

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

GABRIELLA LEMOS DE CARVALHO DA SILVA

**EFEITO DO FOGO SOBRE AS INTERAÇÕES ENTRE *APIS MELLIFERA* E SEUS
RECURSOS FLORAIS EM CAPÕES NO PANTANAL SUL**

CAMPO-GRANDE, MS

2025

GABRIELLA LEMOS DE CARVALHO DA SILVA

**EFEITO DO FOGO SOBRE AS INTERAÇÕES ENTRE *APIS MELLIFERA* E SEUS
RECURSOS FLORAIS EM CAPÕES NO PANTANAL SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora no Campus da Cidade Universitária da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^o. Dra^o. Andréa Cardoso Araujo.

Campo-Grande, MS

2025

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Edna Lemos e Francisco Silva, que me incentivaram durante minha trajetória iluminando meu caminho até mesmo nos meus dias mais obscuros sem me deixar desistir até chegar aqui.

Aos meus irmãos, Aleida e João Guilherme que me deram forças e estiveram ao meu lado durante todo o processo, me lembrando de quem eu era.

A minha orientadora, Dra^o Andréa Cardoso Araujo, pelas pontuações, acolhimento e pela paciência que teve comigo nesses anos de ensino.

A Vivian Nakamura, e os demais membros do laboratório de ecologia de interações, pelos ensinamentos e a partilha de momentos especiais.

As Fazendas, São Bento, São Francisco e Abobral, que proporcionaram o local para a coleta dos exemplares pesquisados.

A equipe de docentes da Cidade universitária da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, por compartilhar seus conhecimentos, sempre nos instigando à pesquisa.

Aos discentes da turma 2023, Willian Louzada, Danielle Barreto, Mayene Arcuri, Angel Gabriel e Giovana Gomes que se tornaram amigos ao longo do tempo, pelo apoio e palavras de conforto ao longo destes 4 anos em que passamos juntos.

Aos meus demais amigos, Laísa Elena e Larissa Espindola, pelo apoio nos últimos meses, em que encontrei em todos vocês o suporte necessário para continuar, mesmo quando pensei em desistir aos 42 do segundo tempo.

A todos os outros, que direta ou indiretamente me ajudaram por meio desta jornada, colaborando com o sucesso deste trabalho.

RESUMO:

O fogo é um grande modificador da paisagem e pode afetar as comunidades de polinizadores e das plantas que utilizam como recurso. O tempo desde o último evento de fogo pode resultar em comunidades diferentes, uma vez que áreas mais recentemente afetadas por esse distúrbio devem ter comunidades mais simplificadas. A análise das interações polinizador-planta pode ser realizada com foco nos polinizadores, avaliando a carga polínica carregada (zoocêntrica), ou nas plantas, com base na frequência de visitas registradas (fitocêntrica). A abelha exótica *Apis mellifera* é um dos visitantes florais mais frequentes no pantanal, ocupando papel central nas redes de interação. Assim, neste estudo avaliamos a riqueza de espécies de plantas visitadas e de grãos de pólen carregados por *A. mellifera* em 18 capões sob diferentes históricos de fogo (fogo recente, intermediário, tardio), a similaridade na composição de espécies utilizadas por essa abelha entre esses capões, e a centralidade das espécies de plantas nas redes de interação com *A. mellifera*. O histórico de fogo parece não afetar o uso de recursos por *Apis mellifera*, uma vez que a riqueza de espécies utilizadas é semelhante entre capões dos diferentes tratamentos, e que a similaridade de recursos utilizados entre capões foi baixa, tendo sido afetada somente pela distância entre as áreas, mas não pelo histórico de fogo. O fato de termos registrado algumas interações somente através de uma das abordagens de estudo (fito ou zoocêntrica) reforça a importância do uso de ambas para uma melhor compreensão das relações polinizador-planta.

PALAVRAS-CHAVES: Polinização, Queimadas, Rede de interação.

ABSTRACT:

Fire is a major modifier of the landscape and can affect the communities of pollinators and the plants they use as resources. The time since the last fire event can lead to different communities, as areas more recently affected by this disturbance are likely to have more simplified communities. The analysis of pollinator-plant interactions can be carried out focusing on the pollinators, assessing the pollen load they carry (zoocentric), or on the plants, based on the frequency of recorded visits (phytogenic). The exotic bee *Apis mellifera* is one of the most frequent floral visitors in the Pantanal, playing a central role in interaction networks. In this study, we evaluated the species richness of plants visited, and pollen grains carried by *A. mellifera* in 18 forest fragments (capões) with different fire histories (recent, intermediate, and late fire), the similarity in the species composition used by this bee across these fragments, and the centrality of plant species in the interaction networks with *A. mellifera*. The fire history does not appear to affect the resource use by *Apis mellifera*, as the richness of species used is similar across capões from different treatments, and the similarity of resources used between capões was low, being affected only by the distance between areas, but not by fire history. The fact that we recorded some interactions only through one of the study approaches

(phytogenic or zoogenic) highlights the importance of using both methods for a better understanding of pollinator-plant relations.

KEYWORDS: Fire, Interaction network, Pollination.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
OBJETIVOS	7
MÉTODOS.....	7
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO	22
CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24
ANEXOS	27

INTRODUÇÃO

O fogo é um grande modificador de paisagem e, no Pantanal, ocorre naturalmente desde antes da presença humana neste local. Entretanto, a interferência do homem tem ampliado sua frequência e seus efeitos nas últimas décadas (Moretti, 2009). As queimadas afetam a diversidade vegetal, causando um aumento na frequência de espécies que possuem adaptações ao fogo, tais como casca grossa e propagação vegetativa, processo conhecido como “cerradização” (Pott 2000, 2003, Pott *et al.* 2005). Molles (2020) indica que, ao mesmo tempo que algumas espécies são negativamente afetadas por essa perturbação, outras podem ser favorecidas, como é o caso de espécies mais tolerantes e generalistas. Assim, além de interferir de forma direta na modificação da paisagem (Damasceno-Júnior *et al.*, 2022), o fogo altera a representatividade das diferentes espécies vegetais, afetando também suas interações, como por exemplo as interações planta-polinizador (Moraes, 2018).

