



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL - UFMS  
*Campus de CAMPO GRANDE*  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL  
MESTRADO



DÉBORAH CAINELLI

**INFLUÊNCIA DA FLORIVORIA SOBRE A FERTILIDADE NATURAL  
E A VISITAÇÃO FLORAL DE *Dyckia excelsa* Leme (BROMELIACEAE),  
BRASIL**

Campo Grande-MS

Agosto-2021

DÉBORAH CAINELLI

**INFLUÊNCIA DA FLORIVORIA SOBRE A FERTILIDADE NATURAL  
E A VISITAÇÃO FLORAL DE *Dyckia excelsa* Leme (BROMELIACEAE),  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gecele Matos Paggi

Campo Grande-MS

Agosto-2021

## Ficha Catalográfica

Cainelli, Déborah

Influência da florivoria sobre a fertilidade natural e a visitação floral de *Dyckia excelsa* Leme (Bromeliaceae), Brasil. 49 p.

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

1. Danos Florais, 2. Pilhadores, 3. Interação Ecológica, 4. Polinizadores.

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Instituto de Biociências

## Comissão Julgadora

---

Dr.<sup>a</sup> Camila Aoki

UFMS

---

Dr.<sup>a</sup> Camila S. Souza

UFPR

---

Dr.<sup>a</sup> Vanessa G. Nóbrega Gomes

INSA

---

Dr. Wellington Santos Fava

UFMS

---

Dr.<sup>a</sup> Gecele Matos Paggi

Orientadora

## **Agradecimentos**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus.

Sou grata a minha família por todo o apoio sempre, meu irmão Erick, minha avó Norma, minha tia Lourdes e meus primos Julia e Anderson.

Um agradecimento especial a minha mãe Maria Inêz, mulher incrível, que sempre me apoiou e foi meu pilar quando tudo parecia desmoronar. Se cheguei até aqui, devo isso a senhora, obrigada mãe.

Agradeço ao meu marido Sidney pela paciência e por estar ao meu lado nos momentos bons e ruins.

Agradeço a minha orientadora, Gecele Matos Paggi pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

Gratidão aos técnicos Marcus e Nayara por me acompanharem aos campos e me ajudarem com muitas dúvidas que foram surgindo.

Obrigada a todos os professores pela dedicação, pelo empenho e pelo carinho me oferecidos durante todo o processo de ensino.

Também agradeço aos meus amigos por todas as conversas e troca de ideias.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos, possibilitando a dedicação exclusiva ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. (Processo nº 133110/2019-2)

## SUMÁRIO

RESUMO	2
ABSTRACT	4
INTRODUÇÃO	5
<b>1.1 Interações ecológicas: florivoria e pilhagem</b>	5
<b>1.2 Florivoria</b>	6
<b>1.3 Ladrões florais</b>	7
<b>1.4 Importância agrícola dos polinizadores</b>	8
<b>1.5 Família Bromeliaceae e interações florais</b>	9
<b>1.6 <i>Dyckia</i></b>	10
<b>1.7 Espécie de estudo: <i>Dyckia excelsa</i> Leme</b>	10
OBJETIVOS	11
<b>2.1 Objetivo geral</b>	11
<b>2.2 Objetivos específicos</b>	12
Resumo	21
Abstract	22
1. INTRODUÇÃO	23
2. MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1 Área de estudo	26
3. RESULTADOS	31
4. DISCUSSÃO	38
5. CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES	42
6. AGRADECIMENTOS	42
7. REFERÊNCIAS	42

## RESUMO

Características florais, em geral, estão relacionadas à atração de polinizadores e oferta de recursos tróficos, entretanto, esses atrativos podem atrair espécies oportunistas que não realizam a polinização incluindo florívoros, pilhadores ou ladrões florais. Contudo, não há um consenso sobre o impacto real da pilhagem floral sobre a reprodução das espécies. *Dyckia excelsa* Leme é uma espécie endêmica de afloramentos rochosos, com ocorrência conhecida em apenas uma grande população na Fazenda São João e mais cinco pequenas populações nos arredores da cidade de Corumbá e Ladário (Mato Grosso do Sul – MS). O objetivo do presente estudo foi caracterizar o consumo de estruturas florais e a pilhagem de recursos tróficos florais em *D. excelsa*, buscando relacionar as espécies de pilhador ou florívoro à estrutura e aos recursos florais utilizados, observando se o dano floral interfere na visitação por polinizadores. Somando-se a isto, identificar se há influência da ação do roubo floral sobre a fertilidade natural de *D. excelsa* na população da Fazenda São João em Corumbá, MS. O estudo foi conduzido durante um ciclo reprodutivo (abril à dezembro de 2019) e o consumo de botões florais e flores em antese foi avaliado em inflorescências com escapos florais de 10 agrupamentos distantes entre si. A influência do dano floral sobre a fertilidade natural da espécie foi avaliada em campo, por meio da verificação do desenvolvimento dos frutos oriundos de botões florais/flores dos 5 tratamentos realizados, os frutos foram coletados para análise de parâmetros. Para avaliar a influência da florivoria sobre a fertilidade natural de *D. excelsa*, foi testada a germinação das sementes ( $N = 750$  sementes). As observações dos visitantes florais ocorreram em três dias distintos, sendo todos os agrupamentos avaliados em cada dia, 30 minutos ( $N = 15$  horas). Para as análises estatísticas utilizamos o teste de Kruskal-Wallis. As flores/botões florais provenientes do tratamento Florivoria simulada 1 foram as que obtiveram resultados mais similares ao do controle, esse fato pode ser possivelmente explicado pela presença de néctar nestas flores, já que no momento em que a florivoria simulada foi realizada não ocorreu a retirada do néctar imediatamente, e que somente foi perfurada a corola. As observações de visitantes florais mostraram que os orifícios, tanto os naturais como os simulados, são utilizados por muitos visitantes para acessar o néctar, desse modo pode-se supor que estes danos são uma atração para visitantes florais. As flores com dano floral no ápice, tanto do tratamento natural quanto no simulado, apresentaram resultados inferiores, quando comparadas ao tratamento controle. Nessas flores o dano causou tanto uma diminuição de pólen oferecido como também causou alteração nos caracteres florais, influenciando na visitação e conseqüentemente na polinização. Os resultados aqui obtidos mostram que os danos florais, tais como a perfuração

na base da corola e o consumo de pétalas do ápice floral, estames e estigma, não são completamente prejudiciais para o sucesso reprodutivo da espécie. Pelo padrão de floração e período em que *D. excelsa* floresce, a permanência dos visitantes florais é vital para a espécie, pois contribuem para a polinização cruzada das flores. Portanto, implementações de medidas de conservação devem ser estudadas para *D. excelsa* e para a biodiversidade associada a ela.

## ABSTRACT

Floral characteristics, in general, are related to the attraction of pollinators and the offer of trophic resources. However, they also can arouse the attraction of opportunistic species that do not carry out pollination and are called floral robbers or thieves. However, there is no consensus on the real impact of floral take on the reproduction of the studied species. *Dyckia excelsa* Leme is known to occur in only one large population in Fazenda São João and in five smaller populations in the outskirts of Corumbá and Ladário (Mato Grosso do Sul - MS), which are not protected. The present study aimed to characterize the consumption of floral structures and the looting of trophic floral resources in *D. excelsa*, to relate the looter species to the structure and floral resource used, and observe whether floral damage interferes with visitation by pollinators. In addition, to identify if there is any influence of floral theft on the natural fertility of *D. excelsa* in the population of Fazenda São João in Corumbá, MS. The study was conducted during a reproductive cycle (April to December 2019), evaluating the consumption of floral buds and flowers in anthesis in inflorescences with floral scapes from 10 distant clusters. The influence of floral damage on the natural fertility of the species was evaluated in the field by verifying the development of fruits from flower buds/flowers of the five treatments performed. Fruits were collected for parameter analysis to assess the influence of florivory on the natural fertility of *D. excelsa*, and seed germination was tested ( $N = 750$  seeds). Observations of floral visitors took place on three different days, with all clusters being evaluated on each day, 30 minutes each ( $N = 15$  hours). We used the Kruskal-Wallis test for statistical analysis, with 95% reliability using the Bioestat 5.3 program. The flowers/flower buds from the simulated florivory treatment 1 were the ones that obtained results closest to the control. This fact can be explained by the presence of nectar in these flowers since the simulated florivory was performed, the removal of the nectar immediately, and that only the corolla was pierced. Observations of floral visitors showed that holes, both natural and simulated, were used by many visitors to access nectar, so we can assume that these damages are an attraction for floral visitors. The flowers with damage to the floral apex (Tests FN2 and FS2) had the lowest results compared to the control. The results obtained here show that floral damage, such as perforation at the base of the corolla and consumption of petals from the floral apex, stamens, and stigma, are not entirely harmful to the reproductive success of the species. Due to the flowering pattern and period in which *D. excelsa* blooms, the permanence of floral visitors is vital for the species, as they contribute to the cross-pollination of the flowers. Therefore, implementation of conservation measures must be studied for *D. excelsa* and its associated biodiversity.



## INTRODUÇÃO

### 1.1 Interações ecológicas: florivoria e pilhagem

As plantas terrestres são fonte primária de energia para os seres heterotróficos e sua inexistência torna impossível a sobrevivência da vida animal, incluindo a dos insetos. Devido a essa forte interação, as variações morfológicas dos insetos foram essenciais para a evolução e a diversidade das plantas (Schoonhoven et al. 2005). Os polinizadores, além da busca por recursos energéticos, participam de mecanismos que possibilitam a reprodução sexual das plantas por meio da transferência de pólen e, conseqüentemente, influenciam as variações das espécies que visitam (Galen 1999).

Para que a interação da flor com o visitante ocorra é necessário um atrativo que satisfaça uma das necessidades dos animais, seja alimentação, reprodução ou nidificação (Rech et al. 2014). Em relações mutualísticas entre plantas e insetos, ambos são recompensados de alguma forma, as plantas podem ser polinizadas, receber proteção e/ou suas sementes ou grãos de pólen são dispersos, enquanto os insetos recebem recursos energéticos. Nessas relações, porém, existem trapagens. Estas podem ser realizadas pelas plantas que, em alguns casos, oferecem recompensas inexistentes ou que não são de fato entregues e, também, pelos insetos que podem realizar o roubo de recursos florais, como os ladrões de néctar que acessam o néctar através de buracos nas flores ignorando a abertura floral usada pelos legítimos polinizadores (Bronstein et al. 2003, Bronstein et al. 2006, Irwin et al. 2010). Nestas interações, as flores podem sofrer danos, que são comumente vistos como prejudiciais, porém, para Frame (2003) é muito provável que a alta diversidade e a complexidade das Angiospermas esteja ligada ao fato de suas flores serem muito mais comestíveis quando comparadas a outras plantas que são menos consumidas e que apresentam uma diversidade bem menor.

Nas interações que envolvem o roubo de recursos florais, podemos identificar os ladrões de néctar primários, quando o inseto faz uma perfuração, fenda ou rasgo no tecido da pétala para acessar o néctar, evitando assim a abertura floral utilizada pelos legítimos polinizadores, e os ladrões secundários, que são insetos que acessam o néctar através de perfurações já feitas pelos primários, novamente ignorando a abertura floral (Irwin et al. 2010).

