,9 – 27,0)	74,08 (63 - 82)	1.557.54 (388,3 – 2.409)
3	23,73 (20,4 – 26,8)	69,57 (54,3 - 84,3)	1.839,90 (457 – 2.755)
4	25,62 (22,0 – 28,8)	62,00 (50,7 - 75)	2.145,42 (413,7 – 3.144)
Médias	24,62	66,79	1.896,41

A quantidade média de inflorescências abertas em cada área durante os dias de observação dos visitantes é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3: Tamanho das áreas (m²), quantidade de moitas por área e média de inflorescências encontradas nos dias de observação dos visitantes.

Áreas	Tamanho das áreas	Quantidade de moitas	Média de inflorescências
1	625	45	31,6
2	600	40	20,6
3	625	42	26,6
4	625	7	25

3.2. Fenologia da Espécie

Evolvulus pterocaulon apresentou floração anual no período chuvoso, com padrão fenológico reprodutivo altamente sincrônico entre as plantas e com grande quantidade de botões e flores por indivíduo (Fig. 2). Todos os indivíduos observados nas quatro áreas apresentaram seus picos de botões, flores, frutos jovens e frutos maduros ao mesmo tempo. Os primeiros botões florais surgiram em novembro de 2019, com um pico de botões e flores de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020, onde 100% dos indivíduos analisados estavam floridos. A floração durou cerca de 180 dias, seis meses. O desenvolvimento e maturação do fruto aconteceu rapidamente, em cerca de duas semanas, com pico de frutificação junto com os picos de botões florais e flores. O fruto maduro é deiscente. A fenologia vegetativa de *E. pterocaulon* foi síncrona entre as quatro áreas analisadas. A brotação foliar começa junto com o aparecimento das chuvas, em setembro e 100% dos indivíduos apresentaram o pico de brotação foliar em setembro-outubro. As folhas maduras se encontram presentes em todo ano, porém com

menor intensidade no período mais seco do inverno, a única estação do ano em que a caducifolia acontece, começando em junho e atingindo seu pico em agosto, quando 6,67% dos indivíduos apresentam simultaneamente a fase de queda foliar e apenas 13,33% dos indivíduos mantem suas folhas.

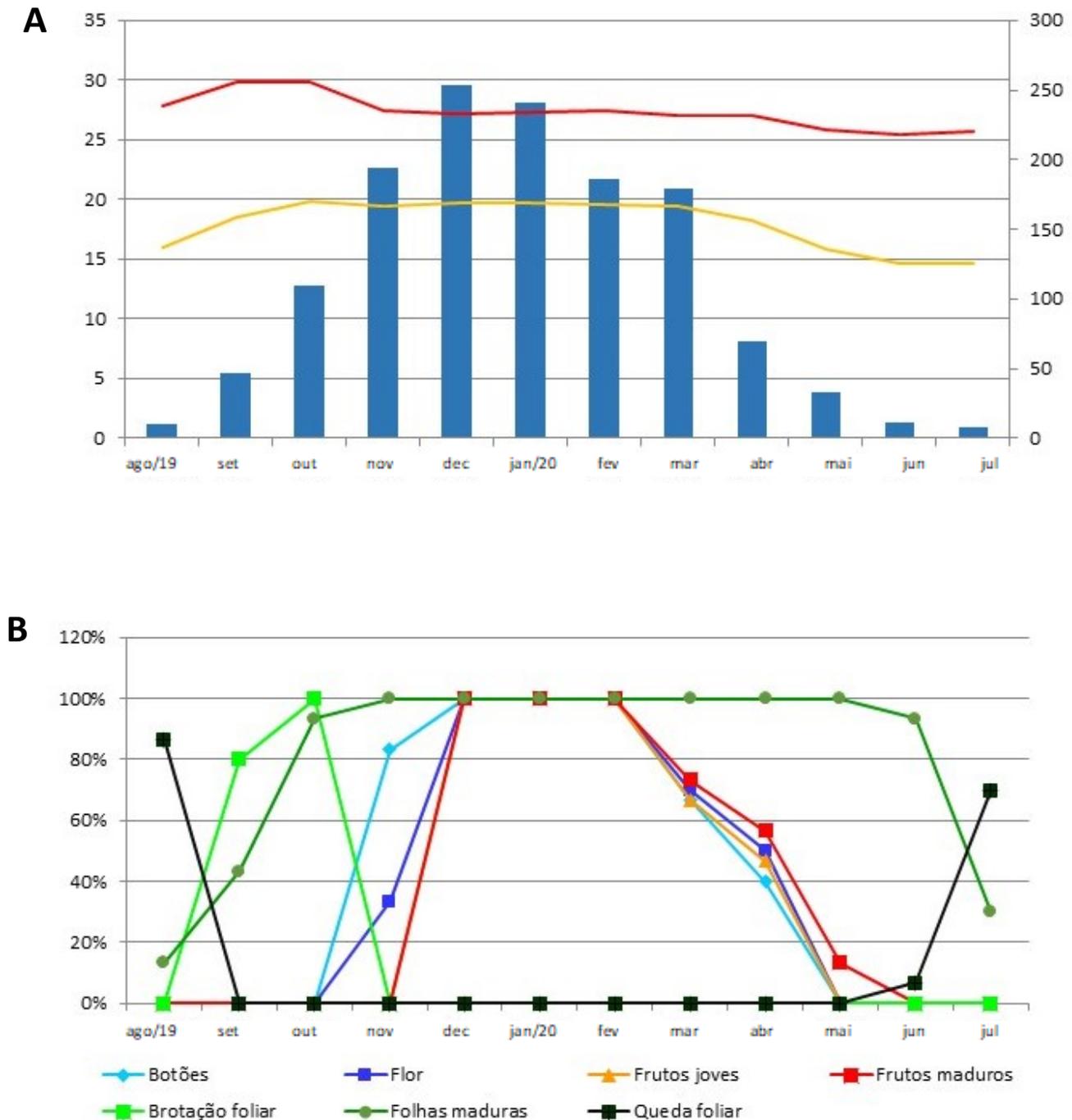


Figura 2: Climograma e fenologia de *Evolvulus pterocaulon* entre agosto de 2019 e julho de 2020. (A) Variações a cada mês de mínimo e máximo de temperatura e média pluviosidade na cidade de Uberlândia-MG. (B) Porcentagens das fases fenotípicas em cada mês

3.3. Biologia floral

Cada inflorescência apresentou de uma a sete flores recém-abertas por dia. As flores bissexuadas (completas) apresentaram quantidade constante de estruturas florais, com cinco sépalas, corola gamopétala com cinco pétalas azuis fundidas apenas na porção basal (Fig. 3). Cada flor apresentou cinco estames e dois estiletes, todos brancos. Cada estilete se bifurcava e formava dois estigmas brancos. A altura média dos filetes foi de 3,03 mm, no entanto notamos grande variação entre as flores (min. 1,75 mm e máx. 4,83 mm). A altura média das anteras foi de 2,04 mm (min. 1,70 mm e máx. 2,74 mm) e a largura média das anteras foi de 0,87 mm (min. 0,74 mm e máx. 1,07 mm). O comprimento médio dos estiletes foi de 9,08 mm e dos estigmas foi de 8,93 mm. O ovário apresentou três lóculos, cada um com um único óvulo. A quantidade média de grãos de pólen por flor foi de 4.123 grãos e a viabilidade polínica foi alta (94,93 %). A razão pólen/óvulo calculada segundo Cruden (1977) foi de 1.394,33 o que indica que a espécie tem alta dependência de polinizadores para alcançar uma boa frutificação. O odor floral suave e adocicado pode ser percebido pelo olfato humano mais facilmente no período da manhã. O diâmetro médio da corola foi de 14,87 mm e altura média de 10,25 mm. O único recurso floral observado foi o pólen. Várias tentativas de coleta de néctar floral foram realizadas com micro-capilares, porém nada foi encontrado, e muitas vezes acabamos rompendo a base da corola durante o procedimento.