A coevolução entre plantas e polinizadores deu origem a associações complexas, muitas dessas tão especializadas a ponto de só se manterem entre polinizadores e plantas específicas, como é o caso de algumas orquídeas e abelhas, um dos exemplos mais notáveis de mutualismo para a ecologia (Araújo, 2007 e Carvalho, 2015). Nas interações polinizador-planta, as plantas com flores oferecem uma ampla gama de recursos florais, que podem ser utilizados pelos agentes polinizadores como fonte de alimento (como néctar, óleos e pólen), materiais para construção de abrigos e ninhos (como resinas) e até mesmo para criar fragrâncias usadas na atração de parceiros sexuais, como o caso dos óleos essenciais. Em contrapartida, os polinizadores desempenham papel crucial na reprodução das plantas, dispersando os gametas masculinos e garantindo, em muitos casos, altas taxas de fecundação cruzada (Rech *et. al*, 2014).

Para o Pantanal não existem ainda informações sobre os efeitos do fogo sobre as interações planta-polinizador. Mas alguns estudos avaliando essas interações em diferentes formações do Pantanal indicam que a abelha exótica *Apis mellifera* ocupa papel central nas redes de interação, sendo uma espécie super generalista (Souza, 2018). Esta espécie de abelha, originária de uma hibridização entre raças européias e africanas, é amplamente distribuída por todos os continentes, graças a sua fácil domesticação, inclusive na região do Pantanal (Goulson *et al.*, 2008, Potts *et. al*, 2010). Com o aumento da perturbação pelo fogo, é esperado que *A. mellifera* seja ainda mais favorecida, devido à sua fácil adaptação a ambientes perturbados e ao generalismo no uso de recursos florais (Potts *et. al*, 2010).

Dada a alta frequência e centralidade de *A. mellifera* nas redes de interações polinizador-planta detectada em trabalhos anteriores (e.g., Souza et al. 2018), neste estudo será avaliada a riqueza de espécies de plantas visitadas e dos grãos de pólen carregados na carga polínica de abelhas dessa espécie, em capões que sofreram queimadas em diferentes períodos, identificando ainda as espécies de plantas mais importantes como recurso para essa abelha nesses locais. Era esperado que o número de espécies visitadas por *A. mellifera*, seja menor em capões de queima mais recente do que em capões de queima mais antiga ou intermediária, devido à menor disponibilidade de recursos florais no primeiro grupo. Ainda era esperada que a similaridade de espécies visitadas, seja maior entre capões de mesmo tratamento e entre capões geograficamente mais próximos. E, finalmente, era esperado que as espécies de plantas mais importantes como recurso para *A. mellifera*, em cada histórico de fogo, sejam aquelas que apresentam maior disponibilidade de recursos (i.e., floração mais longa e maior número de flores).

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é compreender como as interações entre as abelhas *A. mellifera* e as plantas que estas visitam em capões são afetadas pelo fogo. Especificamente:

- i) Verificar a riqueza de espécies de plantas visitadas e a riqueza de grãos de pólen carregados por *A. mellifera* em capões sob diferentes históricos de fogo;
- ii) Avaliar a similaridade na composição de espécies de plantas visitadas por *A. mellifera* entre capões, verificando se a similaridade é mais relacionada à distância entre capões ou ao histórico de fogo;
- iii) Avaliar quais espécies de plantas são mais centrais nas redes de interações com *A. mellifera* em capões de diferentes históricos de fogo.

MÉTODOS

Área de estudo:

O Pantanal é a maior planície savânica inundável contínua do planeta, ocupando área de cerca de 140.000 km² da Bacia do Alto Rio Paraguai. Está localizado no centro da América do Sul e, no Brasil, se distribui entre os estados de Mato Grosso (35,3%) e Mato Grosso do Sul (64,7%) (Silva & Abdon, 1998). Sua flora sofre influência dos quatro domínios

fitogeográficos vizinhos: Cerrado a leste (70%); Floresta Amazônica ao norte (20%); Chaco a oeste (9%) e Florestas Meridionais ao sul (1%). Devido a essa proximidade com os domínios vizinhos, o Pantanal apresenta espécies de fauna e flora comuns a esses locais, com poucas espécies endêmicas.

Devido à forte seca de 2020, incêndios devastadores acometeram o Pantanal. Esses incêndios iniciaram em março, ainda no final do período de chuvas na região, época incomum para esses eventos (Lasa, 2020), e se estenderam até novembro (Inep, 2022). Normalmente os meses de agosto e setembro, que representam o final da estação seca no Pantanal, costumam ser os mais críticos para a ocorrência de incêndios. Os incêndios de 2020 se espalharam por amplas áreas, levando à destruição da comunidade vegetal e à morte de muitos animais, que foram consumidos pelas chamas (SOS-Pantanal, 2021).

O Pantanal apresenta um mosaico de diferentes fitofisionomias, relacionadas ao relevo e à inundação. Dentre as formações florestais, ocorrem as matas ciliares, as cordilheiras e os capões. Os capões são fragmentos naturais de vegetação florestal de formato esférico com elevações de 1 a 3 m, cercados por campos inundáveis de gramíneas. Suas bordas são compostas principalmente por espécies vegetais típicas de matas de galeria e do Chaco, enquanto suas porções internas compreendem espécies das florestas semidecíduas (Prance & Schaller, 1982). Este estudo foi realizado em capões localizados nas sub-regiões do Miranda e Abobral (Figura 1, Anexo 1), nas proximidades da Base de Estudos do Pantanal (UFMS). As sub-regiões do Miranda e Abobral constituem juntas 7216 km², correspondendo a cerca de 5% do Pantanal (Silva & Abdon, 1998).