As plantas não são passivas aos danos provocados pelos insetos, que podem ser impedidos de se alimentar por meio de defesas que vão desde barreiras físicas e químicas (Walters 2011). As barreiras físicas podem ser ceras na superfície foliar, tricomas, resistência foliar e, em

algumas espécies de plantas, há a produção de secreções como resinas e látex que são liberados através de canais secretores no momento em que sofrem danos. Quanto às defesas químicas, há uma variedade de compostos que são produzidos pela planta, incluindo terpenóides, compostos fenólicos e compostos orgânicos contendo nitrogênio (Walters 2011). Apesar das defesas químicas serem mais estudadas nas folhas, as flores também possuem tais defesas, podendo apresentar em concentrações mais altas do que nas folhas (Soper Gorden & Adler 2016).

## 1.2 Florivoria

A herbivoria floral ou florivoria, pode ser definida como qualquer tipo de dano nos botões florais ou flores, incluindo danos a brácteas, sépalas, pétalas, estames e pistilos, assim como pólen e óvulos (Burgess 1991, Mccall & Irwin 2006). Distinguir as diferenças entre florivoria e outros tipos de danos às plantas podem ser um desafio, a florivoria está associada a danos as estruturas relacionadas ao potencial de produção reprodutiva, já a herbivoria está ligada à remoção de partes vegetais importantes para a produção de fotossintato e a predação de semente se trata do consumo de óvulos já fertilizados (Mccall & Irwin 2006). Por estarem relacionados a danos nas estruturas reprodutivas, os florívoros podem gerar efeitos diretos e indiretos nas plantas. Por exemplo, podem afetar diretamente quando as flores e as estruturas reprodutivas sejam produtoras de quantidades consideráveis de fotossintato (Mccall & Irwin 2006), como é o caso de *Encelia farinosa* Torr. & A.Gray, *E. californica* Nutt. (Asteraceae) (Werk & Ehleringer 1983) e *Spiranthes cernua* (L.) Rich. (Orchidaceae) (Antlfinger & Wendel 1997).

Quando os danos afetam as características florais, as interações com outras espécies podem ser alteradas, afetando indiretamente a aptidão das plantas tanto femininas como masculinas (Mccall & Irwin 2006). Krupnick et al. (1999) constatou que as flores danificadas de *Isomeris arborea* tinham uma produção quatro vezes menor de néctar, como também receberam significativamente menos visitas, enquanto flores intactas foram visitadas por polinizadores cerca de duas vezes mais do que flores com danos.

Por outro lado, McDade & Kinsman (1980) concluíram que tanto a extração legítima quanto a ilegítima de néctar em flores de *Aphelandra golfodulcensis* McDade e *Justicia aurea* Schldl. diminuía a produção de néctar após perfurações e, ainda, que os beija-flores poderiam ter dois tipos de respostas quanto a menor quantidade de néctar disponível: primeiro, evitariam parcial ou totalmente populações com flores danificadas, mas para isso precisam de outras fontes de alimento; segundo, em ambientes onde não há outras fontes, esses polinizadores iriam visitar mais flores, de forma a suprir suas necessidades energéticas, portanto a polinização

poderia ser aumentada nestes casos.

Conforme supramencionado, danos florais podem interferir na comunicação planta-polinizador, em plantas polinizadas por insetos, a florivoria pode resultar em efeitos positivos, já nas que são polinizadas por pássaros há a tendência de sofrerem efeitos negativos (Irwin et al. 2001). Possivelmente, os beija-flores utilizam informações olfativas ou visuais para escolherem as flores que serão visitadas, portanto, há uma maior probabilidade de que plantas roubadas ou danificadas sejam menos visitadas por eles (Irwin & Brody 1998). O estudo de Irwin (2000) mostrou que, independentemente da presença ou não de buracos nas flores, os beija-flores evitavam flores sem néctar. E essa menor taxa de visitação corresponde a uma redução tanto no número de plantas visitadas quanto no percentual de flores sondadas por visita. Também   possível que a presença dos florívoros influencie na visitação dos beija-flores, como descreveram Canela & Sazima (2003). Os autores constataram que em inflorescências de *Aechmea pectinata* Baker (Bromeliaceae) onde o florívoro, no caso caranguejo, estava forrageando, as flores recebiam menos visitas ou não eram visitadas. Somente após a saída do florívoro, às vezes, os beija-flores retomavam suas visitas às inflorescências. No entanto, pode ocorrer que os danos às flores não influenciem na visitação, como constatou Tunes (2017) para *Ananas ananassoides* [Baker] L. B. Sm., em que não houve diferença na taxa de visitação de beija-flores às flores normais e danificadas.

Assim como os beija-flores, as abelhas também podem reagir a danos nas flores. Em alguns casos os danos florais diminuem a frequência de visitas quando comparado a flores não danificadas (Cardel & Koptur 2010), bem como, há a possibilidade de que as abelhas não consigam distinguir   distância flores roubadas das não roubadas (Maloof 2001). Rech et al. (2014) apontam que em flores que restringem o acesso ao néctar, algumas abelhas o acessam através da perfuração da parede externa do cálice e/ou corola, atuando, dessa forma, como pilhadores. Fator que poderá influenciar de forma negativa, positiva ou, até mesmo, neutra nas plantas.

### **1.3 Ladrões florais**

Os atrativos florais, em geral, estão relacionados à atração de polinizadores e oferta de recursos tróficos como, por exemplo, néctar e pólen (Roubik 1982, Irwin 2000, Maruyama et al. 2014). Todavia, esses atrativos podem, também, despertar a atração de espécies oportunistas que não realizam a polinização e que são denominadas de pilhadores (Maloof & Inouye 2000). A pilhagem de recursos tróficos florais (néctar e pólen)   muito comum em diversas espécies

de plantas; a esse tipo de comportamento é dado o nome de ladrões florais (“floral robbers”, Inouye 1980). Organismos que se alimentam de néctar, através de furos na base da corola sem fornecer serviço de polinização em troca, podem causar efeitos substanciais sobre o ganho reprodutivo das plantas em graus comparáveis ou, até mesmo, superiores da predação por herbívoros (Irwin et al. 2004).

A pilhagem floral pode influenciar no sucesso reprodutivo das plantas, tanto de maneira positiva quanto negativa (Malooof & Inouye 2000), refletindo na diminuição e, até mesmo, na perda total da produção de frutos e sementes (Renner 1983, Irwin & Brody 1998, Vlasáková 2010). Contudo, os relatos sobre este tipo de interação são pouco conclusivos e não há um consenso sobre o impacto real do consumo dos recursos tróficos florais e das estruturas florais sobre a reprodução das espécies estudadas (Vlasáková 2010, Cotarelli & Almeida 2015). Flores consumidas podem ser menos visitadas por polinizadores, por causa da alteração da quantidade e qualidade de caracteres florais importantes para interação com estas espécies (Mccall & Irwin 2006), porém, como já mencionado anteriormente, uma menor disponibilidade de néctar pode ocasionar um aumento no número de flores visitadas, de forma a suprir as necessidades energéticas dos polinizadores (McDade & Kinsman 1980), favorecendo a fecundação cruzada para a espécie vegetal.

A ação de pilhadores pode diminuir a oferta de recurso floral oferecido, gerar danos parciais e, até mesmo, totais nas estruturas florais, levando ao aborto de frutos (Roubik 1982, Irwin & Brody 1998, Malooof & Inouye 2000, Carvalho et al. 2007, Vlasáková 2010). Entre os insetos, os Hymenoptera, incluindo abelhas, vespas e formigas, são os principais pilhadores, porém aves e, raramente, mamíferos também são relatados (Irwin et al. 2010). Dentre os mais referenciados, estão os meliponídeos (Apoidea, Meliponinae), em particular do gênero *Trigona* (Renner 1983; Roubik 1992; Malooof & Inouye 2000).

#### **1.4 Importância agrícola dos polinizadores**

As interações ecológicas entre plantas e animais tem extrema importância para a humanidade, pois sem polinizadores muitos alimentos não estariam disponíveis como também haveria perdas econômicas, já que os mesmos possibilitam o aumento da produção global de alimentos (Costanza et al. 1997, Kearns et al. 1998, Klein et al. 2006). Wolowski et al. (2019), citam cultivos que apresentam alta dependência de polinizadores como por exemplo, o abacate, canola, cebola, erva-mate, girassol, guaraná, entre outros. Ainda que as interações entre insetos

e plantas sejam altamente benéficas para a vida humana, podem também trazer prejuízos como, por exemplo, na agricultura, onde os insetos são as principais pragas de plantações e produtos armazenados (Schoonhoven et al. 2005).

### 1.5 Família Bromeliaceae e interações florais

Bromeliaceae abrange cerca de 58 gêneros e 3408 espécies distribuídas em 8 subfamílias: Brocchinioideae, Lindmanioideae, Tillandsioideae, Hechtioideae, Navioideae, Pitcairnioideae, Puyoideae e Bromelioideae (Givnish et al. 2014, Luther 2014). Constitui a maior família das Angiospermas exclusiva do continente Americano, com distribuição geográfica que vai desde os estados da Virgínia, Texas e Califórnia, nos Estados Unidos da América (limite norte), ao norte da Patagônia, na Argentina (limite sul) (Benzing 2000, Givnish et al. 2011). Apenas uma espécie, *Pitcairnia feliciana* (A.Chev.) Harms & Mildbr. é encontrada fora do continente americano, na costa oeste africana (Porembski & Barthlott 1999), na região da Guiné, e pode ter sido um caso de dispersão a longa distância (Givnish et al. 2011).

Os polinizadores das bromélias incluem uma grande variedade de insetos como abelhas, borboletas e mariposas, além de beija-flores e morcegos (Kessler & Krömer 2000, Canela & Sazima 2005, Wendt et al. 2008, Schmid et al. 2010, Lenzi & Paggi 2020). A ornitofilia é predominante na família Bromeliaceae, estando entre as poucas famílias em que a polinização por animais vertebrados predomina sobre a dos insetos (Fischer 1994, Nara & Webber 2002, Kaehler et al. 2005, Zanella et al. 2012). Dessa forma, a distribuição dos beija-flores (Trochilidae) ocorre simultaneamente à distribuição da Bromeliaceae, além da interdependência das famílias como “co-recursos” sugerindo evolução recíproca entre bromélias e beija-flores (Fischer 1994, Zanella et al. 2012).

O roubo floral em bromélias já foi descrito nos gêneros *Aechmea*, *Bromelia*, *Dyckia*, *Pitcairnia* e *Vriesea* (Canela & Sazima 2005, Lenzi et al. 2006, Hmeljevski et al. 2007, Paggi et al. 2007, Rogalski et al. 2009, Vlasáková 2010, Lenzi & Paggi 2020), como também em flores da bromélia *Neoregelia johannis*, onde o consumo de néctar pela espécie de ácaro *Proctolaelaps* sp. reduziu significativamente o volume de néctar disponível (Guerra et al. 2010) e em flores de *Tillandsia deppeana* em que não houve diferença estatística significativa na disponibilidade de néctar entre flores com e sem o ácaro *Tropicoseius erro* (Lara & Ornelas 2002).

A maioria dos estudos que, de certa forma, abordam interações entre bromélias e herbívoros florais (Lenzi et al. 2006, Hmeljevski et al. 2007, Rogalski et al. 2009, Lenzi &

Paggi 2020) apresentam resultados quase sempre complementares aos estudos de biologia reprodutiva e da polinização dessas plantas. Infere-se, portanto, que ao se estudar especificamente as relações entre pilhadores, florívoros e bromélias, os dados gerados serão mais precisos, permitindo uma maior compreensão a respeito dessas interações e do seu real impacto sobre a fertilidade natural em bromélias.