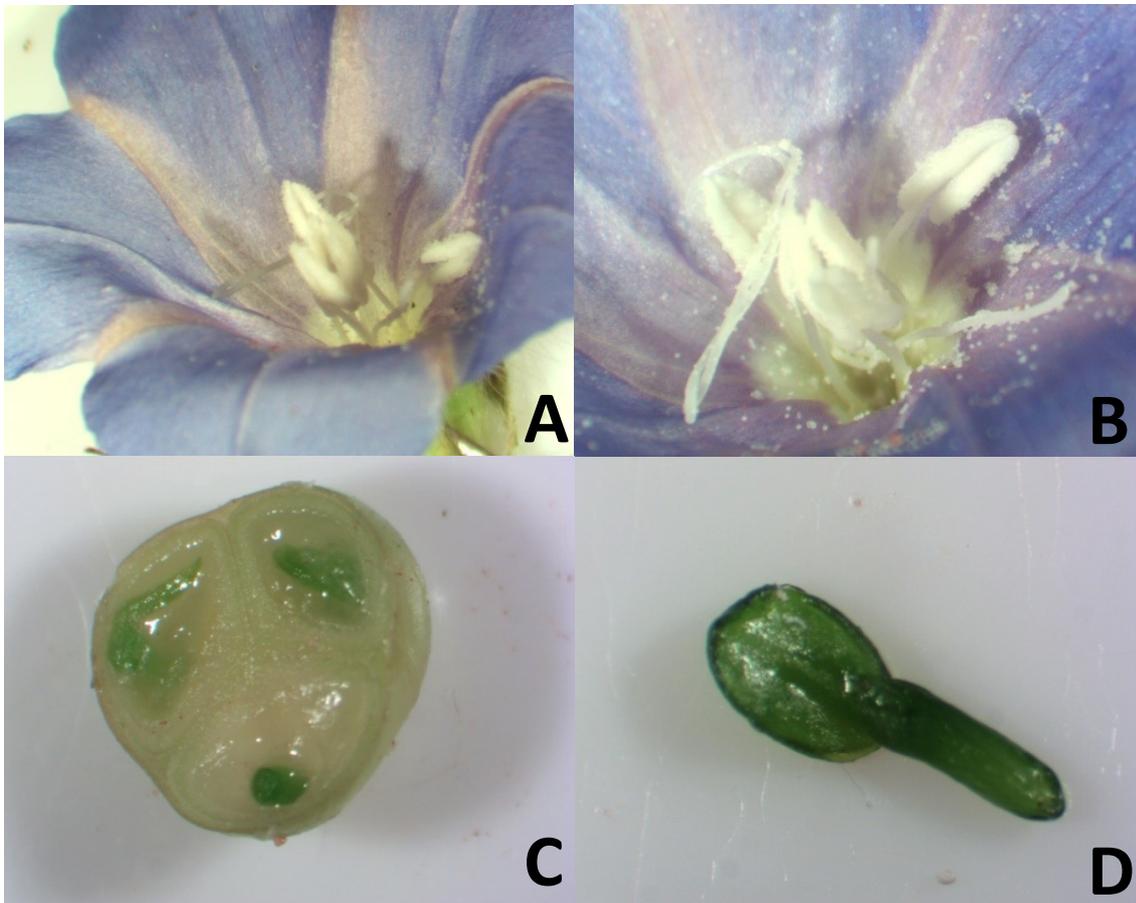


Figura 3: Estruturas reprodutivas de *Evolvulus pterocaulon* (Convolvulaceae). Flor (A); estigmas, anteras e grãos de pólen liberado nas pétalas (B); fruto em início de desenvolvimento mostrando um corte transversal evidenciando os três lóculos do ovário (C) e o embrião (D).

3.4. Fenologia da flor

A antese flora foi iniciada pela abertura das sépalas e pétalas e ocorreu a partir das 6:30 h até 7:20 h. O desenrolar dos filetes e a abertura das anteras para a liberação do pólen e o alongamento do estilete ocorrem simultaneamente com a abertura das pétalas. A receptividade estigmática só foi notada a partir de meia hora após a abertura de cada flor. As flores permaneceram viáveis para a polinização apenas durante

o período da manhã. Antes das 12:00 horas a coloração azulada das pétalas se torna empalidecida ou desbotada e a corola se fecha com as pétalas fazendo um movimento de torção em torno do próprio eixo. Suas pétalas e estames caem até o final da tarde. O odor é mais facilmente percebido nas primeiras horas após a antese.

3.5. Biologia Reprodutiva

Evolvulus pterocaulon apresentou sistema reprodutivo autoincompatível e não agamospérmico (Tab. 4). Os tratamentos de autopolinização manual, autopolinização espontânea e agamospermia não geraram frutos, assim sendo eles foram excluídos da análise estatística final. Os tratamentos de polinização natural ensacada, polinização natural aberta e polinização cruzada manual tiveram frutificação variando de 50% até 95% com diferença estatística entre os tipos de polinização ($\chi^2 = 22.68$; $p < 0.01$, $N = 40$). A polinização cruzada manual foi estatisticamente diferente das polinizações naturais, tanto a aberta quanto a ensacada (teste de contraste: $Z = -3.57$, $p < 0.01$; $Z = -3.72$, $p < 0.01$, respectivamente). A frutificação a partir da polinização natural aberta não diferiu estatisticamente da frutificação após a polinização natural ensacada (teste de contraste: $Z = -3.57$, $p < 0.68$).

Tabela 4: Resultados dos testes de polinização realizados em *Evolvulus pterocaulon*.

Tratamento	Flores	Frutos	Frutificação
Agamospermia	40	0	0%
Autopolinização Espontânea	40	0	0%
Autopolinização Manual	40	0	0%
Polinização Cruzada Manual	40	20	50%
Polinização Natural Aberta	40	36	90%
Polinização Natural Ensacada	40	38	95%

3.6. Frutificação natural entre áreas

A frutificação natural apresentou resultados semelhantes na área próxima da entrada da reserva (Área 1) e nas duas áreas internas da reserva (Área 2 e Área 3) com 98%, 96% e 96% de formação de frutos respectivamente, enquanto no entorno do lago (Área 4) tivemos resultado inferior com 80% de frutificação (Tab. 5). A taxa de frutificação através da polinização natural apresentou diferenças estatísticas entre as áreas estudadas pelo modelo linear generalizado (GLM) ($\chi^2 = 11.68$; $p < 0.01$, $N = 50$), sendo que a taxa de frutificação foi similar entre as áreas 1, 2 e 3, as quais tiveram maiores valores em relação à área 4 (teste de contraste: $Z = 3.43$; $p < 0.01$);

Tabela 5: Formação de frutos por polinização natural nas quatro áreas observadas.

Área	Flores (n)	Frutos (n)	Frutificação (%)
Área 1	50	49	98%
Área 2	50	48	96%
Área 3	50	48	96%
Área 4	50	40	80%

3.7. Visitantes florais e sua função ecológica

Durante as 66 horas de observação tivemos 400 visitas florais realizadas por insetos de 8 espécies diferentes, distribuídos em três ordens: Hymenoptera com duas famílias (Apidae e Halictidae) e cinco espécies, Diptera com duas espécies e Lepidoptera com apenas uma espécie de borboleta (Fig. 4, Tab. 6). A identificação a nível de espécie somente poderá acontecer a partir do retorno às atividades presenciais após o isolamento imposto pela pandemia do COVID-19, pois será necessário o uso de laboratórios especializados e o auxílio de taxonomistas. Considerando as quatro áreas juntas, a ordem mais comum de visitante floral foi Hymenoptera com 70% das visitas e a espécie mais comum foi uma abelha de pequeno porte da família Halictidae responsável por 21,5% das visitas às flores. Os Dípteros foram responsáveis por 24,5%

das visitas às flores e os Lepidópteros foram os menos frequentes, com apenas 5,5% das visitas florais.