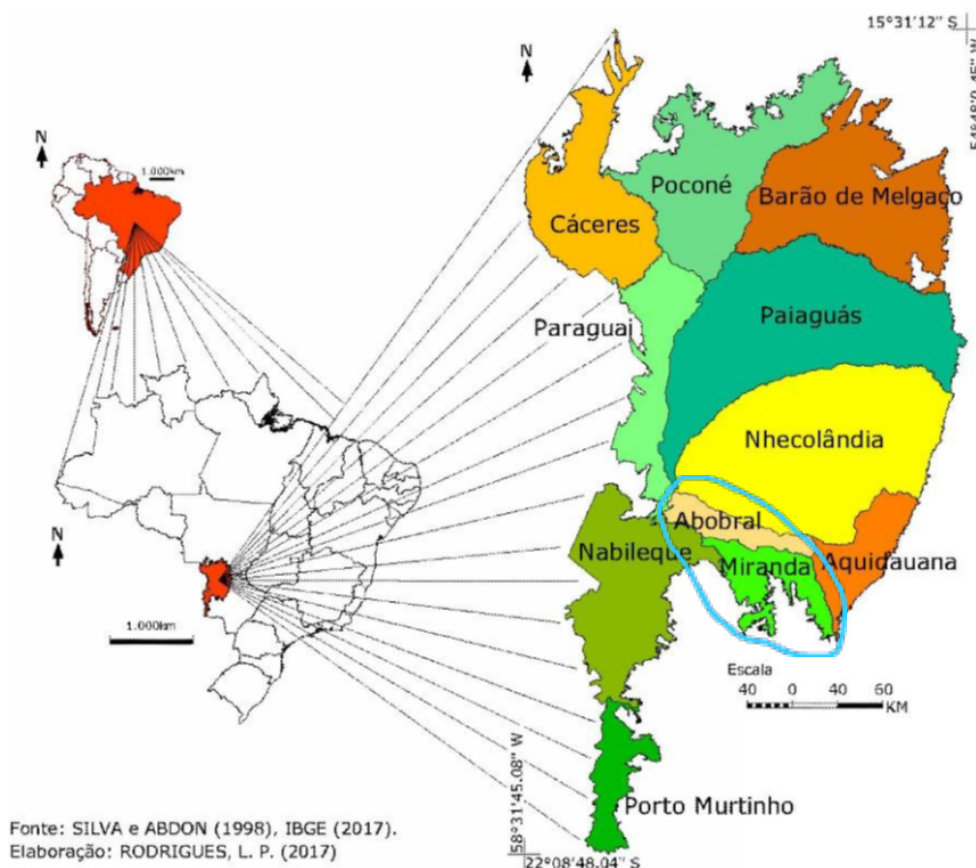


Figura 1. Sub-regiões do Pantanal com destaque (em azul) para as regiões do Miranda e Abobral, onde estão estabelecidos os capões estudados (Silva e Abdon, 1998).

Seleção dos capões estudados, registro de visitas e estudo polínico:

Para a seleção dos capões amostrados foram avaliadas as áreas com maior quantidade de focos de calor nos últimos 20 anos, seguindo os mapeamentos de áreas queimadas fornecidos por imagens de satélite, na plataforma Qgis. Com base na classificação das queimadas entre 2001 e 2020, e nos dados de intensidade de fogo, foram avaliadas a recorrência destas queimadas nas últimas duas décadas. Esses dados permitem analisar a evolução temporal do total de área queimada e observar com precisão os locais exatos de impacto das queimadas. Dessa forma, foram selecionados 18 capões, sendo seis em áreas recém queimadas (0 a 2 anos; histórico recente), seis em áreas queimadas em período intermediário (de 7 a 10 anos atrás; histórico intermediário), e seis em áreas queimadas pela última vez há período mais longo de tempo (15 a 20 anos atrás; histórico antigo) (Figura 2). A

distância entre os pares de capões foi definida usando suas coordenadas decimais e calculada a distância euclidiana entre eles, utilizando o software PAST (Hammer *et al.* 2001).

Todos os 18 capões foram visitados mensalmente ao longo de 12 meses (janeiro a dezembro/2022) e as espécies de plantas floridas foram observadas quanto aos seus visitantes florais. Nessas espécies, foi registrado o número de flores abertas por indivíduo. O número de visitas por indivíduo de *A. mellifera* foi registrado, e o comportamento das abelhas nas flores anotado. Em seguida, essas abelhas foram coletadas com o auxílio de puçá, depositadas em potes contendo papel com éter e levadas ao laboratório para a retirada do pólen aderido à sua superfície corporal. O pólen foi cuidadosamente removido do corpo dos visitantes florais com o auxílio de pincel. O material botânico foi fotografado, coletado e levado ao laboratório para posterior identificação, através de consulta à sites botânicos e auxílio de especialistas. Material testemunho das plantas foi depositado no herbário da UFMS (CGMS).

Para auxiliar na identificação dos grãos de pólen carregados por *A. mellifera* foi preparada uma coleção de referência, utilizando grãos de pólen retirados das anteras de flores frescas de todas as espécies floridas registradas nos capões. Para confecção das lâminas de pólen obtidas das flores e dos visitantes capturados foi utilizado o método de fixação por gelatina glicerizada corada com fucsina (Dafni, 1992). As lâminas foram então analisadas em microscópio óptico. Foi utilizado o aplicativo “motic images plus 2.0” para visualização, medição e captura de imagens dos diferentes tipos polínicos encontrados. As capturas foram feitas em aumentos de 40x e 100x com o intuito de exibir melhor as estruturas morfológicas em diferentes tamanhos de grãos. Para a identificação, os grãos foram comparados inicialmente com a coleção de referência e, no caso de espécies de plantas não catalogadas em nossa coleção, consultando o site RCPol (Veiga *et al.*, 2018).