## **1.6 *Dyckia***

O gênero *Dyckia* pertence a subfamília Pitcairnioideae e é composto por 130 espécies (Luther 2014), os espécimes deste gênero podem ser encontrados como indivíduos únicos, formados por dispersão de sementes ou densos aglomerados formados por propagação clonal (Leme et al. 2012). Ocorre desde o nível do mar até 1000 metros de altitude, geralmente em ambientes expostos ao sol nos seguintes biomas: Restinga, Floresta Atlântica, Caatinga, Campos Rupestres e Cerrado (Krapp et al. 2014). É constituído por ervas, em sua maioria, rizomatosas de porte variado, suas folhas são rosuladas, linear-lanceoladas, frequentemente cinéreas com margens espinescentes (Forzza 1998, Büneker et al. 2013). As inflorescências simples ou ramificadas são inseridas lateralmente, um caráter que discrimina *Dyckia* de seu parente próximo, *Encholirium* (Smith & Downs 1974, Krapp et al. 2014). As espécies de *Dyckia*, predominantemente tem flores amarelas, vermelhas e laranjas, sendo em poucas espécies relatadas cores de vinho castanho ou esverdeadas (Leme et al. 2012). Beija-flores, borboletas, abelhas e outros insetos são comumente observados como polinizadores de *Dyckia* (Lenzi & Paggi 2020). Seus frutos são cápsulas que liberam as sementes por deiscência, as quais são dispersas pelo vento (Krapp et al. 2014) ou pela água (Rogalski 2007).

## **1.7 Espécie de estudo: *Dyckia excelsa* Leme**

*Dyckia excelsa* Leme foi descrita em 1993 com base em um indivíduo da coleção particular de Roberto Burle Marx, que floresceu em cultivo (Leme 1993). Desde então, nenhum registro ou informação sobre esta espécie foi encontrada em herbários ou literatura para elucidar a localização exata deste táxon. Recentemente, Paggi et al. (2015) descreveram a ocorrência da espécie apenas para as cidades de Corumbá e de Ladário, no oeste de Mato Grosso do Sul, restrita às bancadas lateríticas do Planalto Residual do Urucum, fronteira do Brasil com a Bolívia. A espécie é tratada como em perigo, devido à sua ocorrência conhecida em apenas uma grande população na Fazenda São João e mais cinco pequenas populações nos arredores da

cidade de Corumbá, as quais não são protegidas (Paggi et al. 2015, Lenzi & Paggi 2020, Ruas et al. 2020).

A espécie é saxícola, e atinge até 1,3 m com o escapo floral; a época da floração ocorre entre abril e novembro, com inflorescências simples e flores alaranjadas; a frutificação ocorre entre maio e janeiro; se propaga por brotos basais; as folhas são coriáceas, com arranjo em forma de roseta, sendo que cada indivíduo pode produzir de 1 a 3 inflorescências ao mesmo tempo (Paggi et al. 2015, Lenzi & Paggi 2020). De acordo com Lenzi & Paggi (2020) a antese floral é diurna e dura 2 dias e nesse período ocorre uma retração lenta e gradativa dos estames e conseqüentemente a separação das anteras do estigma, caracterizando uma breve hercogamia na espécie, o estigma fica viável por aproximadamente 33 horas, a produção de néctar é contínua ao longo da antese, sendo o maior volume de néctar observado,  $23,21 \pm 10,8 \mu\text{L}$ .

Tendo em vista que o objetivo deste projeto de pesquisa centra-se, sobretudo, no consumo de estruturas florais e na pilhagem de recursos tróficos florais em *Dyckia excelsa*, espera-se responder objetivamente às seguintes questões: 1) A taxa de frutificação em flores danificadas e/ou roubadas será a mesma de flores intactas? 2) As sementes de flores danificadas e/ou roubadas terão sucesso na germinação do mesmo modo que as de flores intactas? e 3) De que maneira os danos florais interferem na visitação de polinizadores de *Dyckia excelsa*?

## OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Caracterizar o consumo de estruturas florais e a pilhagem de recursos tróficos florais em *Dyckia excelsa*, buscando relacionar a espécie de pilhador ou florívoro à estrutura e ao recurso floral utilizado, observando se o dano floral interfere na visitação por polinizadores. Somando-se a isto, identificar se há influência da a o do roubo floral sobre a fertilidade natural de *D. excelsa* na popula o da Fazenda São João em Corumbá, Mato Grosso do Sul (MS).

## 2.2 Objetivos específicos

- Determinar, na população estudada de *D. excelsa*, os níveis de dano floral e modos de pilhagem e/ou roubo, se as flores apresentam perfuração na base da corola ou se inclui danos nas estruturas reprodutivas.

- Identificar a espécie de pilhador ou florívoro, e relacioná-la ao tipo de estrutura (pétalas, estames e pistilos) ou recurso floral (néctar e pólen) utilizado;

- Observar a interferência do dano floral sobre a atração e presença de visitantes florais;

- Avaliar a influência da ação do pilhador sobre a fertilidade natural (frutos e sementes) de *D. excelsa*.



## REFERÊNCIAS

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p.711-728.
- Antlfinger AE, Wendel LF. 1997. Reproductive effort and floral photosynthesis in *Spiranthes cernua* (Orchidaceae). *American Journal of Botany*, v. 84, n. 6, p. 769-780.
- Benzing DH. 2000. *Bromeliaceae: Profile of an Adaptive Radiation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brasil. 1974. Ministério do Interior: Departamento Nacional de Obras de Saneamento. Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai (Região do Pantanal, Estado do Mato Grosso). Relatório Técnico UNESCO/PNUD (1966-1972).
- Brasil. 1982. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha Se.21 Corumbá e parte da folha SE.20: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. (Levantamento de recursos naturais, 27). Rio de Janeiro.
- Bronstein JL, Wilson WG, Morris WF. 2003. Ecological dynamics of mutualist/antagonist communities. *The American Naturalist*, v. 162, n. S4, p. S24-S39.
- Bronstein JL, Alarcón R, Geber M. 2006. The evolution of plant–insect mutualisms. *New Phytologist*, v. 172, n. 3, p. 412-428.
- Büneker HM, Pontes RC, Soares KP, Neto LW, Longhi SJ. 2013. Uma nova espécie reófito de *Dyckia* (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) para a flora do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 11, n. 3, p. 284-289.
- Burgess KH. 1991. *Florivory: the ecology of flower feeding insects and their host plants*. PhD Thesis, Harvard University, Cambridge, MA.
- Canela MBF, Sazima M. 2003. Florivory by the Crab *Armases angustipes* (Grapsidae) Influences Hummingbird Visits to *Aechmea pectinata* (Bromeliaceae). *Biotropica*, v. 35, n. 2, p. 289-294.
- Canela MBF, Sazima M. 2005. The pollination of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae) in Southeastern Brazil: Ornithophilous versus Melittophilous Features. *Plant Biology*, v. 7, n. 04, p. 411-416.
- Cardel YJ, Koptur S. 2010. Effects of florivory on the pollination of flowers: an experimental field study with a perennial plant. *International Journal of Plant Sciences*, v. 171, n. 3, p. 283-292.
- Cardoso EL, Silva MLN, Curi N, Ferreira MM, Freitas DAF. 2011. Qualidade química e física

- do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 2, p. 613-622.
- Carrano-Moreira AB. 2014. *Insetos: manual de coleta e identificação*. 2ª ed. Technical books
- Carvalho FA, Costa NA, Garcia PT, Reis RA, Mata TFF, Ramo SVN, Morais HC. 2007. Frequência de danos por pilhadores de néctar em *Tocoyena formosa* (Cham. & Schitdl.) K. Schum. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, n. S1, p. 519-521.
- Corrêa MM, Fernandes WD, Leal IR. 2006. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. *Neotropical Entomology*, v. 35, n. 6, p. 724-730.
- Costanza R, d'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Raskin RG. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, n. 6630, p. 253.
- Cotarelli CM, Almeida NM. 2015. Florivory in *Senna macranthera* var. *pubibunda* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby (Caesalpinioideae-Fabaceae). *Natureza on line*, v. 13, p. 45-49.
- Cyr H, Face ML. 1993. Magnitude and patterns of herbivory in aquatic and terrestrial ecosystems. *Nature*, v. 361, n. 6408, p. 148.
- Fischer EA. 1994. Polinização, fenologia e distribuição espacial de Bromeliaceae numa comunidade de Mata Atlântica, litoral sul de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP.
- Forzza RC, Wanderley MGL. 1998. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Bromeliaceae - Pitcairnioideae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, v. 17, p. 255-270.
- Frame D. 2003. Generalist flowers, biodiversity and florivory: implications for angiosperm origins. *Taxon*, v. 52, n. 4, p. 681-685.
- Fumero-Cabán JJ, Meléndez-Ackerman EJ. 2007. Relative pollination effectiveness of floral visitors of *Pitcairnia angustifolia* (Bromeliaceae). *American Journal of Botany*, v. 94, n. 3, p. 419-424.
- Galen C. 1999. Why do flowers vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *Bioscience*, v. 49, n. 8, p. 631-640.
- Givnish TJ, Barfuss MH, Van Ee B, Riina R, Schulte K, Horres R, Gonsiska PA, Jabaily RS, Crayn DM, Smith JAC, Winter K, Brown GK, Evans TM, Holst BK, Luther H, Till W, Zizka G, Berry PE, Sytsma KJ. 2011. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: Insights from an eight-locus plastid phylogeny. *American Journal of Botany*, v. 98, n. 5, p. 872-895.
- Givnish TJ, Barfuss M H, Van Ee B, Riina R, Schulte K, Horres R, Gonsiska PA, Jabaily RS,

- Crayn DM, Smith JAC, Brown GK, Evans TM, Holst BK, Luther H, Till W, Zizka G, Berry PE, Sytsma KJ, Winter K. 2014. Adaptive radiation, correlated and contingent evolution, and net species diversification in Bromeliaceae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 71, p. 55-78.
- Guerra TJ, Romero GQ, Benson WW. 2010. Flower mites decrease nectar availability in the rain-forest bromeliad *Neoregelia johannis*. *Journal of tropical ecology*, v. 26, p. 373-379.
- Gwynne JA, Ridgely RS, Argel M, Tudor G. 2010. Guia Aves do Brasil: Pantanal e Cerrado. In *Guia Aves do Brasil: Pantanal e Cerrado*.
- Hmeljevski KV, Reis A, Reis MS, Rogalski JM, Neto CD, Lenzi M. 2007. Resultados preliminares da biologia reprodutiva de *Dyckia ibiramensis* Reitz (Bromeliaceae): uma espécie rara e endêmica de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, n. supl 1, p. 267-269.
- Inouye DW. 1980. The terminology of floral larceny. *Ecology*, v. 61, n. 5, p. 1251-1253.
- Irwin RE, Brody AK. 1998. Nectar robbing in *Ipomopsis aggregata*: effects on pollinator behavior and plant fitness. *Oecologia*, v. 116, n. 4, p. 519-527.
- Irwin RE. 2000. Hummingbird avoidance of nectar-robbed plants: spatial location or visual cues? *Oikos*, v. 91, n. 3, p. 499-506.
- Irwin RE, Brody AK, Waser NM. 2001. The impact of floral larceny on individuals, populations, and communities. *Oecologia*, v. 129, n. 2, p. 161-168.
- Irwin RE, Adler LS, Brody AK. 2004. The dual role of floral traits: pollinator attraction and plant defense. *Ecology*, v. 85, n. 6, p. 1503-1511.
- Irwin RE, Bronstein JL, Manson JS, Richardson L. 2010. Nectar robbing: ecological and evolutionary perspectives. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 41, p. 271-292.
- Kaehler M, Varassin IG, Goldenberg R. 2005. Polinização em uma comunidade de bromélias em Floresta Atlântica Alto-montana no Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 28, n. 2, p. 219-228.
- Kearns CA, Inouye DW, Waser NM. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 29, n. 1, p. 83-112.
- Kessler M, Krömer T. 2000. Patterns and ecological correlates of pollination modes among bromeliad communities of Andean Forests in Bolivia. *Plant Biology*, v. 2, n. 06, p. 659-669.
- Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C,