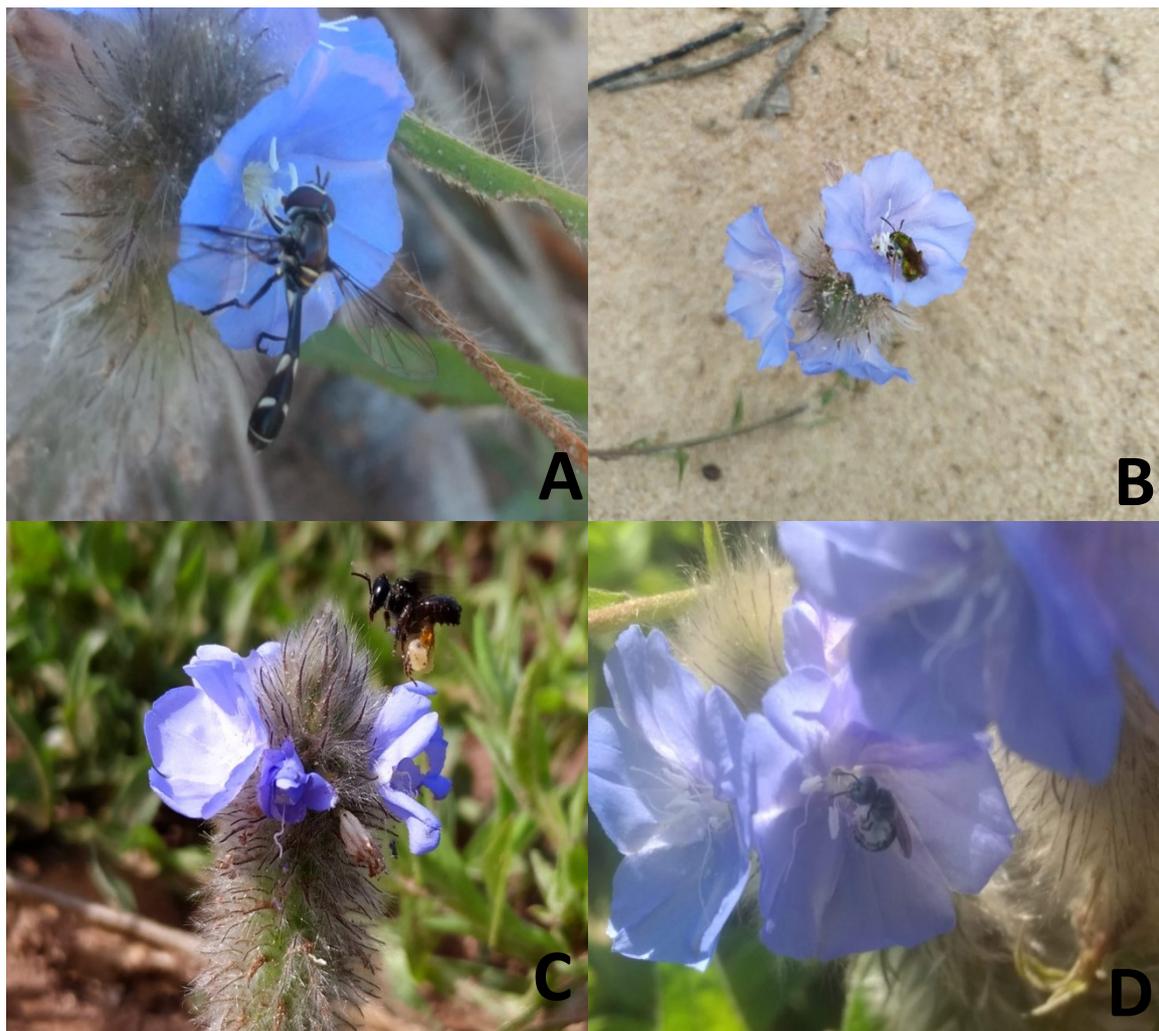


Figura 4: Visitantes florais de *Evolvulus pterocaulon* nas áreas de estudo. Diptera sp 2 (A), abelhas Halictidea sp. 2 (B), *Trigona* sp. (C) e Halictidea sp. 3 (D).

Tabela 6: Visitantes florais em *Evolvulos pterocaulon* considerando conjuntamente as quatro áreas observadas no Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, mostrando o número de indivíduos, a frequência relativa, o porte (grande = G, médio robusto = MR, médio pequeno = MP, pequeno = P), o recurso coletado e o comportamento observado

= Comp (polinizador efetivo = PE, polinizador facultativo = PF, pilhador = PI, visitante não polinizador = V).

Insetos visitantes	Número de indivíduos	Frequência relativa (%)	Porte	Recurso coletado	Comp
Hymenoptera					
Apidae					
<i>Apis mellifera</i> (Lepeletier, 1836)	71	17,75	MR	Pólen	PE
<i>Trigona</i> sp.	63	15,75	MP	Pólen	PE/PI
Halictidae					
Halictidae sp1	14	3,5	MP	Pólen	PE
Halictidae sp2	86	21,5	P	Pólen	PE
Halictidae sp3	46	11,5	P	Pólen	PE
Diptero					
Espécie 1	62	15,5	P	Pólen	PF
Espécie 2	36	9	MP	Pólen	PF
Lepidóptero					
Espécie 1	22	5,5	MR	----	V

Os mesmos visitantes foram encontrados em todas as quatro áreas, porém com frequências de visitação diferentes (Tab. 7). Nas áreas 1 e 4 a família Apidae foi presente em 45,2% das visitas e Halictidae em apenas 24,1%, no entanto nas áreas 2 e 3 os valores se inverteram com abelhas Halictidae presentes em 65,2% das visitas e Apidae em apenas 19,8% das visitas (Fig. 5). A abundância de *Apis* spp foi diferente entre as áreas, com as maiores médias nas áreas 1 e 4, e as áreas 2 e 3 apresentam as menores médias. Este mesmo padrão foi encontrado considerando a abundância de *Trigona* spp, mostrando que as duas espécies possuem preferência pelas áreas com maior alteração antrópica da paisagem no entorno da reserva. Já em relação à

abundância de Halictideo sp2 a área 3 apresentou a maior média enquanto a área 4, a menor média. As demais espécies de visitantes (Halictideo sp1, Halictideo sp3, Diptera sp1 e Diptera sp2) não apresentaram diferença estatística na abundância observada entre as áreas.

Tabela 7: Abundância e frequência de visitação nas flores de *Evolvulos pterocaulon* nas diferentes áreas de observação. Os valores indicam Abundância e (Frequência%).

Ordem, Família	Espécie	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Hymenoptera	<i>Apis mellifera</i>	28 (21,22)	6 (8,11)	12 (12,37)	25 (26,04)
Apidae	<i>Trigona</i> sp.	21 (15,91)	8 (10,81)	3 (3,09)	31 (32,29)
Hymenoptera	Halictidae sp.1 (grande)	3 (2,27)	2 (2,70)	7 (7,22)	2 (2,08)
Halictidae	Halictidae sp.2 (média)	16 (12,12)	22 (29,74)	34 (35,05)	14 (14,58)
	Halictidae sp.3 (pequena)	11 (8,33)	18 (24,32)	10 (10,31)	7 (7,29)
Diptera	Diptera sp.1	25 (18,94)	11 (14,86)	17 (17,53)	9 (9,38)
	Diptera sp.2	15 (11,36)	5 (6,76)	11 (11,34)	4 (4,17)
Lepidoptera	Lepidoptera sp.	13 (9,85)	2 (2,70)	3 (3,09)	4 (4,17)
Total por área		132 (100)	74 (100)	97 (100)	96 (100)

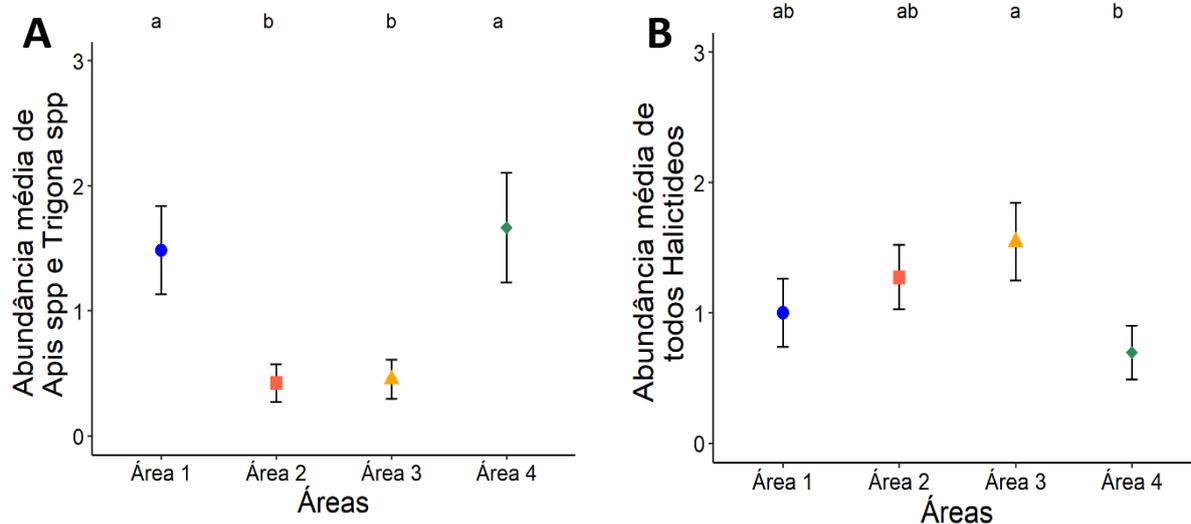


Figura 5: Abundância média de visitantes por área. *Apis* e *Trigona* (A), Halictídeos totais (B). Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre as áreas.

Os visitantes florais começaram a aparecer as 6:30 horas, sincronizados com o desabrochar das primeiras flores, com pico de visitação entre 8:00 e 9:30h concentrando 79% do total de visitas (Fig. 6). As cinco espécies de abelhas foram consideradas polinizadoras efetivas, pois em todas as visitas elas tocavam as anteras e os estigmas da flor durante as coletas de pólen. Moscas foram consideradas polinizadoras eventuais já que nem sempre tocavam os estigmas durante as coletas de pólen. Lepidópteros foram considerados inaptos à polinização por sua visitação pouco frequente e pelo comportamento de nem sempre tocar as anteras e os estigmas. As visitas de *A. mellifera* foram as mais rápidas, durando cerca de três segundos ($n = 71$). *Apis mellifera* pousava na flor, coletava o pólen das anteras por raspagem e voava para outra flor no mesmo local ou ia para outras áreas, levando assim pólen aderido aos pelos das pernas, da cabeça e da região ventral do tórax e abdômen. *Apis mellifera* normalmente visitava muitas flores, chegando a um máximo observado de 60 flores visitadas sequencialmente por um único indivíduo em arbustos próximos. Este mesmo comportamento foi semelhante ao verificado para *Trigona* sp, Halictidae sp1 e

Halictidae sp2, com variações apenas no tempo de permanência na flor. Esse padrão foi quebrado apenas pela abelha Halictidae sp3 com um estilo de visita diferente, depois de pousar na flor essa abelha abraçava as estruturas reprodutivas com os três pares de pernas antes de circular estas estruturas. A abelha *Trigona* sp. foi a única espécie considerada pilhadora, pois por vezes, quando encontrava o botão floral com sua corola fechada ela rasgava parte das pétalas para ter acesso às anteras e poder coletar o pólen. Os Dípteros tiveram as visitas mais demoradas em cada flor, com 35 segundos em média (n = 98), porém visitaram menos flores que as abelhas, com no máximo 17 flores visitadas em sequência em ramos próximos pela mesma mosca. Os Lepidópteros ficavam em média quinze segundos em cada flor (n = 22) e visitavam no máximo duas flores em sequência antes de sair do campo de visão do observador.