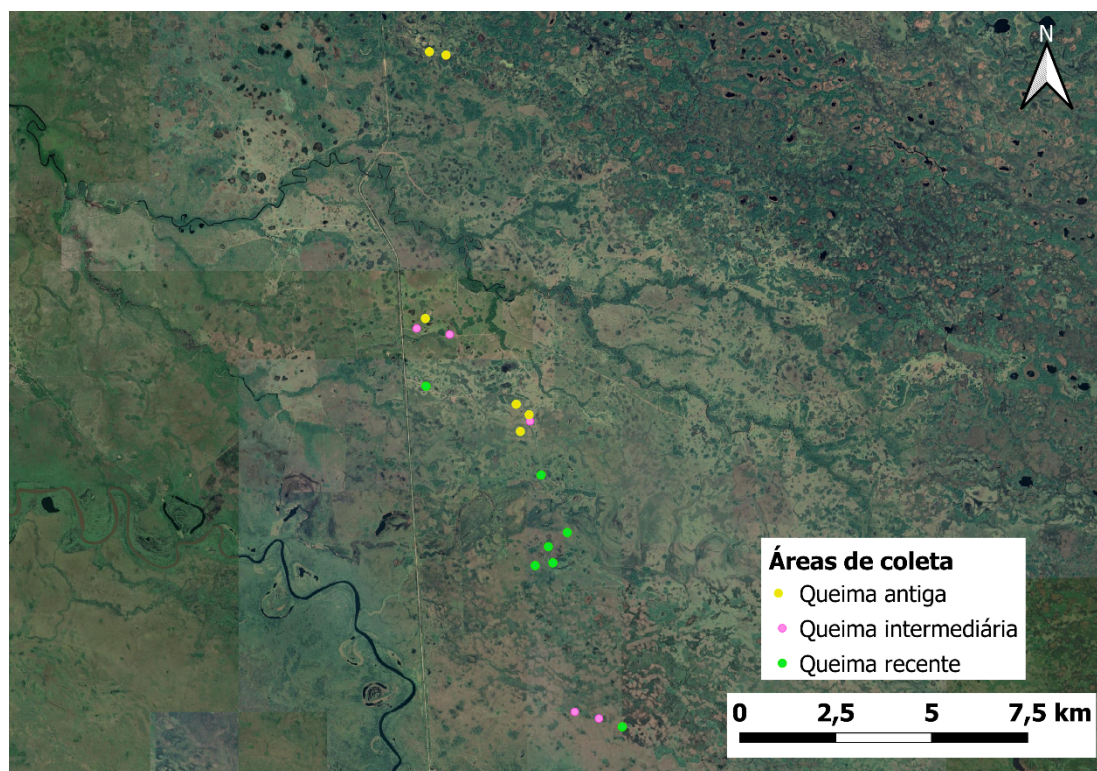


Figura 2. Localização dos capões estudados nas regiões do Miranda e Abobral do Pantanal Sul. Pontos em amarelo indicam capões queimados entre 15-20 anos atrás (histórico antigo), pontos em rosa indicam capões queimados entre 7-10 anos atrás (histórico intermediário), e pontos em verde indicam capões queimados entre 0-2 anos atrás (histórico recente).

O número total de espécies visitadas por *A. mellifera* em cada capão, e o número de tipos de grãos de pólen carregados por indivíduo de *A. mellifera* foram calculados separadamente para cada um dos 18 capões. Com base nessas informações, calculamos a média desses valores para cada um dos históricos de fogo (tratamentos: recente, intermediário, tardio) e comparamos esses valores entre tratamentos utilizando ANOVA com teste Tukey a posteriori. Para avaliar a similaridade na composição de espécies visitadas por *A. mellifera* entre capões utilizamos somente os dados de observações focais. Optamos por restringir essa análise, pois as abelhas podem percorrer longas distâncias em busca de recursos, de modo que em sua carga polínica podem estar representadas espécies que não ocorrem nos capões estudados. Calculamos o índice de similaridade de Jaccard (Jaccard, 1908), utilizando dados de presença-ausência das interações em cada um dos 18 capões estudados. Para avaliar se a similaridade de espécies visitadas é maior entre capões do mesmo histórico, fizemos uma análise de cluster utilizando a distância UPGMA, e avaliamos o agrupamento dos capões. E, para avaliar se a distância entre capões se correlaciona à similaridade na composição de espécies visitadas, utilizamos a correlação de Pearson. Essas análises foram realizadas no Programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Estrutura das redes de interação plantas x indivíduos de *Apis mellifera*:

Para avaliar como se estruturam as interações entre indivíduos de *A. mellifera* e as espécies de plantas visitadas em capões sob diferentes históricos de fogo foi utilizada a abordagem de redes de interação. Para isso foram construídas matrizes binárias com os indivíduos de abelha representados nas colunas e as espécies de plantas visitadas (i.e., grãos de pólen carregados) representadas nas linhas. Nessa análise usamos somente os dados obtidos através da análise da carga polínica, já que não seria possível afirmar que visitantes diferentes corresponderiam a indivíduos diferentes de *A. mellifera*. As células foram preenchidas com “zero” quando um dado indivíduo não interagiu com uma dada espécie de planta (i.e., não foi encontrado pólen daquela espécie na carga polínica carregada por aquele indivíduo), ou com “um”, quando houve a interação. Usamos dados binários, pois a abundância de grãos presentes na carga polínica carregada por uma abelha pode ser afetada por fatores não relacionados à frequência de visitas como, por exemplo, a presença de estruturas de agregação de grãos de pólen em algumas espécies de plantas ("pollen kit").

Para avaliar o papel desempenhado pelas diferentes espécies de plantas nos tratamentos avaliados, construímos três matrizes de interações, cada uma agrupando as visitas realizadas por *A. mellifera* nos seis capões de cada histórico de fogo. Calculamos as métricas a nível de espécie: grau, centralidade por intermediação (BC) e centralidade por proximidade (CC). O grau indica o número de indivíduos de *A. mellifera* com os quais uma dada espécie de planta interage. Espécies de plantas com maior grau interagem com mais indivíduos de *A. mellifera*, sugerindo que tenham maior importância como recurso para essas abelhas. A centralidade por intermediação (BC) quantifica o número de vezes que um nó (no caso deste estudo, uma dada espécie de planta) age como ponte ao longo do caminho mais curto entre dois outros nós, descrevendo a importância de uma espécie como conectora da rede. Espécies de plantas com altos valores de BC atuam como conectores da rede, conectando subgrupos de interações (i.e., espécies de plantas diferentes com as quais *A. mellifera* também interage). A centralidade por proximidade (CC) mede a proximidade de uma espécie a todas as outras espécies da comunidade. Espécies de plantas com altos valores de CC interagem mais com indivíduos de *A. mellifera*. Todas essas análises de rede foram realizadas utilizando o pacote bipartite no programa Rstudio (R Core Team 2022).

RESULTADOS

Foram registradas 55 espécies de plantas visitadas por *A. mellifera* nos 18 capões estudados (Tabela 1). Dessas, 11 espécies foram registradas exclusivamente na abordagem fitocêntrica, e 17 espécies foram registradas somente na carga polínica (abordagem zoocêntrica) carregada pelos 192 indivíduos de *Apis mellifera* capturados nos capões estudados. Cerca de metade das espécies ($n = 27$) foram encontradas nos dois métodos. As espécies visitadas por *A. mellifera* floresceram por períodos que variaram de um a sete meses, e o número médio de flores produzidas por elas variou de oito a 969 flores/indivíduo.