- Tscharntke T. 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274, n. 1608, p. 303-313.
- Krapp F, Pinangé DSB, Benko-Iseppon AM, Leme EMC, Weising K. 2014. Phylogeny and evolution of *Dyckia* (Bromeliaceae) inferred from chloroplast and nuclear sequences. *Plant Systematic and Evolution*, v. 300, n. 7, p. 1591-1614.
- Krupnick GA, Weis AE, Campbell DR. 1999. The consequences of floral herbivory for pollinator service to *Isomeris arborea*. *Ecology*, v. 80, n. 1, p. 125-134.
- Lara C, Ornelas JF. 2002. Flower mites and nectar production in six hummingbird-pollinated plants with contrasting flower longevities. *Canadian Journal of Botany*, v. 80, n. 11, p. 1216-1229.
- Leme EMC, Ribeiro OBC, Miranda ZJG. 2012. New species of *Dyckia* (Bromeliaceae) from Brazil. *Phytotaxa*, v. 67, n. 1, p. 9-37.
- Leme EMC. 1993. Novas bromeliáceas nativas do Brasil – XI. *Pabstia*, v. 4, n. 4, p. 6-7.
- Lenzi M, Matos JM, Orth AI. 2006. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, n. 2, p. 487-500.
- Lenzi M, Paggi GM. 2020. Reproductive biology of *Dyckia excelsa* Leme (Bromeliaceae): a xerophyte species from ironstone outcrops in central-western Brazil. *Plant Species Biology*, v. 35, n. 1, p. 97-108.
- Luther HE. 2014. An Alphabetical list of Bromeliad Binomials, 14<sup>a</sup>ed. Marie Selby Botanical Gardens and Bromeliad Society International, Sarasota.
- Maloof JE, Inouye DW. 2000. Are nectar robber characters or mutualistic? *Ecology*, v. 81, n. 10, p. 2651-2661.
- Maloof JE. 2001. The effects of a bumble bee nectar robber on plant reproductive success and pollinator behavior. *American Journal of Botany*, v. 88, n. 11, p. 1960-1965.
- Maruyama PK, Vizentin-Bugoni J, Dalsgaard B, Sazima I, Sazima M. 2014. Nectar robbery by a hermit hummingbird: association to floral phenotype and its influence on flowers and network structure. *Oecologia*, v. 178, n. 3, p. 783-793.
- Mccall AC, Irwin RE. 2006. Florivory: the intersection of pollination and herbivory. *Ecology Letters*, v. 9, n. 12, p. 1351-1365.
- McDade LA, Kinsman S. 1980. The impact of floral parasitism in two neotropical hummingbird-pollinated plant species. *Evolution*, v. 34, n. 5, p. 944-958.
- Nara AK, Webber AC. 2002. Biologia floral e polinização de *Aechmea beeriana* (Bromeliaceae) em vegetação de baixio na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 32, n.

- 4, p. 571-571.
- Paggi GM, Palma-Silva C, Silveira LCT, Kaltchuk-Santos E, Bodanese-Zanettini MH, Bered F. 2007. Fertility of *Vriesea gigantea* Gaud. (Bromeliaceae), in Southern Brazil. *American Journal of Botany*, v. 94, n. 4, p. 683-689.
- Paggi GM, Louzada RB, Ishii IH, Takahasi A, Arruda RCO, Lorenz-Lemke AP. 2015. Rediscovering *Dyckia excelsa* (Bromeliaceae) in Mato Grosso do Sul, Brazil: Taxonomy, Geographic Distribution, and Notes on Leaf Anatomy. *Systematic Botany*, v. 40, n. 1, p. 129-135.
- Porembski S, Martinelli G, Ohlemüller R, Barthlott W. 1998. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. *Diversity and Distributions*, v. 4, n. 3, p. 107-119.
- Porembski S, Barthlott W. 1999. *Pitcairnia feliciana*: the only indigenous African bromeliad. *Harvard Papers in Botany*, v. 4, p. 175-184.
- Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. 2014. *Biologia da polinização. Projeto Cultural*.
- Renner S. 1983. The widespread occurrence of anther destruction by *Trigona* bees in Melastomataceae. *Biotropica*, v. 15, p. 251-256.
- Resende EK, Catella AC, Nascimento FL, Palmeira SDS, Pereira RAC, Lima MDS, Almeida VLL. 1995. *Biologia do curimbata (Prochilodus lineatus), pintado (Pseudoplatystoma corruscan) e cachara (Pseudoplatystoma fasciatum) na bacia hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil. Embrapa Pantanal-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.
- Rogalski JM. 2007. *Biologia da conservação da reófito Dyckia brevifolia Baker (Bromeliaceae), Rio Itajaí-Açu, SC*.
- Rogalski JM, Reis A, Reis MS, Hmeljevski KV. 2009. *Biologia reprodutiva da reófito Dyckia brevifolia Baker (Bromeliaceae), do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina Brasil. Revista Brasileira de Botânica*, v. 32, p. 691-702.
- Roubik DW. 1982. The ecological impact of nectar-robbing bees and pollinating hummingbirds on a tropical shrub. *Ecology*, v. 63, n. 2, p. 354-360.
- Roubik DW. 1992. *Ecology and natural history of tropical bees*. New York, Cambridge University Press.
- Ruas RB, Paggi GM, Aguiar-Melo C, Hirsch LD, Bered F. 2020. Forte estrutura genética em *Dyckia excelsa* (Bromeliaceae), uma espécie ameaçada de extinção encontrada em afloramentos de ironstone no Pantanal, Brasil. *Jornal Botânico da Sociedade Linnean*, v.

- 192, n. 4, p. 691-705.
- Schmid S, Schmid VS, Zillikens A, Harter-Marques B, Steiner J. 2010. Bimodal pollination system of the bromeliad *Aechmea nudicaulis* involving hummingbirds and bees. *Plant Biology*, v. 13, p. 41-50.
- Schoonhoven LM, Van Loon B, van Loon JJ, Dicke M. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press on Demand.
- Smith LB, Downs RJ. 1974. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). *Flora Neotropica Monograph*, v. 14, p. 1-662.
- Soper Gorden NL, Adler LS. 2016. Florivory shapes both leaf and floral interactions. *Ecosphere*, v. 7, n. 6, p. e01326.
- Takahasi A, Meirelles ST. 2014. Ecology of herbaceous vegetation on bancadas lateríticas (cangas) in Corumbá, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Hoehnea*, v. 41, n. 4, p. 515-528.
- Tunes PT. 2017. Influência da florivoria sobre a polinização de espécies ornitófilas. *Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, SP*.
- Vlasáková B. 2010. *Plant-Animal Interactions in an Inselberg Ecosystem: The Effect on Reproduction of Selected Species*. PhD. Thesis. Charles University in Prague.
- Walters D. 2011. *Plant defense: warding off attack by pathogens, herbivores and parasitic plants*. John Wiley & Sons.
- Wendt T, Coser TS, Matallana G, Guilherme FAG. 2008. An apparent lack of prezygotic reproductive isolation among 42 sympatric species of Bromeliaceae in southeastern Brazil. *Plant Systematic and Evolution*, v. 275, n. 1-2, p. 31.
- Werk KS, Ehleringer JR. 1983. Photosynthesis by flowers in *Encelia farinosa* and *Encelia californica* (Asteraceae). *Oecologia*, v. 57, n. 3, p. 311-315.
- Wolowski M, Agostini K, Rech AR, Varassin IG, Maués M, Freitas L, Saraiva AM. 2019. *Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil*. Espírito Santo: REBIPP.
- Zanella CM, Janke A, Palma-Silva C, Kaltchuk-Santos E, Pinheiro FG, Paggi GM, Soares LES, Goetze M, Büttow MV, Bered F. 2012. Genetics, Evolution, and Conservation of Bromeliaceae. *Genetics and Molecular Biology*, v. 35, n. 4, p. 1020-1026.

## **Artigo 1**

Artigo a ser submetido na revista Brazilian Journal of Botany.

Link para as normas da revista: <https://www.springer.com/journal/40415/submission-guidelines>.

**Influência da florivoria sobre a fertilidade natural e a visitação floral de *Dyckia excelsa*  
Leme (Bromeliaceae), Brasil**

Déborah Cainelli<sup>1</sup> & Gecele Matos Paggi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil

<sup>2</sup> Laboratório de Biologia Molecular e Cultura de Células, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil

Autor para correspondência: Gecele Matos Paggi, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição – FACFAN/UFMS, 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil. Telefone: (67) 3345-7013. E-mail: [gecele.paggi@ufms.br](mailto:gecele.paggi@ufms.br).

ORCID number:

Gecele Matos Paggi: 0000-0003-2572-8471.



## Resumo

*Dyckia excelsa* Leme tem ocorrência conhecida em apenas seis populações nos arredores das cidades de Corumbá e Ladário (Mato Grosso do Sul - MS), as quais não são protegidas. O objetivo do presente estudo foi caracterizar o consumo de estruturas florais e a pilhagem de recursos tróficos florais em *D. excelsa*, buscando relacionar a espécie de pilhador à estrutura e ao recurso floral utilizado, e observando se o dano floral interfere na visitação por polinizadores. Somando-se a isto, identificar se há influência da ação do roubo floral sobre a fertilidade natural de *D. excelsa* na população estudada. O estudo foi conduzido em campo durante um ciclo reprodutivo, onde foram realizadas observações dos visitantes florais e avaliado o consumo de botões florais e flores em antese. Os frutos foram coletados para análise de parâmetros, para avaliar a influência da florivoria sobre a fertilidade natural de *Dyckia excelsa*, foi testada a germinação das sementes. As flores/botões florais provenientes do tratamento Florivoria simulada 1 foram as que obtiveram resultados mais próximos do controle. As observações de visitantes florais mostraram que os orifícios são utilizados por muitos visitantes para acessar o néctar, as flores com dano no ápice floral foram as que obtiveram os resultados mais inferiores quando comparadas ao controle, nessas flores o dano influenciou na visitação e logo na polinização destas flores. Os resultados aqui obtidos mostram que os danos florais, não são completamente prejudiciais para o sucesso reprodutivo da espécie.

Palavras chaves: danos florais, interação ecológica, pilhadores, polinizadores.