Não foi verificado comportamento agonístico entre os visitantes florais, tanto entre indivíduos da mesma espécie como entre indivíduos de espécies diferentes. Geralmente quando um visitante sobrevoava uma flor já ocupada, este se dirigia para uma das outras flores próximas espontaneamente. Também não observamos herbívoros florais, predadores ou parasitoides nas inflorescências, contudo algumas flores apresentaram pétalas danificadas por animais.



Figura 6: Visitantes florais de *Evolvulus pterocaulon* considerando conjuntamente as quatro áreas observadas (A) e características climáticas (B). Em (A) as barras indicam os visitantes: *Apis melífera* (azul), *Trigona* sp (laranja), Halictidae sp.1, sp.2 e sp.3 (cinza), Diptera sp.1 e sp.2 (amarelo) e Lepidoptera sp.1 (verde). Em (B) as linhas indicam os valores médios de temperatura (amarelo), umidade (verde) e radiação solar (vermelho).

4. Discussão

O estudo corroborou cinco de nossas seis hipóteses, mostrando que a espécie *E. pterocaulon* apresenta florada anual no período chuvoso (h1), tem flores diurnas e generalistas, visitadas por insetos pequenos (h2), com alta dependência de animais para polinização e frutificação (h3). A maioria dos visitantes florais foi capaz de efetuar a polinização (h6) e as áreas com maior quantidade de plantas tem maior frutificação (h5). Nossa hipótese (h4) não foi confirmada, pois as áreas com maior abundância de polinizadores não apresentaram os maiores valores de frutificação (Tab. 8). Isso pode ser explicado considerando que a espécie é alógama e apesar de ter boa riqueza e abundância de polinizadores em todas as quatro áreas, as plantas observadas perto do lago (área 4) estão em menor quantidade e relativamente isoladas, o que prejudica a troca gênica tão necessária para plantas com sistema reprodutivo autoincompatível. Dessa forma a frutificação natural na área 4 é significativamente menor que nas outras áreas estudadas.

Tabela 8: Quantidade de polinizadores, porcentagem de frutificação e moitas presentes nas quatro áreas de investigação.

	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Hymenoptera	79	56	66	79
Diptera	40	16	28	13
Hymenoptera + Diptera	119	72	94	92
Frutificação	98%	96%	96%	80%
Moitas	45	40	42	7

Nossa primeira hipótese confirmada mostrou que *E. pterocaulon* apresenta florada anual e no período chuvoso. Fatores ambientais como o aumento da pluviosidade e as altas temperaturas antecederam a produção de botões e de flores,

consequentemente o pico de floração ocorreu nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, meses com temperaturas altas e pluviosidade mais intensa. A florada desencadeada após o início da época das chuvas também foi observada em outras famílias no cerrado, como por exemplo Eriocaulaceae (Del-Claro et al. 2019) e Myrtaceae (Torezan-Silingardi & Oliveira 2004). Na região do semi-árido brasileiro outras espécies da família Convolvulaceae mostraram fenologia de floração semelhante ao encontrado para *E. pterocaulon*, indicando que o aumento da pluviosidade influenciou na floração ou pico de floração (Piedade-Kill & Ranga 2004; Oliveira-Junior et al. 2008; Piedade-Kiill & Simão-Bianchini 2011). *Volvulopsis nummularium* (sinônimo de *Evolvulus nummularium*) e *E. alsinoides* também tiveram suas florações após o início da época úmida (Sarma et al. 2007; Lakshminarayana & Raju 2017).

A brotação foliar ocorre apenas após o início das chuvas e as folhas maduras são mantidas por todo o período úmido. Durante a estação seca ocorreu o pico de senescência foliar, diminuindo assim a perda de água por evapotranspiração, com isso *E. pterocaulon* se caracteriza como uma espécie decídua. Isso foi semelhante ao observado em *Jacquemontia nodiflora* (Convolvulaceae) que também apresenta seu período de senescência foliar durante os meses mais secos do ano (Piedade-Kiill & Simão-Bianchini 2011).

Evolvulus pterocaulon apresentou floração longa, com alta sincronia entre os indivíduos e muitas flores abertas por dia, o que a classifica como tipo cornucópia . segundo Gentry (1974). Essa estratégia de floração permite o oferecimento de uma grande quantidade de recurso floral de forma relativamente constante ao longo de um grande período de tempo, o que facilita a atração e manutenção de polinizadores no ambiente. Consequentemente, a eficiência da polinização e o posterior sucesso reprodutivo aumentam como já visto em outros estudos (Schmitt 1983, Robertson 1992, Klinkhamer & de Jong 1993, Schoonhoven et al., 2005). Essa atratividade e manutenção dos polinizadores é especialmente relevante para espécies autoincompatíveis, como é o caso de *E. pterocaulon*.

Nossa **segunda hipótese prediz que *Evolvulus pterocaulon* tem flores diurnas e generalistas visitadas principalmente por insetos pequenos.** Isso foi observado confirmando a hipótese. A antese das flores de *E. pterocaulon* é diurna, com abertura floral entre 6:30 h e 7:20h e fechamento da corola entre 11:30 h e 12:00 h, totalizando a longevidade de cerca de 5 horas durante a manhã. O odor da flor é discreto e é mais facilmente percebido nas primeiras horas após a antese. Nesse período a temperatura e a luminosidade no ambiente são crescentes e inversamente proporcionais à umidade do ar, a qual decresce conforme as horas passam. O momento de afastamento das pétalas é simultâneo com a liberação do pólen e logo depois, cerca de 30 min., o estigma se torna receptivo, num processo semelhante ao observado em *Evolvulus alsinoides* (Singh et al. 2010; Lakshminarayana & Raju 2017). O mesmo período de antese é visto em outras espécies da mesma família, como por exemplo nos gêneros *Ipomoea*, *Jacquemontia*, *Merremia* e *Turbina* (Piedade 1998; Maimoni-Rodella & Rodella 1992; Piedade-Kiil & Ranga 2000, 2004; Kiill & Simão-Bianchini 2011; Paz et al. 2013). A receptividade estigmática é vista nas flores de *E. pterocaulon* durante o período da manhã até a senescência da flor, e caso a visitação na área seja discreta, podemos encontrar pólen nas anteras até perto do fechamento da corola. Próximo das 11:30 - 12:00 horas a coloração azulada das pétalas se torna empalidecida ou desbotada e a corola se fecha com as pétalas fazendo um movimento de torção em torno do próprio eixo. Suas pétalas e estames caem até o final da tarde.

Apesar de *E. pterocaulon* apresentar a base da corola estreita aparentemente capaz de reter néctar, nossas tentativas de coleta com capilar não mostraram sua presença. Por nossos resultados e pelas poucas e raras visitas de borboletas observadas durante nosso estudo, é possível que o pólen seja o único recurso floral oferecido ou que o néctar seja produzido em baixa quantidade dificultando sua observação. Não pudemos acessar o laboratório para investigar a presença do nectário floral devido ao isolamento causado pela pandemia do COVID-19, mas isso será feito assim que possível para sanarmos essa dúvida. A ausência de néctar já foi relatada para *Evolvulus nummularium*, (Sarma et al. 2007), no entanto um estudo mais recente mostrou que essa espécie e também *E. alsinoides* produzem uma pequena quantidade de néctar ainda no

botão fechado (Lakshminarayana & Raju 2017). Esse néctar serve de alimento para trips mesmo antes da antese e quando as pétalas se afastam abelhas e borboletas visitam as flores e coletam o néctar que ainda resta, visitando muitas flores em sequência para conseguir a quantidade desejada.

As abelhas foram consideradas polinizadores efetivos, pois em todas as visitas tocavam em anteras e os estigmas, já as moscas foram classificadas como polinizadores facultativos ou eventuais, pois mesmo com visitas mais demoradas, a maioria deles tocava prioritariamente as anteras e às vezes tocavam os estigmas. As borboletas foram consideradas como visitantes não polinizadores ou polinizadores pouco eficientes, pois suas visitas foram raras e com no máximo duas flores visitadas em sequência, o que não proporcionaria boa transferência polínica. Assim, **nossa sexta hipótese foi corroborada**, ou seja, a maioria dos visitantes é capaz de efetuar polinização. Outros estudos com espécies do mesmo gênero apresentaram também insetos de pequeno porte como polinizadores. Por exemplo, Singh (2010) observou flores de *E. alsinoides* visitadas por abelhas *Apis cerana indica*, *A. dorsata*, *Melipona* sp., *Bombus lapidarius*, formigas *Camponotus campestris*, besouros *Cpccinella punctata*, borboletas *Colias earytheme*, vespas *Polistis herbraeus* e cupins *Zootermopsis angusticollis*. Esses autores consideraram as abelhas como polinizadores eficientes devido à grande carga polínica aderida à região ventral do corpo, fato também observado no presente estudo. Besouros e borboletas também apresentaram pólen aderido ao corpo após visitar as flores de *E. alsinoides*, mas foram considerados apenas como polinizadoras eventuais, com menor eficiência que as abelhas. No nosso caso, como as visitas das borboletas tiveram uma frequência muito baixa elas foram consideradas inaptas a fazer a polinização, ou capazes de polinizar numa frequência muitíssimo baixa.