Quando avaliados os 18 capões conjuntamente, não houve diferença entre a riqueza média de espécies de plantas visitadas e o número de espécies de grãos de pólen representados na carga polínica carregada ($F = 0,1931$, $p = 0,8252$, Fig. 3) por *A. mellifera*. De modo semelhante, também não houve diferença entre capões dos três históricos de fogo quanto ao número de espécies visitadas e de espécies de grãos de pólen carregados ($F = 0,362$, $p = 0,703$ e $F = 0,101$, $p = 0,947$; respectivamente; Fig. 4). A similaridade na composição de espécies visitadas entre capões foi, em geral, baixa ($\bar{x} = 0,12 \pm 0,10$), e capões de mesmo histórico de fogo não foram mais similares entre si quanto às espécies vegetais visitadas ($p = 0,579$; Fig. 6). Mas houve tendência de maior similaridade na composição de espécies visitadas em capões mais próximos entre si, embora o coeficiente de determinação tenha sido baixo ($r^2 = 0,019$, $p = 0,05$) (Fig. 6).

As espécies de plantas cujos grãos de pólen foram registrados na carga polínica carregada por maior número de indivíduos de *A. mellifera* foram: *Mimosa polycarpa* Kunth, *Vitex cymosa* ex Spreng., e *Melochia parvifolia* Kunch. *M. polycarpa* apresentou altos valores de grau nos três históricos de fogo, indicando que é muito utilizada por *A. mellifera* nos capões estudados, independente do tratamento. Mas, quando avaliados separadamente os três históricos, espécies diferentes se destacaram. *Cantinoa mutabilis* Rich., foi a espécie com maior valor de grau, BC e CC em capões de histórico de fogo recente. Em capões de histórico intermediário, *M. polycarpa* e *Fridericia dichotoma* (Jacq.) L.G.Lohmann., apresentaram os maiores valores de grau, e *Licania parvifolia* Huber, altos valores de BC e CC. Em capões de histórico tardio *M. polycarpa* Kunth, interagiu com mais indivíduos de *A. mellifera* (maior valor de grau), e *Conyzia bonariensis* L. foi a espécie com maiores valores de BC e CC. (Tabela 2). Essas espécies apresentaram alto número médio de flores/dia (162-268 flores/dia) e/ou floresceram por períodos mais longos (3-7 meses) (Tabela 1). As espécies de plantas visitadas por *A. mellifera* foram principalmente arbustivas e herbáceas, hábito frequente nas bordas dos capões. De modo geral, Asteraceae e Fabaceae foram as famílias de maior

destaque, sendo as que apresentaram os maiores números de espécies registradas durante as observações focais e na carga polínica.

Tabela 1. Total de flores visitadas e número de meses em floração das espécies de plantas visitadas por *Apis mellifera* em capões nas sub-regiões do Miranda e Aboboral, e método em que foi feito o registro (fito = observações focais, abordagem fitocêntrica, ou zoo = pólen na carga polínica, abordagem zoocêntrica). Para espécies registradas somente na carga de pólen das abelhas não apresentamos essas informações pois não foram registrados indivíduos floridos nos capões estudados.

Espécies	Total de flores visitadas	Meses em floração	Método
Alimastaceae			
<i>Echinodorus paniculatus</i> Micheli	39	3	fito
Apocynaceae			
<i>Mesechites trifidus</i> (Jacq.) Müll.Arg.	---	---	zoo
<i>Tabernaemontana siphilitica</i> (L.fil.) Leeuwenb.	---	---	zoo
Arecaceae			
<i>Copernicia alba</i> Morong	702	1	fito
<i>Scheelea phalerata</i> (Mart. ex Spreng.) Burret	261	3	fito e zoo
Asteraceae			
<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B.Pastore	161	5	fito e zoo
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	---	---	zoo
<i>Lepidaploa aurea</i> (Mart. ex DC.) H.Rob.	---	---	zoo
<i>Melanthera latifolia</i> (Gardner) Cabrera	43	1	fito e zoo
<i>Stilpnopappus pantanalensis</i> H.Rob.	91	5	fito e zoo
<i>Vernonia polysphaera</i> Baker	167	1	fito
Bignoniaceae			
<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	168	3	fito e zoo

<i>Handroanthus impetiginosum</i> (Mart. ex DC.) Mattos	---	---	zoo
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.fil. ex S.Moore	---	---	zoo
Boraginaceae			
<i>Borreria eryngioides</i> Cham. & Schltdl.	94	1	fito
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	96	1	fito e zoo
Celastraceae			
<i>Hippocratea volubilis</i> L.	24	1	fito
Combretaceae			
<i>Combretum laxum</i> Jacq.	500	2	fito e zoo
Commelinaceae			
<i>Commelina erecta</i> L.	60	1	fito e zoo
Convolvulaceae			
<i>Evolvulus pusillus</i> Choisy	---	---	zoo
Chrysobalanaceae			
<i>Licania parvifolia</i> Huber	---	---	zoo
Euphobiaceae			
<i>Sapium haemospermum</i> Müll.Arg.	406	1	fito
Erythroxylaceae			
<i>Erythroxylum anguifugum</i> Mart.	---	---	zoo
Fabaceae			
<i>Crotalaria micans</i> Link	---	---	zoo
<i>Indigofera sabulicola</i> Benth.	15	1	fito
<i>Inga edulis</i> Mart.	142	3	fito e zoo
<i>Mimosa polycarpa</i> Kunth	211	7	fito e zoo
<i>Senna aculeata</i> (Pohl ex Benth.) H.S.Irwin & Barneby	16	1	fito e zoo
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	---	---	zoo
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	17	1	fito e zoo
<i>Senna pendula</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S.Irwin & Barneby	37	1	fito e zoo