**Influence of florivory on natural fertility and floral visitation of *Dyckia excelsa* Leme (Bromeliaceae), Brazil**

**Abstract**

*Dyckia excelsa* Leme is known to occur in only six populations around Corumbá and Ladário cities (Mato Grosso do Sul, MS), which are not protected. The present study aimed to characterize the consumption of floral structures and the looting of floral trophic resources in *D. excelsa*, seeking to relate the looter species to the structure and floral resource used and observing whether floral damage interferes with visitation by pollinators. In addition, to identify if there is an influence of floral theft on the natural fertility of *D. excelsa* in the population of Fazenda São João in Corumbá, MS. The study was conducted in the field during a reproductive cycle, where observations of floral visitors were carried out to evaluate the consumption of floral buds and flowers in anthesis. Furthermore, the fruits were collected for parameter analysis to evaluate the influence of florivory on the natural fertility of *Dyckia excelsa*, and seed germination was tested. The flowers/flower buds from the simulated florivoria treatment 1 were the ones that obtained results closest to the control. The observations of floral visitors showed that many visitors use the orifices to access the nectar, the flowers with damage to the floral apex were the ones that had the lowest results when compared to the control, in these flowers, the damage influenced the visitation and then the pollination of these flowers. The results obtained here show that floral damage is not completely harmful to the species' reproductive success.

Keywords: ecological interaction, flower damage, pillagers, pollinators.

## 1. INTRODUÇÃO

Para que a interação da flor com o visitante ocorra é necessário um atrativo que satisfaça uma das necessidades dos animais, seja alimentação, reprodução ou nidificação (Rech et al. 2014). Em relações mutualísticas, ambos são recompensados de alguma forma, as plantas são polinizadas, podendo receber proteção e/ou suas sementes ou grãos de pólen são dispersos, enquanto os insetos recebem recursos energéticos, nessas relações, porém, existem trapagens. Estas são realizadas, por exemplo, pelos insetos que podem realizar o roubo de recursos, como os ladrões de néctar que acessam o néctar através de buracos nas flores ignorando a abertura floral usada pelos legítimos polinizadores (Bronstein et al. 2003, Bronstein et al. 2006, Irwin et al. 2010).

A herbivoria é o consumo de partes das plantas, já a herbivoria floral ou florivoria, pode ser definida como qualquer tipo de dano nos botões florais ou flores, incluindo danos a brácteas, sépalas, pétalas, estames e pistilos, assim como pólen e óvulos (Burgess 1991, Mccall & Irwin 2006). Distinguir as diferenças entre florivoria e outros tipos de danos às plantas pode ser um desafio, a florivoria está associada a danos as estruturas relacionadas ao potencial de produção reprodutiva, já a herbivoria está ligada à remoção de partes florais importante para a produção de fotossintato, já a predação de semente se trata do consumo de óvulos já fertilizados (Mccall & Irwin 2006).

Por estarem relacionados a danos nas estruturas reprodutivas, os florívoros podem gerar efeitos diretos e indiretos nas plantas. Por exemplo, podem afetar diretamente nos casos em que as flores e as estruturas reprodutivas sejam produtoras de quantidades consideráveis de fotossintato (Mccall & Irwin 2006) e indiretamente quando os danos afetam as características florais, podendo alterar as interações com outras espécies, afetando indiretamente a aptidão das plantas tanto femininas como masculinas (Mccall & Irwin 2006). Para Irwin et al. (2001), em

plantas polinizadas por insetos, a florivoria pode resultar em efeitos positivos, já nas que são polinizadas por pássaros, há a tendência de sofrerem efeitos negativos.

O estudo de Irwin (2000) mostrou que, independentemente da presença ou não de buracos nas flores, os beija-flores evitavam flores sem néctar. E essa menor taxa de visitação corresponde a uma redução tanto no número de plantas visitadas quanto no percentual de flores sondadas por visita. Assim como os beija-flores, as abelhas também podem reagir a danos nas flores (Maloof 2001, Cardel & Koptur 2010). Rech et al. (2014) apontam que em flores que restringem o acesso ao néctar, algumas abelhas o acessam através da perfuração da parede externa do cálice e/ou corola, atuando, dessa forma, como pilhadores.

Espécies oportunistas que não realizam a polinização são denominadas de pilhadores (Maloof & Inouye 2000), a pilhagem de recursos tróficos florais (néctar e pólen) é muito comum em diversas espécies de plantas; os animais que apresentam esse tipo de comportamento também são classificados como ladrões florais (“floral robbers”, Inouye 1980). Organismos que se alimentam de néctar, através de furos na base da corola sem fornecer serviço de polinização em troca, podem causar efeitos substanciais sobre a reprodução das plantas em graus comparáveis ou, até mesmo, superiores da predação por herbívoros (Irwin et al. 2004).

A pilhagem floral pode influenciar no sucesso reprodutivo das plantas, tanto de maneira positiva quanto negativa (Maloof & Inouye 2000), refletindo na diminuição e, até mesmo, na perda total da produção de frutos e sementes (Renner 1983, Irwin & Brody 1998, Vlasáková 2010). Contudo, os relatos sobre este tipo de interação são pouco conclusivos e não há um consenso sobre o impacto real do consumo dos recursos tróficos florais e das estruturas florais sobre a reprodução das espécies estudadas (Vlasáková 2010, Cotarelli & Almeida 2015). Flores consumidas podem ser menos visitadas por polinizadores, por causa da alteração da quantidade e qualidade de caracteres e recursos florais importantes para interação com estas espécies (Mccall & Irwin 2006), porém, uma menor disponibilidade de néctar pode ocasionar um

aumento no número de flores visitadas, de forma a suprir as necessidades energéticas dos polinizadores (McDade & Kinsman 1980). Os ladrões de néctar podem ser primários, onde o inseto faz uma perfuração, fenda ou rasgo no tecido da pétala para acessar o néctar, evitando assim a abertura floral utilizada pelos legítimos polinizadores, ou podem ser ladrões secundários que são insetos que acessam o néctar através de perfurações já feitas pelos primários, novamente ignorando a abertura floral (Irwin et al. 2010).

O roubo floral na família Bromeliaceae já foi descrito nos gêneros *Aechmea*, *Bromelia*, *Dyckia*, *Pitcairnia*, *Neoregelia*, *Tillandsia* e *Vriesea* (Lara & Ornelas 2002, Canela & Sazima 2005, Lenzi et al. 2006, Hmeljevski et al. 2007, Paggi et al. 2007, Rogalski et al. 2009, Guerra et al. 2010, Vlasáková 2010, Lenzi & Paggi 2020).

Os espécimes do gênero *Dyckia* podem ser encontrados como indivíduos únicos, formados por dispersão de sementes ou densos aglomerados formados pela propagação clonal (Leme et al. 2012). O gênero é constituído por ervas, suas folhas são rosuladas, linear-lanceoladas, frequentemente cinéreas com margens espinescentes (Forzza 1998, Büneker et al. 2013). As inflorescências são inseridas lateralmente e predominantemente, as espécies podem ter flores amarelas, vermelhas e laranjas, sendo em poucas espécies relatadas cores de vinho castanho ou esverdeadas (Leme et al. 2012); beija-flores, borboletas, abelhas e outros insetos são comumente observados como polinizadores de *Dyckia* (Lenzi & Paggi 2020); seus frutos são cápsulas que liberam as sementes por deiscência, as quais são dispersas pelo vento (Krapp et al. 2014) ou pela água (Rogalski 2007).

*Dyckia excelsa* Leme foi descrita em 1993 com base em um indivíduo da coleção particular de Roberto Burle Marx, que floresceu em cultivo (Leme 1993). Recentemente, Paggi et al. (2015) descreveram a ocorrência de populações naturais da espécie apenas para as cidades de Corumbá e de Ladário, no oeste do Estado de Mato Grosso do Sul, restritas às bancadas lateríticas do Planalto Residual do Urucum, na fronteira do Brasil com a Bolívia. A espécie é

tratada como em perigo, devido à sua ocorrência conhecida em apenas uma grande população na Fazenda São João e mais cinco pequenas populações nos arredores da cidade de Corumbá, as quais não são protegidas (Paggi et al. 2015, Lenzi & Paggi 2020, Ruas et al. 2020). A espécie é saxícola, e atinge até 1,3 m com o escapo floral; a época da floração ocorre entre abril e novembro, com inflorescências simples e flores alaranjadas; a frutificação ocorre entre maio e janeiro; se propaga por brotos basais; as folhas são coriáceas, com arranjo em forma de roseta, sendo que cada indivíduo pode produzir de 1 a 3 inflorescências simultaneamente (Paggi et al. 2015, Lenzi & Paggi 2020).

Tendo em vista que o objetivo deste projeto de pesquisa centra-se, sobretudo, no consumo de estruturas florais e na pilhagem de recursos tróficos florais em *Dyckia excelsa* Leme, foram formuladas as seguintes perguntas para este estudo: 1) A taxa de frutificação em flores danificadas e/ou roubadas será a mesma observada em flores intactas? 2) As sementes de flores danificadas e/ou roubadas terão sucesso na germinação do mesmo modo que as sementes oriundas de flores intactas? e 3) De que maneira os danos florais interferem na visitação de polinizadores de *Dyckia excelsa*?

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O estudo foi conduzido durante um ciclo reprodutivo (abril à dezembro de 2019), em população natural de *Dyckia excelsa* (Figura 1A) que está localizada na Fazenda São João (Figura 1B) (19° 10' 46,99" S e 57° 32' 18,00" O), Estrada Parque Pantanal, em área de drenagem natural do Planalto Residual do Urucum no município de Corumbá, estado do Mato Grosso do Sul (MS), Brasil.

O Pantanal é considerado uma das maiores planícies de inundação da América Latina, com cerca de 140.000 km<sup>2</sup> (Brasil 1982, Corrêa et al. 2006), com altitude abaixo de 200 m, ocupando cerca de 35% da superfície da Bacia do Alto Paraguai, é uma planície sujeita a alternância de períodos de secas e de enchentes (Brasil 1974, Resende et al. 1995). Nessa imensa planície inundável, a pecuária de corte constitui-se na principal atividade econômica promovendo desmatamentos para a implantação de pastagem cultivada (Cardoso et al. 2011).

Dentre as fitofisionomias presentes na região do Pantanal estão as cangas, que são afloramentos ferríferos, também denominados bancadas lateríticas (Takahasi & Meirelles 2014), e constituem um relevo e não um tipo de solo. Os afloramentos apresentam características ambientais que impõem à vegetação condições inóspitas para a sobrevivência da maioria das espécies, tais como: elevadas taxas de insolação, grande amplitude térmica, ausência ou exiguidade de solo e intenso déficit hídrico, além da ação deletéria de ventos e enxurradas (Porembski et al. 1998, Takahasi & Meirelles 2014).

O clima da região é do tipo Aw de acordo com a Classificação climática de Köppen-Geiger, com dois períodos característicos que correspondem ao clima tropical de altitude megatérmico com inverno seco e chuvas no verão, temperatura anual média de 24°C a 26°C e precipitação pluviométricas de 1.000 mm a 1.300 mm (Alvares et al. 2013).

## **2.2 Florivoria**

O consumo de botões florais e flores em antese foi avaliado em inflorescências com escapos florais de 10 agrupamentos distantes entre si, os botões florais ( $N = 20$ ) foram coletados e armazenados em tubos com álcool 70%, também foi contada a quantidade de indivíduos em cada agrupamento. Em laboratório, os botões florais ( $N = 10$ ) foram observados em estereomicroscópio (aumento 4 e 16X) para determinar se ocorre ou não a pilhagem, localização e estrutura floral pilhada.