Abelhas das famílias Apidae e Halictidae foram os polinizadores mais importantes em *E. pterocaulon*, realizando 70% das visitas. Isto se deve provavelmente ao fato de as flores desta espécie apresentarem características que as tornam atraentes às abelhas como: características morfológicas como a coloração azulada chamativa que se

destaca na vegetação, a forma rotada da corola e estruturas reprodutivas brancas dispostas no centro da flor. Essa morfologia facilita a atração e o acesso das abelhas ao centro da flor onde há pólen em abundância e de fácil acesso. Estas características também foram observadas em outras espécies de Convolvulaceae (Piedade-Kiil & Ranga, 2000; Kiill & Simão-Bianchini, 2011; Pacheco Filho et al., 2011). As abelhas *A. mellifera* e *T. spinipes*, foram polinizadoras de *E. pterocaulon* no presente estudo e também de *Jacquemontia nodiflora* (Convolvulaceae) na caatinga (Piedade-Kiill & Simão-Bianchini 2011). *E. alsinoides* também foi polinizada por pequenos insetos (Singh 2010). O pequeno e médio porte das abelhas coletadas neste estudo favorece o contato do corpo desses insetos com as estruturas reprodutivas da flor graças ao comportamento de coleta e da frequência das visitas. Já foi sugerido uma possível correlação entre o tamanho dos visitantes florais e a eficiência da polinização em espécies da família Convolvulaceae (Paz et al., 2013).

As abelhas são polinizadores frequentes em outros estudos com os gêneros *Jacquemontia*, *Marremia* e *Ipomoea* (Convolvulaceae) (Simão-Bianchini, 2011, Shay; Drake, 2018) e também em espécies do mesmo gênero como *E. alsinoides* e *E. nummularius*, onde as abelhas foram responsáveis por 59% e 55% das visitas nas flores, respectivamente (Lakshminarayana; Raju, 2017). Observamos que a flores de *E. pterocaulon* foram fontes de recurso polínico para uma ampla comunidade de visitantes, atraindo até mesmo polinizadores não tão efetivos, isso pode ter se dado pois uma floração prolongada como a encontrada nesta espécie faz com que os recursos se tornem previsíveis no tempo, o que aumentando o número de espécies que procuram pólen. Plantas que apresentam longos períodos de floração também atraem grupos de visitantes que podem agir como polinizadores eventuais (Parrish & Bazzar 1979, Vogel & Westerkamp 1991).

Nossas observações mostraram as abelhas *A. mellifera* visitando muitas flores (60) de *E. pterocaulon* consecutivamente e de forma muito rápida, com maior abundância de abelhas entre 7:30-9 horas da manhã. Isso foi semelhante ao observado em *Evolvulus nummularium* que teve *Apis cerana indica* fazendo visitas rápidas nas flores especialmente entre 8-11 horas, mas surpreendentemente caracóis também foram capazes de polinizar essa espécie (Sarma et al. 2007). Abelhas Halictídeos são polinizadoras efetivas de muitas espécies (Pinheiro & Schlindwein, 1998; Piedade-Kiil & Ranga, 2000). Sugerimos que Halictídeos sejam polinizadores efetivos de *E. pterocaulon* devido ao seu tamanho pequeno e compatível com o da flor, seu comportamento durante as visitas contactando todas as estruturas reprodutivas, e sua alta frequência de visitação floral.

As borboletas visitavam no máximo duas flores de *E. pterocaulon* em sequência até abandonar a moita, dessa forma a quantidade de grãos de pólen transportados até uma próxima flor pode ser muito baixa para assegurar a frutificação da espécie no nosso estudo. *Evolvulus alsinoides* e *E. nummularius* apresentaram uma pequena quantidade de néctar além dos grãos de pólen e tiveram visitas de *Apis cerana*, *Apis florea*, *Trigona iridipennis* e *Ceratina* sp. além de cinco espécies de borboletas Lycaenidae, com visitas em 8 a 23 flores consecutivamente, em busca de recursos florais, como pólen e/ou néctar (Lakshminarayana & Raju 2017). No caso de nossa espécie apresentar uma pequena produção de néctar, é possível que ainda no botão fechado thisanópteros o usem como alimento como observado por Lakshminarayana e Raju (2017). No entanto, thisanópteros não foram observados por nós nas flores abertas.

Nossa terceira hipótese foi confirmada, mostrando que a espécie é altamente dependente de polinizadores para frutificação. Os tratamentos de polinização autógama e de agamospermia não resultaram em frutos. A polinização cruzada manual foi estatisticamente inferior das polinizações naturais aberta e também da re-ensacada após a visitação (teste de contraste: $Z = -3.57$, $p < 0.01$; $Z = -3.72$, $p < 0.01$, respectivamente), indicando que nessa espécie a polinização artificial não alcança

a mesma eficácia da polinização pelos insetos. Os testes de polinização natural aberta e fechada não diferiram estatisticamente, mostrando que a espécie sofre pouco dano por herbivoria nos frutos em desenvolvimento. Sistemas de autoincompatibilidade estão presentes em aproximadamente 50% das espécies de angiospermas analisadas por Iqbal et al. (2008), o que confere aos frutos formados maior variabilidade genética quando comparado com frutos de espécies autocompatíveis. No entanto, a espécie fica dependente da polinização realizada por animais, pelo vento ou pela água (Culley et al., 2002). Ashman (2004) sugere que o sistema reprodutivo pode estar relacionado com a longevidade das flores, pois espécies autoincompatíveis com flores disponíveis para os visitantes por mais tempo podem garantir mais oportunidades para a chegada de pólen através de visitas de polinizadores ou do vento e da água. Porém, no nosso estudo tanto os experimentos de polinização controlada quanto a razão pólen/óvulo indicam que a espécie *E. pterocaulon* é autoincompatível com flores efêmeras, durando apenas cerca de cinco horas. O mesmo acontece com espécies do gênero *Ipomoea*, onde diversas espécies são autoincompatíveis e possuem flores efêmeras (McDonald 1991; Maimoni-Rodella; Yanagizawa 2007). Outra espécie de Convolvulaceae, *Volvulopsis nummularium* (sin. *Evolvulus nummularium*) apresenta sistema de incompatibilidade que permite a autogamia facultativa (Sarma et al. 2007). Muitas espécies autógamas ou autógamas facultativas, mesmo sendo capazes de frutificar com o próprio pólen, produzem mais frutos a partir da polinização cruzada ou alogamia.

A frutificação natural ocorreu de forma parelha entre as áreas 1, 2 e 3, com uma divergência na área 4, gerando diferença estatística entre as áreas (GLM) ($\chi^2 = 11.68$; $p < 0.01$, $N = 50$). Isto pode ter ocorrido, pois na área 4, encontramos poucas moitas de *E. pterocaulon*, gerando uma menor atratividade para polinizadores (Tab. 8). Assim, **nossa hipótese 5 é confirmada**, indicando que áreas com maior quantidade de indivíduos de *E. pterocaulon* teriam uma maior porcentagem de frutificação. Isso se deve à espécie *E. pterocaulon* ser autoincompatível e precisar de troca gênica para frutificar. O sucesso reprodutivo é condicionado a uma polinização adequada, a qual é condicionada por características como a qualidade e a quantidade de grãos de pólen produzidos e recebidos pela flor, a concentração e a quantidade de néctar, a quantidade

e distribuição das flores na planta e no ambiente, a distância entre as flores e o local de nidificação dos insetos visitantes e o número de insetos competidores (Torezan-Silingardi & Del-Claro 1998; Vitalli-Veiga et al 1999; Silva & Torezan-Silingardi 2008).

Apesar de haver diferentes espécies visitando *E. pterocaulon* nas áreas de estudo, a baixa abundância de algumas delas pode estar relacionada tanto a uma baixa fidelidade na associação flor-visitante floral, quanto à baixas densidade de plantas na área, como visto na área do lago, ou mesmo à presença de outras plantas com flores acessíveis nas proximidades. Na área do lago a espécie estudada é menos comum, o que faz com que tenha menos flores disponíveis para visitantes, podendo demonstrar uma relação positiva entre o número de flores disponíveis e a atratividade exercida pela flor, com consequências diretas sobre a abundância de visitantes (Schmitt 1983, Robertson 1992, Klinkhamer e de Jong 1993). O sucesso reprodutivo nesta área foi menor (80%) quando comparado com as outras três áreas, divergindo estatisticamente. No entanto, fatores climáticos estão entre as características abióticas que também podem influenciar o momento e a quantidade das visitas, como fortes ventos, chuva, calor excessivo e umidade muito baixa ou alta (Almeida Soares et al. 2010).