<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	---	---	zoo
Lamiaceae			
<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	334	2	fito e zoo
Lythraceae			
<i>Adenaria floribunda</i> Kunth	40	1	fito e zoo
Malpighiaceae			
<i>Byrsonima orbignyana</i> A.Juss.	---	---	zoo
<i>Heteropterys hypericifolia</i> A.Juss.	66	2	fito
Malvaceae			
<i>Helicteres guazumifolia</i> Kunth	42	2	fito e zoo
<i>Melochia arenosa</i> Benth.	36	2	fito e zoo
<i>Melochia parvifolia</i> Kunth	27	6	fito e zoo
<i>Turnera scabra</i> Millsp.	---	---	zoo
<i>Waltheria indica</i> L.	172	2	fito e zoo
Melastomataceae			
<i>Angelonia salicariifolia</i> Bonpl.	---	---	zoo
Myrtaceae			
<i>Eugenia florida</i> DC.	50	2	fito e zoo
Passifloraceae			
<i>Piriqueta corumbensis</i> Moura	8	1	fito
Polygonaceae			
<i>Coccoloba cujabensis</i> Wedd.	969	4	fito e zoo
Portulacaceae			
<i>Portulaca grandiflora</i> Hook.	51	1	fito e zoo
Rubiaceae			
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	194	1	fito
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	27	1	fito e zoo
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	96	1	fito
<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltdl.) Steud.	153	5	fito e zoo
Rutaceae			
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	131	2	fito e zoo

Sapindaceae			
<i>Paullinia pinnata</i> L.	---	---	zoo
Solanaceae			
<i>Solanum viarum</i> Dunal	---	---	zoo
Verbanaceae			
<i>Lantana canescens</i> Kunth	27	3	fito e zoo
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	38	1	fito e zoo

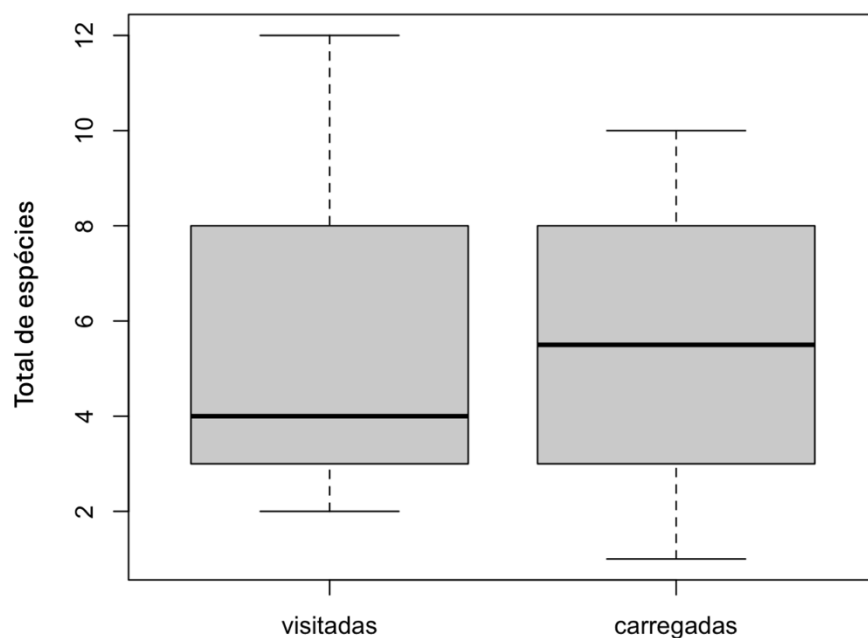


Figura 3. Variação no total de espécies de plantas avistadas em lâmina representadas na carga de pólen carregada por *A. mellifera* nos 18 capões estudados nas sub-regiões do Miranda e Abobral.

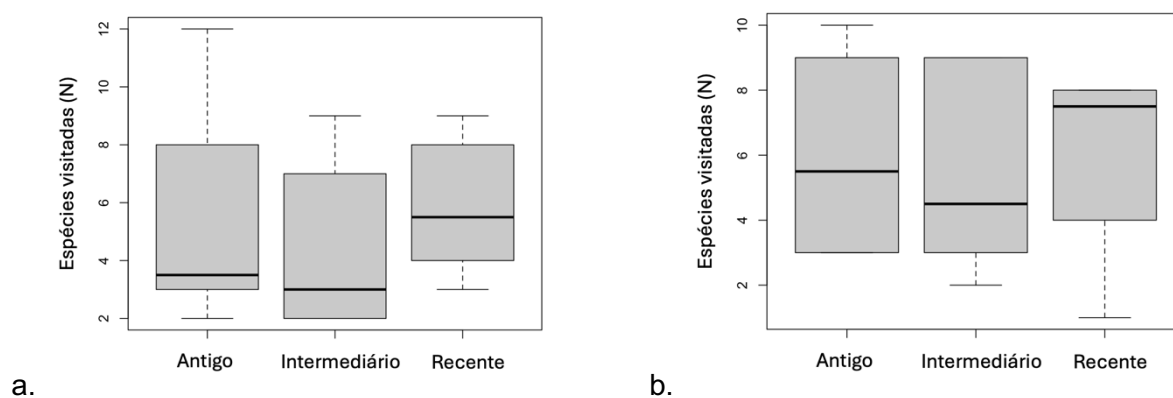


Figura 4. a) Comparação do número de espécies visitadas por *A. mellifera* em capões dos diferentes históricos de fogo (antigo, intermediário e recente). **b)** Comparação do número de espécies de grãos de pólen (“espécies visitadas”) na carga polínica carregada por *A. mellifera* em capões dos diferentes históricos de fogo (antigo, intermediário e recente). Não houve diferença significativa entre capões (ver texto).

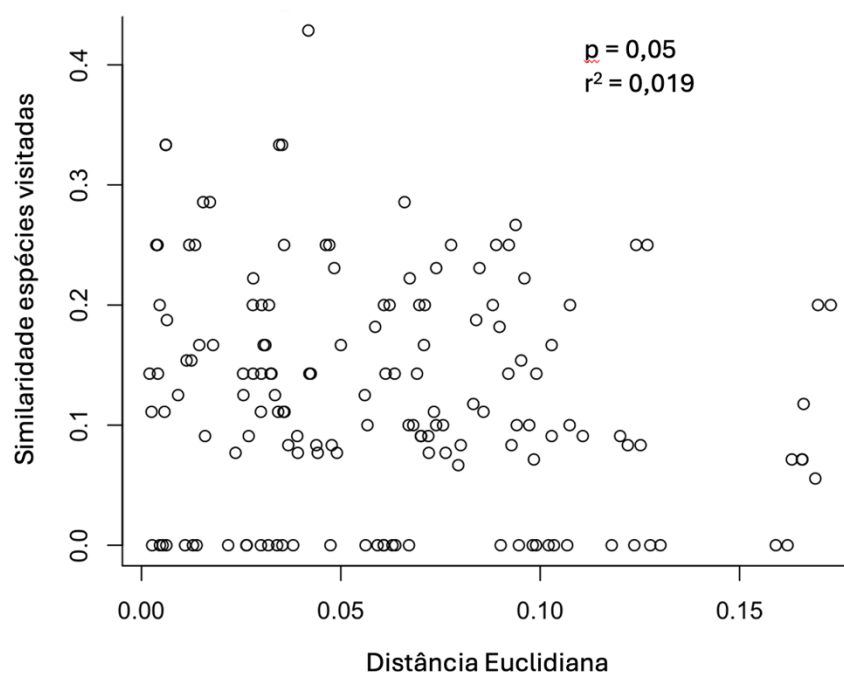


Figura 5. Relação entre a similaridade de espécies de plantas visitadas por *A. mellifera* e a distância entre pares de capões onde essas interações ocorreram, nos pantanais do Miranda e Abobral.