**Figura 1.** A - *Dyckia excelsa*. B - Fazenda São João localizada na Estrada Parque Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul. Fotos: D. Cainelli.

A influência do dano floral sobre a fertilidade natural da espécie foi avaliada em campo, por meio da verificação do desenvolvimento dos frutos oriundos de botões florais/flores danificados pela florivoria natural e florivoria simulada. Para cada tratamento, foram marcados 5 botões florais/flores, com fitas coloridas nos diferentes agrupamentos ( $N = 250$  flores), sendo uma cor para cada tipo de dano, classificados da seguinte forma: A) Controle - sem danos; B) Florivoria natural 1 - com perfuração por abelhas na base da corola; C) Florivoria natural 2 - com danos no ápice floral incluindo as estruturas reprodutivas; D) Florivoria simulada 1 - com perfuração artificial simulando as perfuração realizada pelos insetos na base da corola feita com uma tesoura pequena de ponta fina e E) Florivoria simulada 2 - parte apical das pétalas e estames cortados com lâmina de barbear, o corte foi realizado na altura da inserção das anteras no filete ( $\cong 5\text{mm}$ ), conservando-se o estigma. Todas as flores marcadas foram acompanhadas por três



dias para ver se houve mudança no dano. Os frutos foram coletados com aproximadamente 30 dias do início dos experimentos; após, foram levados ao laboratório, onde foram obtidas medidas de comprimento (cm), diâmetro (cm) e peso (g), como, também, o número de sementes por fruto para cada um dos diferentes tratamentos.

### **2.3 Germinação**

Para avaliar a influência da florivoria sobre a fertilidade natural de *Dyckia excelsa*, foi testada a germinação das sementes. Foram selecionadas aleatoriamente 50 sementes de cada tratamento, com três repetições ( $N = 750$  sementes), em seguida encaminhadas para germinação em placas de Petri, sobre papel filtro umedecido em água e mantidas em sala com fotoperíodo de 12 horas sendo acompanhada todos os dias. A germinação foi determinada pela emissão do cotilédone, foram contadas quantas sementes germinaram, obtendo então a taxa de germinação.

### **2.4 Visitantes florais**

Foram numerados 10 agrupamentos e dentre o indivíduos que tinham escapo floral foram marcadas com fitas coloridas 5 flores para cada tratamento A) Controle (C)- sem danos (Figura 1A); B) Florivoria natural 1 (FN1) - com perfuração por abelhas na base da corola (Figura 1D); C) Florivoria natural 2 (FN2) - com danos no ápice floral incluindo as estruturas reprodutivas (Figura 1C); D) Florivoria simulada 1 (FS1)- com perfuração na base da corola feita com uma tesoura pequena de ponta fina (Figura 1E); E) Florivoria simulada 2 (FS2) - parte apical das pétalas e estames cortados com lâmina de barbear, o corte foi realizado na altura da inserção das anteras no filete ( $\cong 5\text{mm}$ ), conservando-se o estigma (Figura 1B). As observações ocorreram em três dias distintos, sendo todos os agrupamentos avaliados em cada dia, 30 minutos para cada ( $N= 15$  horas). Devido à distância entre os mesmos, para cada dia foram iniciadas as observações em diferentes pontos da população, alternando a ordem dos

agrupamentos em cada dia, para não haver interferência das variações de horário nos dados de visitação.

Foi adotada a metodologia de Fumero-Cabán & Meléndez-Ackerman (2007): durante os períodos de observação, onde foi contado o número de flores abertas de cada indivíduo do agrupamento, anotando-se a identidade de cada visitante floral. Alguns exemplares de insetos visitantes florais foram coletados com o auxílio de uma rede entomológica sendo, após, levados ao laboratório para identificação. Foi registrado o número de visitas às flores da espécie e se as visitas florais foram legítimas ou se ocorreu roubo. A visita foi considerada legítima quando a abertura da corola foi utilizada pelo visitante floral para acessar o recurso trófico oferecido (pólen e néctar), com maior possibilidade de o visitante contatar as partes reprodutivas e promover a polinização das flores. Foi considerado roubo, quando os visitantes florais perfuraram a corola (ladrão primário) ou utilizaram perfurações já feitas (ladrão secundário) para acessar a recompensa.

Os insetos foram identificados com o auxílio de bibliografia especializada (Carrano-Moreira 2014) e a confirmação da identificação das espécies foi solicitada a especialistas. A identificação do beija-flor foi realizada em campo por observações diretas e fotografias, comparando com a literatura (Gwynne et al. 2010).

## **2.5 Análise estatísticas**

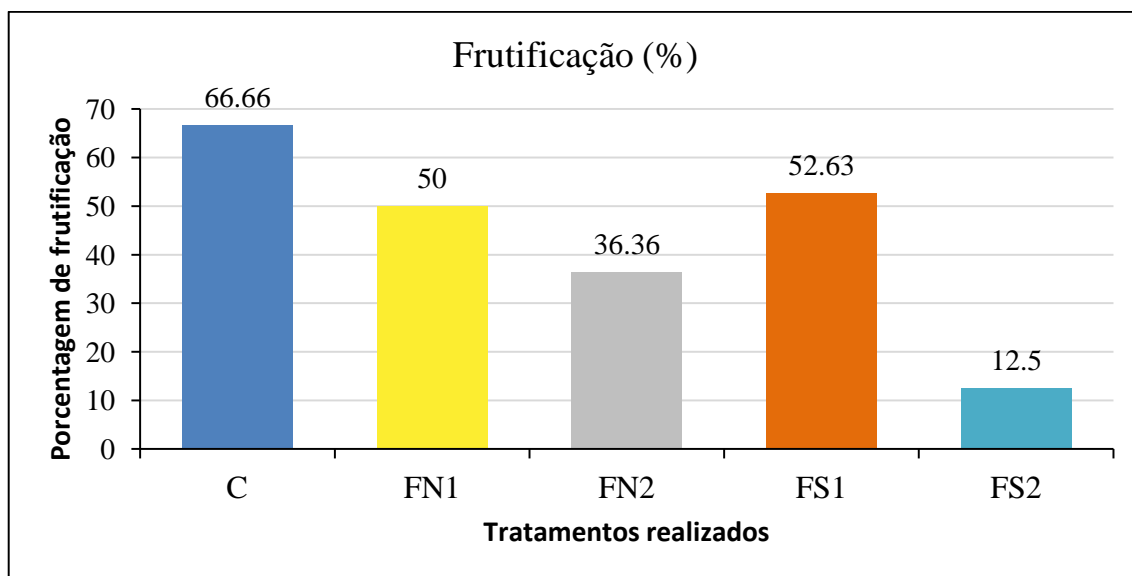
As diferenças estatísticas entre os diferentes tratamentos para a produção de frutos, peso e tamanho (comprimento e peso) dos frutos, bem como para a taxa de germinação das sementes, foram realizadas no programa Bioestat 5.3 (Ayres et al. 2007). Para comparar cada parâmetro entre os tratamentos realizados usamos o teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis ( $<0,5$ ). Para comparação das médias e taxas de germinação das sementes, foi utilizada a análise ANOVA ( $<0,5$ ) e Teste  $t$  para comparação das médias.



**Figura 1.** Diferentes tipos de danos e florívoros danificando flores de *Dyckia excelsa* localizadas em população natural na Fazenda São João. A) Flor intacta (C). B) Dano artificial no ápice floral (FS2). C) Dano natural no ápice floral (FN2). D) Perfuração natural (FN1). E - Perfuração artificial (FN1). Fotos: M.V.S. Urquiza e D. Cainelli.

### 3. RESULTADOS

Os frutos oriundos de botões florais/flores sem danos (Figura 1A) foram os que obtiveram maior taxa de frutificação com 66,66%, e a menor taxa de frutificação com 12,5% ocorreu em frutos testados para Florivoria simulada 2 (FS2). Já a taxa de frutificação nos demais tratamentos foram: Florivoria simulada 1 (FS1) 52,63%, Florivoria natural 1 (FN1) 50% e Florivoria natural 2 (FN2) 36,36% (Figura 2).



**Figura 2.** Porcentagem de frutificação nos diferentes tratamentos realizados e observados em flores de *Dyckia excelsa*, Fazenda São João, Corumbá, MS. Frutos sem danos (C); Danos naturais: com perfuração na base da corola (FN1); com danos no ápice floral incluindo as estruturas reprodutivas (FN2); Danos artificiais: com perfuração na base da corola feita manualmente (FS1); corte de aproximadamente 5mm da parte apical, mantendo o estigma (FS2).

Os frutos oriundos de botões florais do tratamento Florivoria natural 1 (FN1) foram os que obtiveram o maior comprimento médio com 19,38 mm, já os frutos com menor comprimento médio foram os do tratamento Florivoria simulada 2 (FS2) com 15,95 mm. Já o comprimento médio dos frutos dos demais tratamentos foram: Florivoria simulada 1 (FS1) 19,29 mm, Controle (C) 19,21 mm e Florivoria natural 2 (FN2) 17,48 mm, como pode ser observado na tabela 1.

Os frutos com maior diâmetro médio foram obtidos de botões florais/flores do Controle (C) com 9,35 mm, os frutos provenientes do tratamento Florivoria simulada 2 (FS2) foram os que apresentaram o menor diâmetro médio com somente 7,34 mm. Já o diâmetro médio dos frutos dos demais tratamentos foram: Florivoria simulada 1 (FS1) 8,53 mm, Florivoria natural

1 (FN1) 8,38 mm e Florivoria natural 2 (FN2) 7,37 mm, como pode ser observado na Tabela 1.

O maior peso médio foi dos frutos obtidos de botões florais/flores do Controle (C) com 0,285 g, os frutos provenientes do tratamento Florivoria simulada 2 (FS2) foram os que apresentaram o menor peso médio com somente 1,134 g. Já o peso médio dos frutos dos demais tratamentos foram: Florivoria simulada 1 (FS1) 0,273 g, Florivoria natural 1 (FN1) 0,242 g e Florivoria natural 2 (FN2) 0,194 g, como pode ser observado na Tabela 1.

Os frutos com maior número médio de sementes foram obtidos de botões florais/flores do Controle (C) com 218,3 sementes, os frutos provenientes do tratamento Florivoria simulada 2 (FS2) foram os que apresentaram o menor número médio de sementes com 104. Já o número médio de sementes dos frutos dos demais tratamentos foram: Florivoria simulada 1 (FS1) 213,1 sementes, Florivoria natural 1 (FN1) 166,11 e Florivoria natural 2 (FN2) 163,2 sementes, como pode ser observado na Tabela 1.

A taxa de germinação entre os frutos oriundos de botões florais/flores do Controle (C) não diferiu estatisticamente dos frutos do tratamento Florivoria simulada 1 (FS1), sendo as maiores taxas obtidas, 36% e 45,3% respectivamente. Nos tratamentos Florivoria natural 1 (FN1) e Florivoria simulada 2 (FS2) também não ocorreram diferenças estatísticas, 19,3% e 18% respectivamente, já os frutos de Florivoria natural 2 (FN2) obtiveram 4% de taxa de germinação diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figura 3).