As visitas também podem ter sido influenciadas por fatores bióticos, como vemos na tabela 7, onde a abundância de *A. mellifera* e *Trigona* foram diferentes entres as 4 áreas, assim como a abundância dos Halictídeos como um todo, a família Apidae, se mostrou mais comum nas áreas antropizadas isso pode ter gerado um efeito negativo nos visitantes nativos nestas áreas, como os Halictídeos. Nenhum visitante foi visto entrando em disputa com outro, por isso, nestas áreas as abelhas nativas podem ter diminuído sua frequência, para evitar competição, devido à alta concentração de abelhas não nativas, (Shay; Drake, 2018) mostra que abelhas não nativas podem diminuir a frequência de visitas de abelhas nativas.

Como verificamos na figura 5, os diferentes polinizadores tiveram abundância distinta durante o tempo na flor e também alternados picos de atividades, as abelhas tiveram seus picos de atividade no começo da manhã como, por exemplo, *A.*

melífera que teve seu pico nas primeiras horas da manhã as 8:00 horas e os Halictídeos tiveram seu pico as 9:30 horas. Já os Dípteros tiveram uma taxa de visitação bem distribuída durante a manhã, com dois picos, as 8:30 horas e também as 9:30, enquanto isso os Lepidópteros tiveram uma faixa de atuação restrita ao final da manhã, ocorrendo somente das 10:00 horas até as 11:00 horas, com seu pico as 10:30 horas.

A quantidade de visitas foi maior no início e meio da manhã, quando a temperatura era mais fresca, a umidade era alta, a radiação solar ainda estava em crescimento e a flor disponibilizava grande quantidade de pólen. A partir do momento em que o recurso floral diminuía as visitas se tornavam menos constantes, mostrando que o recurso floral foi mais decisivo para as visitas florais que . No presente estudo as visitas não foram fortemente correlacionadas com os fatores abióticos investigados. A temperatura, umidade e radiação apresentam grande variação no ambiente de Cerrado, especialmente em áreas como beiras de trilhas e locais abertos, que foram utilizados nesse estudo. Esses fatores abióticos ambientais foram altamente correlacionados entre si, e não com a visitação floral observada.

Características corporais e as limitações fisiológicas dos visitantes florais podem gerar padrões de visitação condicionados a fatores como luminosidade e temperatura (Ramalho et al. 1991). De acordo com Oliveira-Rebouças & Gimenes (2011), as atividades de abelhas em algumas espécies de plantas estão associadas a intensidade luminosa assim também como a ação conjunta de fatores como temperatura, umidade relativa, que podem aumentar a atração de maior número de abelhas para as flores. Assim como as abelhas, os Lepidópteros apresentam alta sensibilidade a variações meteorológicas, principalmente os de pequeno porte encontrados no estudo, sendo encontrados forrageando somente no final das manhãs, das 10:00 horas até as 11:00 horas, em períodos tanto de altas temperaturas e radiação solar, mas com baixa umidade relativa. No entanto, após constatar a ausência de néctar floral suas visitas cessavam. As abelhas Halictidae observadas apresentaram corpo pequeno, e por isso foram mais suscetíveis a variações na temperatura, luminosidade e umidade relativa. Elas foram mais abundantes no meio da manhã, entre faixas de temperatura mais altas (24,7°C e 25,7°C). Já abelhas maiores e menos suscetíveis aos efeitos de fatores

abióticos como a *Apis*, por exemplo, foram mais ativas no começo da manhã, ainda com temperaturas mais baixas (23,4 °C), menor radiação solar e alta umidade relativa do ar. Isso evidencia que fatores meteorológicos podem interferir nos padrões de vôo e visitação das abelhas (Pick & Blochtein, 2002).

5. Conclusão

O estudo mostrou que *E. pterocaulon* possui flores generalistas, capazes de oferecer recursos para diferentes tipos de visitantes florais. As visitas na flor são levemente influenciadas por fatores abióticos, como temperatura, luminosidade e radiação solar, e também influenciadas por fatores bióticos, ou seja, a presença e a quantidade dos recursos florais que podem ser usados como alimento pelos polinizadores. Porém estas visitas também são influenciadas pelo ambiente em que a indivíduo está inserido, ou seja, em ambientes naturais e mais preservados tivemos uma maior ocorrência de espécies nativas sobre a espécie introduzida *A. mellifera*. Nossos resultados mostram pela relação pólen/óvulo segundo Cruden (1977), que *Evolvulus pterocaulon* apresenta dependência de visitantes florais para sua frutificação, fato que foi também confirmado em campo através de testes de polinização.

A espécie *E. pterocaulon* é autoincompatível, com flores efêmeras que apresentam características generalistas que atraem uma diversa guilda de visitantes capaz de polinizar. O florescimento anual e de longa duração, com grande quantidade de flores abertas por dia, numa planta de crescimento rápido, juntamente com flores de corola vistosa, morfologia floral generalista que facilita o acesso dos visitantes aos recursos florais, presença de pólen em abundância (Silva et al. 2010), torna *E. pterocaulon* e várias outras espécies da família Convolvulaceae semelhantes como espécies interessantes para projetos de recuperação de áreas degradadas e sem vegetação nativa estabelecida

Referências

- Aleixo, KP, de Faria, LB, Groppo, M., do Nascimento Castro, MM, & da Silva, CI (2014). Distribuição espaço-temporal dos recursos florais em uma cidade brasileira: implicações para a manutenção de polinizadores, especialmente abelhas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13 (4), 689-696. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.08.002>
- Almeida, S. R., Watzlawick, L. F., Myszka, E., & Valerio, A. F. (2008). Florística e síndromes de dispersão de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em sistema faxinal. *Ambiência*, 4(2), 289-297.
- Alves Jr, F. T., Brandão, C. F., Rocha, K. D., Marangon, L. C., & Ferreira, R. L. (2006). Efeito de borda na estrutura de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, Recife, PE. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 1(1), 49-56. <https://doi.org/10.5039/agraria.v1i1a398>
- Andrade, L. E., Forzza, R. C., Walter, G. Z., & Filardi, F. L. R. (2018). Brazilian Flora 2020: innovation and collaboration to meet target 1 of the global strategy for plant conservation (GSPC).
- Appolinario, V., & Schiavini, I. (2002). Levantamento fitossociológico de espécies arbóreas de cerrado (stricto sensu) em Uberlândia-Minas Gerais. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, 10.
- Ashman, T. L. (2004). Flower longevity. In *Plant cell death processes* (pp. 349-362). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012520915-1/50027-8>
- Baechtold, A., Del-Claro, K., Kaminski, L. A., Freitas, A. V., & Oliveira, P. S. (2012). Natural history of an ant-plant-butterfly interaction in a Neotropical savanna. *Journal of Natural History*, 46(15-16), 943-954. <https://doi.org/10.1080/00222933.2011.651649>
- Barros, M. G. (2001). Ecologia da polinização de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. E *T. ochracea* (Cham.) Standl.(Bignoniaceae) em cerrado do Brasil Central. *Brazilian Journal of Botany*, 24(3), 255-261. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000300003>

- Barth FG (1991). *Insects and Flowers - The Biology of a Partnership*. Princeton University Press, New Jersey.
- Bates, D., Kliegl, R., Vasishth, S., & Baayen, H. (2015). Modelos mistos parcimoniosos. *pré-impressão arXiv arXiv: 1506.04967*.
- Bawa, K. S., Bullock, S. H., Perry, D. R., Coville, R. E., & Grayum, M. H. (1985). Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American journal of botany*, 72(3), 346-356. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1985.tb05358.x>
- Bezerra, E. L. D. S., & Machado, I. C. (2003). Floral biology and pollination system of *Solanum stramonifolium* Jacq.(Solanaceae) in an Atlantic Forest remnant in Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica*, 17(2), 247-257. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000200007>
- Borges LFR, Scolforo JR, Oliveira AD, Mello JM, Acerbi FW, Freitas GD. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. *Cerne* 2004;10(1):22-38.
- Bruna, E. M., Nardy, O., Strauss, S. Y., & Harrison, S. (2002). Experimental assessment of *Heliconia acuminata* growth in a fragmented Amazonian landscape. *Journal of Ecology*, 639-649. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00707.x>
- Calixto, E. S., Lange, D., Bronstein, J., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2021). Optimal defense theory in an ant-plant mutualism: extrafloral nectar as an induced defence is maximized in the most valuable plant structures. *Journal of Ecology*, 109(1), 167-178. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13457>
- Carvalho, F. M., Júnior, P. D. M., & Ferreira, L. G. (2009). The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological conservation*, 142(7), 1392-1403. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.031>
- Corlett, R. T. (1997). Long-term survival in tropical forest remnants in Singapore and Hong Kong. *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*, 333-345.