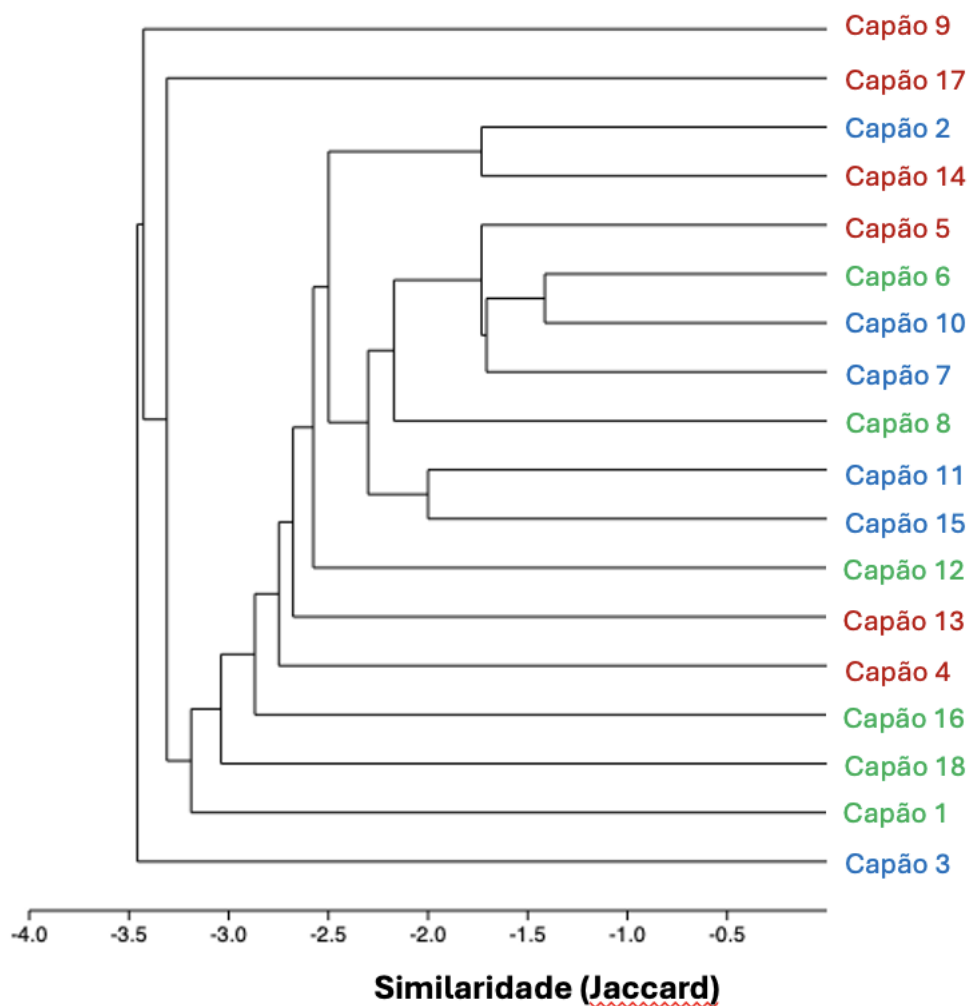


Figura 6. Similaridade na composição de espécies visitadas por *A. mellifera* entre os pares de capões estudados, conforme seu histórico de fogo (recente: vermelho, intermediário: azul ou tardio: verde). A similaridade média entre pares de capões do mesmo histórico de fogo (apresentada na porção inferior da figura) não diferiu significativamente entre os diferentes tratamentos ($p = 0,579$).

Tabela 2. Espécies de plantas com maiores valores de grau, centralidade por intermediação (BC) e centralidade por proximidade (CC) com base na carga de pólen carregada por *A. mellifera* em capões dos pantanais do Miranda e Abobral. Em negrito são representadas as espécies com os valores mais altos dessas métricas em cada histórico de fogo.

Histórico	Espécies	grau	BC	CC
Recente	<i>C. mutabilis</i>	10	0.43283582	0.11818182
	<i>M. polycarpa</i>	8	0.11940299	0.08787879
	<i>R. grandiflora</i>	6	0.22388060	0.10000000
	<i>L. canensis</i>	4	0.20895522	0.1000000
Intermediário	<i>M. polycarpa</i>	6	0.12328767	0.08928571
	<i>Fridericia</i> sp.	6	0.22602740	0.10610766
	<i>L. parvifolia</i>	4	0.36301370	0.11387164
	<i>E. florida</i>	2	0.12328767	0.08152174
Tardio	<i>M. polycarpa</i>	9	0.00000000	0.01318102
	<i>L. parvifolia</i>	7	0.2666667	0.09885764
	<i>Z. riedelianum</i>	6	0.2888889	0.09775923
	<i>C. bonariensis</i>	2	0.3333333	0.10325132

DISCUSSÃO

A riqueza de espécies e as famílias de plantas mais frequentemente visitadas por *A. mellifera* nos capões sob diferentes históricos de fogo foram similares às registradas (66 espécies em 26 famílias) em estudo prévio realizado em capões da mesma região (Boff *et al.*, 2013). O número de espécies visitadas por *A. mellifera* registrado através das amostragens fito e zoocêntrica não diferiu, mas algumas espécies de plantas foram registradas somente através de um ou outro método, indicando que o uso de ambas as abordagens em estudos sobre polinização fornece uma visão mais abrangente do uso de recursos por visitantes florais (Viera, 2021).