**Tabela 1.** Parâmetros analisados em frutos de diferentes níveis de danos em *D. excelsa*, Fazenda São João, Corumbá, MS: comprimento, diâmetro, peso médio dos frutos e número médio de sementes por frutos produzidos por flores analisadas. Frutos sem danos (C); Danos naturais: com perfuração na base da corola (FN1); com danos no ápice floral incluindo as estruturas reprodutivas (FN2); Danos artificiais: com perfuração na base da corola feita manualmente (FS1); corte de aproximadamente 5mm da parte apical, mantendo o estigma (FS2).

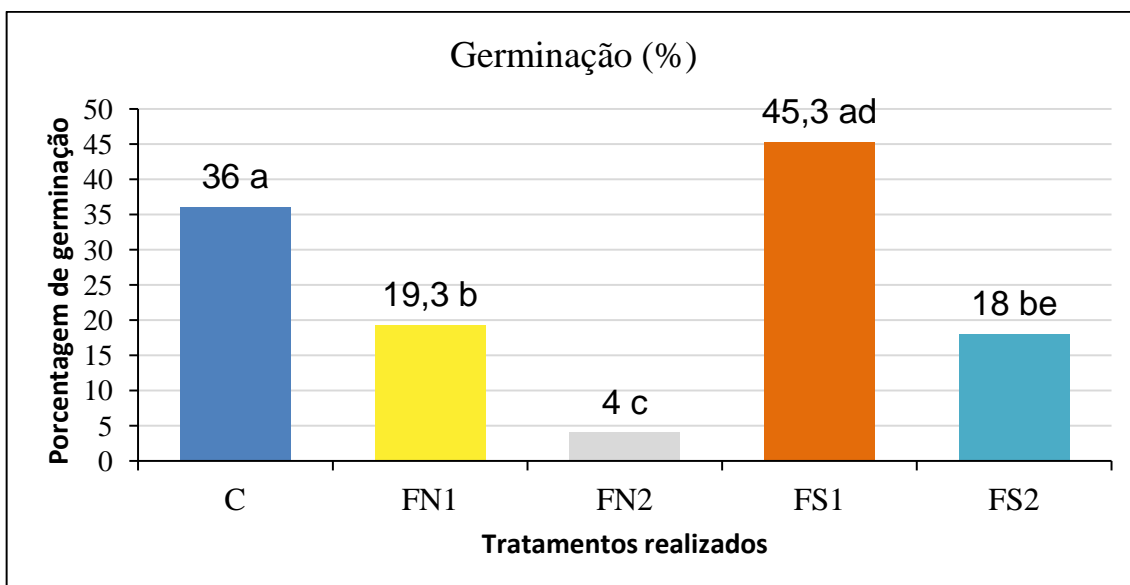
Parâmetros	Tratamentos				
	C	FN1	FN2	FS1	FS2
Comprimento (mm) <sup>1</sup>	19,21 (±4,75)	19,38 (±2,57)	17,48 (±2,66)	19,29 (±2,66)	15,95 (±3,46)
Diâmetro (mm) <sup>2</sup>	9,35 (±2,02)	8,38 (±2,74)	7,37 (±3,35)	8,53 (±2,34)	7,34 (±0,80)
Peso (g) <sup>3</sup>	0,285 (±0,108)	0,242 (±0,097)	0,194 (±0,123)	0,273 (±0,151)	0,134 (±0,054)
Número médio de sementes <sup>4</sup>	218,3 (±110,2)	166,11 (±141,3)	163,2 (±239,7)	213,1 (±161,42)	104 (±80,7)

<sup>1</sup> Teste Kruskal-Wallis, H=3,3350, p=0,5034;

<sup>2</sup> Teste Kruskal-Wallis, H=4,8961, p=0,2981;

<sup>3</sup> Teste Kruskal-Wallis, H=5,7466, p=0,2189;

<sup>4</sup> Teste Kruskal-Wallis, H=2,9044, p=0,5739;



**Figura 3.** Porcentagem de germinação nos diferentes tratamentos realizados e observados em flores de *Dyckia excelsa*, Fazenda São João, Corumbá, MS. Frutos sem danos (C); Danos naturais: com perfuração na base da corola (FN1); com danos no ápice floral incluindo as estruturas reprodutivas (FN2); Danos artificiais: com perfuração na base da corola feita manualmente (FS1); corte de aproximadamente 5mm da parte apical, mantendo o estigma (FS2). Teste ANOVA (Teste *t*, 0,05),  $F = 22,6603$ ,  $p = 0,0002$ , variáveis seguidas de mesma letra não foram diferentes estatisticamente comparando-se os diferentes testes.

No total, foram observadas 12 espécies de visitantes florais, sendo duas espécies de Lepidópteros (borboletas), uma espécie de beija-flor (*Chlorostilbon lucidus*), seis espécies de Hymenoptera, duas espécies de Orthoptera, e uma espécie de díptera (Fig. 4). Sete espécies realizaram visitas ilegítimas, sendo elas, *Trigona* sp., as duas Orthopteras, as três espécies de Hymenoptera, e a Díptera, dentre elas três espécies foram observadas danificando a flor, sendo duas espécies de Orthoptera e uma espécie de abelha, *Trigona* sp. As espécies de Orthoptera observadas, danificaram as flores consumindo grande parte das pétalas, tanto o ápice floral como a base da corola (Fig. 4A), estes permaneceram na mesma flor realizando os danos durante todo o tempo de observação dos agrupamentos em que foram observados.

Aproximadamente 58% das visitas foram consideradas ilegítimas, pois os visitantes danificaram a flor e/ou não acessaram o néctar através da abertura da corola, utilizando de perfurações na base da corola para acessar o recurso. As observações de visitantes florais, mostraram que *Trigona* sp. (Fig. 4J) como a espécie mais frequente, sendo constantemente observada danificando a flor, tanto o ápice floral em que comeu as pétalas (Fig. 5C), estames e até mesmo o estigma em alguns casos, como também perfurando a base da corola (Fig. 5B). Na maior parte de suas visitas, *Trigona* sp. utilizou de perfurações já feitas para acessar o néctar, somente 36% de suas visitas foram legítimas, onde a mesma realizou a coleta de pólen. As abelhas *Trigona* sp. (Fig. 4B, 4C) e *Tetragonisca* sp. (Fig. 4D) juntamente com uma outra espécie de diptera (Fig. 4G) permaneciam no agrupamento forrageando durante todo o tempo, visitando diferentes inflorescências, bem como muitas flores dentro do agrupamento, em média visitavam duas flores por escapo floral. Foram considerados ladrões secundários, ou seja, utilizaram perfurações já feitas para acessar a recompensa quatro espécies de Hymenoptera, sendo duas formigas, uma vespa, a abelha *Trigona* sp., e uma espécie de Diptera.

O beija flor *Chlorostilbon lucidus* (Fig. 4B) visitou de forma legítima as flores, em média quatro flores por agrupamento, nas primeiras horas da antese, sendo que neste período as flores ainda não haviam sido danificadas, acessando o néctar através da entrada da corola. Algumas das flores visitadas apresentavam perfuração na base da corola, entretanto somente uma das flores visitadas apresentava danos no ápice floral, sendo esse dano artificial (Teste AA).

A borboleta *Phoebis* sp. (Fig. 4I) foi frequentemente observada, sendo 100% de suas visitas consideradas legítimas, utilizando a entrada da corola para acessar o néctar, e visitou flores dos diferentes testes, não mostrando preferência por flores intactas, entretanto foi espantada pela *Trigona* sp. que demonstrou comportamento territorialista.





**Figura 4.** Visitantes florais observados em flores de *Dyckia excelsa* localizadas em população natural na Fazenda São João, Corumbá, MS, Brasil. A) Hymenoptera sp.3. B) *Chlorostilbon lucidus*. C) Orthoptera sp.1. D) *Tetragonisca* sp. E) Orthoptera sp. 2. F) Hymenoptera sp. 2. G) Díptera sp. H) Lepidoptera sp. I) *Phoebis* sp. J) *Trigona* sp. Fotos: M.V.S. Urquiza e D. Cainelli.



**Figura 5.** Diferentes tipos de danos e florívoros danificando flores de *Dyckia excelsa* localizadas em população natural na Fazenda São João. A) Flor danificada por ortópteros. B) *Trigona* sp. realizando perfurações na base da corola de *D. excelsa*. C) *Trigona* sp. realizando danos no ápice floral de *D. excelsa*. Fotos: M.V.S. Urquiza e D. Cainelli.

#### 4. DISCUSSÃO

As flores sem danos (C - controle) obtiveram os melhores resultados em quatro dos seis critérios analisados (% de frutificação, diâmetro, peso e número médio de sementes). Considerando que os beija-flores preferencialmente visitam flores com néctar, conforme descrito por Irwin (2000), e que *D. excelsa* é uma espécie que apresenta ornitofilia (Lenzi & Paggi 2020), o fato dos resultados do teste FS1, onde foi feita uma perfuração na base da corola, serem os mais próximos do controle pode ser possivelmente explicado pela presença de néctar nas flores, já que no momento em que a florivoria simulada foi realizada não ocorreu a retirada do néctar imediatamente, e que somente foi perfurada a corola. Dessa forma, conforme supramencionado, as observações mostraram que os orifícios, tanto os naturais como os simulados, são utilizados por muitos visitantes para acessar o néctar, desde modo pode-se supor

que estes danos são uma atração para visitantes florais, como por exemplo, a abelha *Trigona* sp. que visita a flor pela abertura floral coletando o pólen, como também pelas perfurações para a coleta do néctar.

As flores com dano no ápice floral (Testes FN1 e FS1), em que ocorreu a retirada parcial ou completa dos estames, tornando o pólen indisponível, foram as que obtiveram os resultados mais inferiores quando comparadas ao controle, nessas flores o dano causou tanto uma diminuição de pólen oferecido como também causou uma alteração nos caracteres florais, influenciando na visitação e logo na polinização destas flores, o fator que pode ter determinado a frutificação ou não, foi o momento em que o dano ocorreu, se foi antes ou após a fecundação, já que em algumas flores o estigma foi parcial ou totalmente danificado.

O ciclo de floração de *Dyckia excelsa* é anual, com padrão do tipo “multiple bang”, com várias floradas ao longo do ano, com florações maciças e curtas (8 dias) (Lenzi & Paggi 2020). O maior pico de floração da espécie ocorre durante a época de seca, o que de acordo com Lenzi & Paggi (2020) torna a floração mais atrativa visualmente, atraindo uma grande e variada diversidade de visitantes florais. Por ser fonte de recurso energético (néctar), as flores *D. excelsa* são constantemente visitadas por visitantes legítimos e ilegítimos, tais como *Trigona* sp., que apesar de causar danos florais, é também considerado um polinizador legítimo de *D. excelsa* (Lenzi & Paggi 2020). Entretanto, nas observações realizadas durante este estudo, 63% de suas visitas foram consideradas ilegítimas, visto que os indivíduos de *Trigona* sp. foram observados realizando e utilizando de perfurações já feitas para acessar o néctar, e, em algumas de suas visitas, apresentaram comportamento territorialista impedindo a aproximação de outros visitantes como a borboleta *Phoebis* sp. e uma mosca (Diptera) na mesma flor em que estavam.