- Costa, M. H., & Pires, G. F. (2010). Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. *International Journal of Climatology*, 30(13), 1970-1979. <https://doi.org/10.1002/joc.2048>
- Coutinho, L. M. (2002). O bioma do cerrado. *Eugen Warming eo cerrado brasileiro: um século depois*, 77-91.
- Crawley MJ (2013) *The R Book*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Cruden, R. W. (1977). Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 32-46. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1977.tb00979.x>
- Culley, T. M., Weller, S. G., & Sakai, A. K. (2002). The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(8), 361-369. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02540-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02540-5)
- Da Silva, C. V. (2008). *O gênero Evolvulus L.(Convolvulaceae) no estado de São Paulo e no Distrito Federal, Brasil* (Doctoral dissertation, PhD Thesis. Instituto de Botânica, São Paulo).
- Del-Claro, K., & TOREZAN-SILINGARDI, H. E. L. E. N. A. (2019). The study of biotic interactions in the Brazilian Cerrado as a path to the conservation of biodiversity. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180768>
- Del-Claro, K., Rodriguez-Morales, D., Calixto, ES, Martins, AS, & Torezan-Silingardi, HM (2019). Polinização por formigas de *Paepalanthus lundii* (Eriocaulaceae) no cerrado brasileiro. *Annals of Botany*, 123 (7), 1159-1165. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz021>
- Faegri, K., & Van der Pijl, L. (1979). *The principles of pollination ecology*, 3rd edn Oxford. UK: Pergamon Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-023160-0.50020-7>
- Gentry, A. H. (1974). Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica*, 64-68. <https://doi.org/10.2307/2989698>

- Gilbert, L. E. (1980). 2. Food web organization and conservation of neotropical diversity. 2. *Food web organization and conservation of neotropical diversity*, 11-33.
- Guarim Neto, G., & Morais, R. G. D. (2003). Recursos medicinais de espécies do cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. *Acta Botanica Brasílica*, 17, 561-584. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000400009>
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... & Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science advances*, 1(2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Heithaus, E. R. (1974). The role of plant-pollinator interactions in determining community structure. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 61(3), 675-691. <https://doi.org/10.2307/2395023>
- Heywood, V. H., Moore, D. M., Richardson, I. B. K., & Stearn, W. T. (1993). *Flowering plants of the world* (No. 582.13 F644). Oxford university press.
- IBGE. (2004). Mapa de biomas do Brasil. Escala 1: 5.000. 000.
- Igic, B., Lande, R., & Kohn, J. R. (2008). Loss of self-incompatibility and its evolutionary consequences. *International Journal of Plant Sciences*, 169(1), 93-104. <https://doi.org/10.1086/523362>
- INPE (2018) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto Prodes Cerrado: Mapeamento do desmatamento 885 do Cerrado com imagens de satélite. <http://www.dpi.inpe.br/fipcerrado/>. Accessed 10 September 2018
- Janzen, D. H. (1970). Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist*, 104(940), 501-528. <https://doi.org/10.1086/282687>
- Jepson, W. (2005). A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. *Geographical Journal*, 171(2), 99-111. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2005.00153.x>
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (1999). Plant systematics: a phylogenetic approach. *Ecología mediterránea*, 25(2), 215.

- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (2009). *Sistemática Vegetal-: Um Enfoque Filogenético*. Artmed Editora.
- Junqueira, M. E. R., & Simão-Bianchini, R. (2006). O gênero *Evolvulus* L.(Convolvulaceae) no município de Morro do Chapéu, BA, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 20, 157-172. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100015>
- Kearns, C. A., & Inouye, D. W. (1993). *Techniques for pollination biologists*. University press of Colorado.
- Kiill, L. H. P., & Simão-Bianchini, R. (2011). Biologia reprodutiva e polinização de *Jacquemontia nodiflora* (Desr.) G. Don (Convolvulaceae) em Caatinga na região de Petrolina, PE, Brasil. *Hoehnea*, 38, 511-520. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062011000400001>
- Kiill, L. H. P., & Ranga, N. T. Biologia DA REPRODUÇÃO DE *Turbina CORDATA* (Choisy) Austin & Staples (Convolvulaceae) NO. *Série Ciências Biológicas*, 14.
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Klinkhamer, P. G., & de Jong, T. J. (1993). Attractiveness to pollinators: a plant's dilemma. *Oikos*, 180-184. <https://doi.org/10.2307/3545212>
- Lakshminarayana, G., & Raju, A. S. (2017). Reproductive biology and ecology of *Evolvulus alsinoides* and *Evolvulus nummularius* (Convolvulaceae). *Phytologia Balcanica*, 23(3), 381-389.
- Laurance, W. F., Delamônica, P., Laurance, S. G., Vasconcelos, H. L., & Lovejoy, T. E. (2000). Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature*, 404(6780), 836-836. <https://doi.org/10.1038/35009032>
- Lawton, J. H. (1979). Between the devil and the deep blue sea: on the problem of being a herbivore. *Population dynamics*, 223-244.
- Lewinsohn, T. M., Jorge, L. R., & Prado, P. I. (2012). Biodiversidade e interações entre insetos herbívoros e plantas. *DEL CLARO, K.; SILINGARDI, HMT Ecologia das*

interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva. Rio de Janeiro, 275-289.

- Lord, J. M., & Norton, D. A. (1990). Scale and the spatial concept of fragmentation. *Conservation Biology*, 4(2), 197-202. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1990.tb00109.x>
- Machado, I. C., & Lopes, A. V. (2004). Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany*, 94(3), 365-376. <https://doi.org/10.1093/aob/mch152>
- Machado, I. C. S., & Sazima, M. (1987). Estudo comparativo da biologia floral em duas espécies invasoras: *Ipomoea hederifolia* e *I. quamoclit* (Convolvulaceae). *Revista Brasileira de Biologia*, 47(3), 425-436.
- Maia, A. C. D., de Lima, C. T., Navarro, D. M. D. A. F., Chartier, M., Giulietti, A. M., & Machado, I. C. (2014). The floral scents of *Nymphaea* subg. *Hydrocallis* (Nymphaeaceae), the New World night-blooming water lilies, and their relation with putative pollinators. *Phytochemistry*, 103, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.04.007>
- Maimoni-Rodella, R. C. S., & Rodella, R. A. (1992). Biologia floral de *Ipomoea acuminata* Roem. et Schult.(Convolvulaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, 15(2), 129-133.
- Maimoni-Rodella, R. C. S., & Yanagizawa, Y. A. N. P. (2007). Biologia floral e sistema reprodutivo de três espécies daninhas de *Ipomoea*. *Planta Daninha*, 25(1), 35-42. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000100004>
- Marimon Junior, B. H., & Haridasan, M. (2005). Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 19, 913-926. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400026>
- Martinelli, G., Messina, T., & Santos-Filho, L. (2014). Red Book of the Flora of Brazil—Rare Plants of the Cerrado. *Andrea Jakobsson, CNC Flora, Rio de Janeiro*.
- Mcdonald, A. (1991). Origin and diversity of Mexican Convolvulaceae. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 62(1), 65-82.

- Metzger, J. P. (1999). Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 71(3), 445-463.
- Moreira, A. L. C., & Pigozzo, C. M. (2015). Composição Florística Da Família Convolvulaceae Em Diferentes Biomas Do Estado Da Bahia, Brasil. *Heringeriana*, 9(2), 113-129. <https://doi.org/10.17648/heringeriana.v9i2.137>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Nahata, A., Patil, UK, & Dixit, VK (2009). Atividade ansiolítica de *Evolvulus alsinoides* e *Convolvulus pluricaulis* em roedores. *Pharmaceutical Biology*, 47 (5), 444-451. <https://doi.org/10.1080/13880200902822596>
- Novaes, L. R., Calixto, E. S., de Oliveira, M. L., Alves-de-Lima, L., de Almeida, O., & Torezan-Silingardi, H. M. (2020). Environmental variables drive phenological events of anemocoric plants and enhance diaspore dispersal potential: A new wind-based approach. *Science of The Total Environment*, 730, 139039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139039>
- Nunes, Y. R. F., Mendonça, A. V. R., Botezelli, L., Machado, E. L. M., & Oliveira-Filho, A. T. D. (2003). Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. *Acta botanica brasílica*, 17, 213-229. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000200005>
- Oliveira, P. E., & Gibbs, P. E. (2002). 17. Pollination and Reproductive Biology in Cerrado Plant Communities. In *The cerrados of Brazil* (pp. 329-348). Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-018>
- Oliveira-Filho, A. T., & Ratter, J. A. (2002). 6. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In *The cerrados of Brazil* (pp. 91-120). Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-007>
- Oliveira Junior, D. A., da Silva, R. A., dos Santos Araújo, L. L., dos Santos Júnior, R. J., & Arnaud, A. F. (2008). Caracterização fenológica das plantas apícolas herbáceas e arbustivas da microrregião de Catolé do Rocha, PB, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 3(4), 16.

- Oliveira-Rebouças, P., & Gimenes, M. (2011). Potential pollinators of *Comolia ovalifolia* DC Triana (Melastomataceae) and *Chamaecrista ramosa* (Vog.) HS Irwin and Barneby var. *ramosa* (Leguminosae-Caesalpinioideae), in restinga, Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71, 343-351. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000300002>
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Parrish, J. A. D., & Bazzaz, F. A. (1979). Difference in pollination niche relationships in early and late successional plant communities. *Ecology*, 60(3), 597-610. <https://doi.org/10.2307/1936080>
- Paz, J. D., & Oliveira, M. J. (2008). Ecologia da polinização de quatro espécies de trepadeiras de Convolvulaceae em fragmento de Mata Atlântica, 19º Batalhão de Caçadores, Cabula, Salvador, Bahia. *Monografia de Graduação. Centro Universitário Jorge Amado, Salvador*. 96p.
- Paz, J. R. L., Gimenes, M., & Pigozzo, C. M. (2013). Floral biology of the morning glory *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa* (Mart. ex Choisy) DF Austin (Convolvulaceae) in an anthropic area of the semiarid region of Brazil, with emphasis on diurnal and nocturnal pollination. *Flora*, 208, 138-146. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.02.007>
- Pick, R. A., & Blochtein, B. (2002). Collection activities and floral origin of the stored pollen in colonies of *Plebeia saiqui* (Holmberg)(Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) in south Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(1), 289-300. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752002000100025>
- Piedade, L. H. (1998). Biologia da polinização e reprodutiva de sete espécies de Convolvulaceae na caatinga do Sertão de Pernambuco.
- Piedade-Kiill, L. H., & Ranga, N. T. (2000). Biologia floral e sistema de reprodução de *Jacquemontia multiflora* (Choisy) Hallier f.(Convolvulaceae). *Brazilian Journal of Botany*, 23(1), 37-43. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000100004>

- Pinheiro, M., & Schlindwein, C. (1998). A câmara nectarífera de *Ipomoea cairica* (L.) Sweet (Convolvulaceae) e abelhas de glossa longa como polinizadores eficientes. *Iheringia Série Botânica*, 51(1), 3-16.
- Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N., & Weis, A. E. (1980). Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual review of Ecology and Systematics*, 11(1), 41-65.
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000353>
- Price, P. W., Westoby, M., Rice, B., Atsatt, P. R., Fritz, R. S., Thompson, J. N., & Moberly, K. (1986). Parasite mediation in ecological interactions. *Annual review of ecology and systematics*, 17(1), 487-505.
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.002415>
- Ramalho, M., Imperatriz-Fonseca, V. L., & Kleinert-Giovannini, A. (1991). Ecologia nutricional de abelhas sociais. *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*, 4, 1983.
- Rathcke, B. J., & Jules, E. S. (1993). Habitat fragmentation and plant–pollinator interactions. *Current Science*, 273-277.
- R Development Core Team 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at <http://www.R-project.org>.
- Ricklefs, R. E. (2003). *A Economia da Natureza*. 5ª edição. Ed.
- Robertson, A. W. (1992). The relationship between floral display size, pollen carryover and geitonogamy in *Myosotis colensoi* (Kirk) Macbride (Boraginaceae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 46(4), 333-349.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1992.tb00868.x>
- Roth, I. (1987). General Part. In *Stratification of a tropical forest as seen in dispersal types* (pp. 5-48). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-4826-6_3
- Sarma, K., Tandon, R., Shivanna, K. R., Ram, H. Y. M. (2007). Snail-pollination in *Volvulus nummularium*. *Research Communications, Current Science*, 93(6): 826-831

- Schmitt, J. (1983). Flowering plant density and pollinator visitation in Senecio. *Oecologia*, 60(1), 97-102. <https://doi.org/10.1007/BF00379326>
- Schoonhoven, L. M., van Loon, J. J. A., & Dicke, M. (2005). Insects and flowers: mutualism par excellence. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, New York, 306-335.
- Shay, K. R., & Drake, D. R. (2018). Pollination Biology of the Hawaiian Coastal Vine *Jacquemontia sandwicensis* (Convolvulaceae) 1. *Pacific Science*, 72(4), 485-499. <https://doi.org/10.2984/72.4.8>
- Silberbauer-Gottsberger, I. L. S. E., & Gottsberger, G. (1988). A polinização de plantas do cerrado. *Revista Brasileira de Biologia*, 48(4), 651-663.
- Silva, C. I., & Torezan-Silingardi, H. M. (2009). Reproduction biology of tropical plants.
- Silva, C. V. (2008). *O gênero Evolvulus L.(Convolvulaceae) no estado de São Paulo e no Distrito Federal, Brasil* (Doctoral dissertation, PhD Thesis. Instituto de Botânica, São Paulo).
- Silva, L. M. D. (2008). *Elementos do sistema reprodutivo de etnovariedades de batata-doce, provenientes do Vale do Ribeira, SP, Brasil* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Silva, C. V. (2013). *Revisão Taxonômica de Evolvulus L.-Seção Phyllostachyi Meisn.(Convolvulaceae)* (Doctoral dissertation, Tese 133 f., Instituto de Botânica, São Paulo).
- Silva, F. O., Kevan, S. D., Roque, N., Viana, B. F., & Kevan, P. G. (2010). Records on floral biology and visitors of *Jacquemontia montana* (Moric.) Meisn.(Convolvulaceae) in Mucugê, Bahia. *Brazilian Journal of Biology*, 70, 671-676. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000400004>
- Silva, C. I. D., Araújo, G., & Oliveira, P. E. A. M. (2012). Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 26, 748-760. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000400004>
- Simão-Bianchini, R. (1991). *Convolvulaceae da Serra do Cipó Minas Gerais, Brasil*. Dissertação de Mestrado, São Paulo, Universidade de São Paulo. 260p.

- Simão-Bianchini, R.; Ferreira, P. P. A. 2015. *Evolvulus*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico, Rio de Janeiro.
- Singh, KP, & Dhakre, G. (2010). Biologia reprodutiva de *Evolvulus alsinoides* L. (erva medicinal). *International Journal of Botany*, 6 (3), 304-309. <https://doi.org/10.3923/ijb.2010.304.309>
- Smith, A. P. (1973). Stratification of temperature and tropical forests. *The American Naturalist*, 107(957), 671-683. <https://doi.org/10.1086/282866>
- Soares, S. D. A., Antonialli-Junior, W. F., & Lima-Junior, S. E. (2010). Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em dois ambientes no Centro-Oeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54, 76-81. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000100009>
- Soulé, M. E., & Kohm, K. A. (Eds.). (1989). *Research priorities for conservation biology* (Vol. 1). Island Press.
- Souza Pacheco Filho, A. J., Westerkamp, C., & Freitas, B. M. (2011). Ipomoea bahiensis pollinators: Bees or butterflies?. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(7), 662-667. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.02.002>
- Souza, V. C., & Lorenzi, H. (2005). *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Instituto Plantarum.
- Souza, V. C., & Lorenzi, H. J. (2008). *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II* (p. 704p). Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Stefanović, S., Austin, D. F., & Olmstead, R. G. (2003). Classification of Convolvulaceae: a phylogenetic approach. *Systematic Botany*, 28(4), 791-806.
- Stefanović, S., Krueger, L., & Olmstead, R. G. (2002). Monophyly of the Convolvulaceae and circumscription of their major lineages based on DNA sequences of multiple chloroplast loci. *American Journal of Botany*, 89(9), 1510-1522. <https://doi.org/10.3732/ajb.89.9.1510>

- Suárez, L. H., Gonzáles, W. L., & Gianoli, E. (2009). Foliar damage modifies floral attractiveness to pollinators in *Alstroemeria exerens*. *Evolutionary Ecology*, 23(4), 545-555. <https://doi.org/10.1007/s10682-008-9254-4>
- Teixeira, L. A. G., & Machado, I. C. (2000). Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasílica*, 14, 347-357. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062000000300011>
- Thompson, J. N. (1997). Conserving interaction biodiversity. In *The Ecological Basis of Conservation* (pp. 285-293). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6003-6_28
- Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. L. E. B. E. R. (1998). Behavior of visitors and reproductive biology of *Campomanesia pubescens* (Myrtaceae) in cerrado vegetation. *Ciencia e Cultura(Sao Paulo)*, 50(4), 281-283.
- Torezan-Silingardi, H. M., & Oliveira, P. E. A. M. (2004). Phenology and reproductive ecology of *Myrcia rostrata* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in Central Brazil. *Phyton*, 44(1), 23-43.
- Van Doorn, W. G., & Van Meeteren, U. (2003). Flower opening and closure: a review. *Journal of experimental botany*, 54(389), 1801-1812. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg213>
- Van Oostroom, S. J. (1934). *A monograph of the genus Evolvulus* (Doctoral dissertation, Kemink).
- Van Raij, B. (2011). *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. International Plant Nutrition Institute.
- Vitali-Veiga, M. D. J., Dutra, J. C. S., & Machado, V. L. L. (1999). Visitantes florais de *Lagerstroemia speciosa* Pers:(Lythraceae). *Revista brasileira de Zoologia*, 16(2), 397-407. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000200006>
- Vogel, S., & Westerkamp, C. (1991). Pollination: an integrating factor of biocenoses. In *Species conservation: a population-biological approach* (pp. 159-170). Birkhäuser, Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-6426-8_11