Para Irwin et al. (2001), provavelmente, todos os comportamentos dos visitantes florais ocorrem por serem a forma mais eficaz de obter os recursos necessários, logo é pressuposto que, dependendo do ambiente em que esse visitante se encontra, o roubo pode ser obrigatório

ou facultativo. Devido o ambiente inóspito e com recursos escassos, como é o de cangas, é possível que *Trigona* sp. apresente o comportamento de roubo nas flores de *D. excelsa*, porém também pode ser um polinizador efetivo, se comportando como um ladrão em relação a um recurso floral (néctar) e de forma legítima em relação a outro (pólen) (Irwin et al. 2001), realizando a polinização (Lenzi & Paggi 2020).

Os ladrões florais ocasionam, além dos danos florais, uma menor disponibilidade de recursos como o néctar e pólen, sendo esses recursos indispensáveis para os visitantes florais e polinizadores. Considerando que os beija-flores preferencialmente visitam flores com néctar (Irwin 2000), e diversos visitantes legítimos como a borboleta *Phoebis* sp., apesar de não demonstrarem preferência por flores intactas, buscam os recursos nas flores em que visitam, no momento em que não os encontram em uma flor, visitam outras, de forma a suprir suas necessidades energéticas, acabam aumentando o número de flores que visitam. Assim, como *D. excelsa* é uma espécie moderadamente autocompatível e obrigatoriamente xenogâmica (Lenzi & Paggi 2020;), o comportamento dos polinizadores, muitas vezes ocasionado pela ação de outros visitantes florais e, também, em consequência da florivoria, pode favorecer a fecundação cruzada, sendo um processo de grande importância para o sucesso reprodutivo de *D. excelsa*.

Dessa forma, concluímos que os danos florais, aqui desconsiderando o roubo e levando somente em conta a alteração nos caracteres visuais, tais como a perfuração na base da corola e o consumo de pétalas do ápice floral, estames e estigma, não são completamente prejudiciais para o sucesso reprodutivo da espécie. Entretanto, no momento em que esses danos são ocasionados, ocorre o roubo de recursos florais, causando uma menor disponibilidade de néctar e pólen, e tornando as flores danificadas menos atrativas para os polinizadores. Como pode ser observado nos testes realizados (Tabela 1), flores com dano no ápice floral (Testes FN1 e FS1) foram as que obtiveram os menores resultados quando comparadas ao controle onde, nesse tipo de dano, há a retirada parcial ou completa dos estames, tornando o pólen indisponível. No teste

em que as flores sofreram perfurações de forma natural (Teste FN2), ocorreu a retirada do néctar pelos ladrões florais, porém no teste de florivoria simulada (FS1) em que a perfuração foi feita manualmente, o néctar permaneceu na flor, permanecendo como um recurso atrativo para os polinizadores, em especial para os beija-flores, este teste se sobressaiu ao teste de perfuração natural, sendo o que obteve resultados mais semelhantes ao do teste controle (sem dano).

Os dados aqui obtidos, mostram que o roubo de recursos tróficos florais causam uma diminuição de visitantes florais, interferindo na frutificação e na produção de sementes, logo tendo efeito negativo no sucesso reprodutivo de *D. excelsa*. Outros estudos, com outras espécies vegetais, obtiveram resultados semelhantes, onde visitantes ilegítimos causaram uma menor produção de recursos nas flores danificadas como também houve a diminuição na taxa de visitação (Burkle et al. 2007, Irwin et al. 2001, Krupnick 1999). *Dyckia excelsa* é tratada como em perigo de extinção, devido à sua ocorrência conhecida em apenas uma grande população na Fazenda São João e mais cinco pequenas populações nos arredores da cidade de Corumbá, as quais não são protegidas (Paggi et al. 2015, Lenzi & Paggi 2020, Ruas et al. 2020). Devido ao habitat naturalmente fragmentado e sua distribuição restrita, *D. excelsa* apresenta uma baixa diversidade genética, e forte estruturação genética, evidenciando a importância de estratégias de conservação da espécie (Ruas et al. 2020).

Assim, nosso estudo mostra que, pelo padrão de floração e período em que *D. excelsa* floresce, essa espécie pode ser de extrema importância para a sobrevivência e permanência dos visitantes florais nas bancadas lateríticas em que ocorre, ambientes naturalmente fragmentados com escassez de recursos em épocas de seca. Também, para *D. excelsa*, é vital a permanência dos visitantes florais que contribuem para a polinização cruzada das flores. Portanto, medidas de conservação devem ser implantadas para que a espécie como também a biodiversidade associada a *D. excelsa* nesses locais seja conservada.

## **5. CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES**

Déborah Cainelli: contribuiu igualmente com a concepção e desenho do estudo, coleta de dados, análise dos dados e interpretação e com a elaboração do manuscrito.

Gecele Matos Paggi: contribuiu igualmente com a concepção e desenho do estudo, análise dos dados e interpretação e com a elaboração, revisão crítica, e preparação do manuscrito.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos, possibilitando a dedicação exclusiva ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (Processo nº 133110/2019-2).

## **7. REFERÊNCIAS**

Ayres M, Ayres Junior M, Ayres DL, Santos AS. 2007. Bioestat 5.0 – aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém: ONG Mamirauá.

Bronstein JL, Wilson WG, Morris WF. 2003. Ecological dynamics of mutualist/antagonist communities. *The American Naturalist*, v. 162, n. S4, p. S24-S39.

Bronstein JL, Alarcón R, Geber M. 2006. The evolution of plant-insect mutualisms. *New Phytologist*, v. 172, n. 3, p. 412-428.

Büneker HM, Pontes RC, Soares KP, Neto LW, Longhi SJ. 2013. Uma nova espécie reófito

- de *Dyckia* (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) para a flora do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 11, n. 3, p. 284-289.
- Burgess KH. 1991. Florivory: the ecology of flower feeding insects and their host plants. PhD Thesis, Harvard University, Cambridge, MA.
- Canela MBF, Sazima M. 2005. The pollination of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae) in Southeastern Brazil: Ornithophilous versus Melittophilous Features. *Plant Biology*, v. 7, n. 04, p. 411-416.
- Cardel YJ, Koptur S. 2010. Effects of florivory on the pollination of flowers: an experimental field study with a perennial plant. *International Journal of Plant Sciences*, v. 171, n. 3, p. 283-292.
- Cotarelli CM, Almeida NM. 2015. Florivory in *Senna macranthera* var. *pubibunda* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby (Caesalpinioideae-Fabaceae). *Natureza on line*, v. 13, p. 45-49.
- Forzza RC, Wanderley MGL. 1998. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Bromeliaceae - Pitcairnioideae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, v. 17, p. 255-270.
- Guerra TJ, Romero GQ, Benson WW. 2010. Flower mites decrease nectar availability in the rain-forest bromeliad *Neoregelia johannis*. *Journal of Tropical Ecology*, v. 26, p. 373-379.
- Hmeljevski KV, Reis A, Reis MS, Rogalski JM, Neto CD, Lenzi M. 2007. Resultados preliminares da biologia reprodutiva de *Dyckia ibiramensis* Reitz (Bromeliaceae): uma espécie rara e endêmica de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, n. supl 1, p. 267-269.
- Inouye DW. 1980. The terminology of floral larceny. *Ecology*, v. 61, n. 5, p. 1251-1253.
- Irwin RE, Brody AK. 1998. Nectar robbing in *Ipomopsis aggregata*: effects on pollinator behavior and plant fitness. *Oecologia*, v. 116, n. 4, p. 519-527.
- Irwin RE. 2000. Hummingbird avoidance of nectar-robbed plants: spatial location or visual cues? *Oikos*, v. 91, n. 3, p. 499-506.

- Irwin RE, Brody AK, Waser NM. 2001. The impact of floral larceny on individuals, populations, and communities. *Oecologia*, v. 129, n. 2, p. 161-168.
- Irwin RE, Adler LS, Brody AK. 2004. The dual role of floral traits: pollinator attraction and plant defense. *Ecology*, v. 85, n. 6, p. 1503-1511.
- Irwin RE, Bronstein JL, Manson JS, Richardson L. 2010. Nectar robbing: ecological and evolutionary perspectives. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 41, p. 271-292.
- Krapp F, Pinangé DSB, Benko-Iseppon AM, Leme EMC, Weising K. 2014. Phylogeny and evolution of *Dyckia* (Bromeliaceae) inferred from chloroplast and nuclear sequences. *Plant Systematic and Evolution*, v. 300, n. 7, p. 1591-1614.
- Lara C, Ornelas JF. 2002. Flower mites and nectar production in six hummingbird-pollinated plants with contrasting flower longevities. *Canadian Journal of Botany*, v. 80, n. 11, p. 1216-1229.
- Leme EMC, Ribeiro OBC, Miranda ZJG. 2012. New species of *Dyckia* (Bromeliaceae) from Brazil. *Phytotaxa*, v. 67, n. 1, p. 9-37.
- Lenzi M, Matos JM, Orth AI. 2006. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, n. 2, p. 487-500.
- Lenzi M, Paggi GM. 2020. Reproductive biology of *Dyckia excelsa* Leme (Bromeliaceae): a xerophyte species from ironstone outcrops in central-western Brazil. *Plant Species Biology*, v. 35, n. 1, p. 97-108.
- Maloof JE, Inouye DW. 2000. Are nectar robber characters or mutualistic? *Ecology*, v. 81, n. 10, p. 2651-2661.
- Maloof JE. 2001. The effects of a bumble bee nectar robber on plant reproductive success and pollinator behavior. *American Journal of Botany*, v. 88, n. 11, p. 1960-1965.



- Mccall AC, Irwin RE. 2006. Florivory: the intersection of pollination and herbivory. *Ecology Letters*, v. 9, n. 12, p. 1351-1365.
- McDade LA, Kinsman S. 1980. The impact of floral parasitism in two neotropical hummingbird-pollinated plant species. *Evolution*, v. 34, n. 5, p. 944-958.
- Paggi GM, Palma-Silva C, Silveira LCT, Kaltchuk-Santos E, Bodanese-Zanettini MH, Bered F. 2007. Fertility of *Vriesea gigantea* Gaud. (Bromeliaceae), in Southern Brazil. *American Journal of Botany*, v. 94, n. 4, p. 683-689.
- Paggi GM, Louzada RB, Ishii IH, Takahasi A, Arruda RCO, Lorenz-Lemke AP. 2015. Rediscovering *Dyckia excelsa* (Bromeliaceae) in Mato Grosso do Sul, Brazil: Taxonomy, Geographic Distribution, and Notes on Leaf Anatomy. *Systematic Botany*, v. 40, n. 1, p. 129-135.
- Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. 2014. *Biologia da polinização. Projeto Cultural*.
- Renner S. 1983. The widespread occurrence of anther destruction by *Trigona* bees in Melastomataceae. *Biotropica*, v. 15, p. 251-256.
- Rogalski JM, Reis A, Reis MS, Hmeljevski KV. 2009. Biologia reprodutiva da reófito *Dyckia brevefolia* Baker (Bromeliaceae), do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 32, p. 691-702.
- Ruas RB, Paggi GM, Aguiar-Melo C, Hirsch LD, Bered F. 2020. Forte estrutura genética em *Dyckia excelsa* (Bromeliaceae), uma espécie ameaçada de extinção encontrada em afloramentos de ironstone no Pantanal, Brasil. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 192, n. 4, p. 691-705.
- Vlasáková B. 2010. Plant-Animal Interactions in an Inselberg Ecosystem: The Effect on Reproduction of Selected Species. PhD. Thesis. Charles University in Prague.