O fato de não termos verificado diferenças quanto ao número de espécies visitadas por *A. mellifera* em capões dos diferentes tratamentos indica que essas abelhas estejam utilizando capões, independentemente de seu histórico de fogo e de eventuais mudanças na identidade das espécies vegetais, sugerindo que essas abelhas usem os recursos de acordo com sua disponibilidade no ambiente. Isso pode ser relacionado ao fato de *A. mellifera* ser uma espécie generalista e que tolera ambientes modificados (Araújo, 2007). Nossos resultados também sugerem que *A. mellifera* seja polinizadora eficiente das espécies que visita, já que todos os indivíduos observados visitaram as flores de forma legítima. Entretanto, o registro de espécies visitadas exclusivamente através da abordagem fitocêntrica pode indicar que essas abelhas não estejam transportando o pólen dessas espécies. Além disso, o registro de algumas espécies somente através da abordagem zoocêntrica, sugere que essas abelhas estejam visitando flores em outros locais.

A baixa similaridade na composição de espécies visitadas entre capões de mesmo histórico de fogo, e de capões de diferentes históricos, contraria o que esperávamos, sugerindo alta variação na composição de espécies entre capões, e que essa variação independe do histórico de fogo. No entanto, para confirmar essa hipótese, seriam necessárias informações sobre a florística desses capões. Damasceno-Junior *et al.* (2022) sugere que as comunidades vegetais se modificam após a passagem do fogo, sendo as áreas de queima mais recente as que apresentam maior representatividade de plantas herbáceas. Entretanto, mesmo a presença de herbáceas sendo comum em capões, como já mencionado, a grande disparidade entre a composição de espécies resulta em uma similaridade florística baixa entre os capões dos mesmos tratamentos. Essa baixa similaridade na composição de espécies visitadas/carregadas indica ainda que *A. mellifera* visita as espécies de acordo com sua disponibilidade no ambiente, não demonstrando preferência por algumas espécies. Isso poderia ser esperado, uma vez que essa abelha é altamente generalista e tende a forragear

em espécies mais abundantes (Boff *et al.*, 2011). De fato, outros estudos têm demonstrado que baixos índices de interações especializadas são comuns em ambientes perturbados, como o Pantanal (Viera, 2021).

As abelhas do gênero *Apis* existentes no Brasil são decorrentes de um processo de melhoramento genético feito a partir da introdução das subespécies (raças) europeias e abelhas oriundas da África. Dentre as diversas habilidades adquiridas deste cruzamento, a capacidade de se adaptar facilmente à disponibilidade de recursos do ambiente faz dela extremamente importante para a polinização das espécies nos locais onde estão inseridas. Entretanto, ainda que as visitas registradas tenham sido todas realizadas de modo legítimo, como mencionado acima, as abelhas *A. mellifera* são consideradas polinizadoras pouco efetivas quando comparadas com abelhas nativas (Altmann, 1974), inclusive competindo e deslocando essas espécies das manchas de flores. Devido a sua alta abundância em diversos ambientes, essa espécie se disseminou e ocupa posições centrais nas redes de interação, atuando como super generalistas (Boff *et al.*, 2013; Viera, 2021).

Em contrapartida, a proximidade espacial dos capões resultou em tendência a maior similaridade na composição de espécies visitadas por *A. mellifera*. Isso poderia ser esperado uma vez que capões mais próximos entre si oferecem maior facilidade para a dispersão das espécies, resultando em comunidades vegetais mais similares (Murara, 2016). Contudo, não existem ainda estudos disponíveis avaliando a composição florística entre capões nos diferentes históricos de fogo para uma comparação mais segura. O fato de as espécies que produzem grande quantidade de flores e/ou que florescem por períodos mais longos terem interagido com mais indivíduos de *A. mellifera* poderia ser esperado, pois representam maior oferta de recursos (Souza *et al.*, 2021), sendo assim mais atrativas para *A. mellifera*. Essas espécies com alta produção de flores devem atrair mais abelhas, que recrutam operárias no ninho (Dafni, 1992; Araujo, 2007), aumentando assim o número de indivíduos forrageando. *A. mellifera* seleciona suas fontes alimentares através de características visuais e olfativas, de modo que as manchas que possuem mais flores tendem a ser mais atrativas (Boff *et al.*, 2011).

CONCLUSÃO

Nossos resultados indicam que o histórico de fogo parece não afetar o uso de recursos por *A. mellifera* em capões do Pantanal Sul, uma vez que a riqueza de espécies utilizadas é semelhante entre capões dos diferentes tratamentos, e que a similaridade de recursos utilizados entre capões foi baixa, tendo sido afetada somente pela distância entre as áreas. Embora *A. mellifera* tenha visitado as flores de maneira legítima, o fato de algumas espécies

visitadas não terem sido registradas na carga polínica carregada, sugere que essas abelhas não estejam atuando como polinizadoras efetivas dessas espécies. O fato de termos registrado algumas espécies visitadas somente através de uma das abordagens de estudo (fito ou zoocêntrica) reforça a importância do uso de ambas as abordagens para uma melhor compreensão das interações polinizador-planta.

REFERÊNCIAS

- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, v. 49, p.227-266.
- Araújo, J. M. (2007) Estudo do forrageamento de fontes polínicas por *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) numa região litorânea do baixo São Francisco. In: Congresso de ecologia do Brasil, 8., 2007, Caxambu. Anais... Caxambu: Sociedade de Ecologia.
- Boff, S., Luz, C. F. P., Araujo, A. C., & Pott, A. (2011). Pollen analysis reveals plants foraged by Africanized honeybees in the southern Pantanal, Brazil. *Neotropical entomology*, v. 40, p. 47-53.
- Boff, S., Araujo, A. C., & Pott, A. (2013). Bees (Hymenoptera: Apoidea) and flowers in natural forest patches of southern Pantanal. *Biota Neotropica*, v. 13, p. 46-56.
- Dafni, A. (1992). Pollination ecology: a practical approach. Oxford University Press, Oxford, c.6, p.763–778.
- Damasceno-Junior, G. A., Pereira, A. de M. M., Oldeland, J., Parolin, P., & Pott, A. (2022). Fire, flood and Pantanal vegetation. In G. A. Damasceno-Junior & A. Pott (Eds.), *Flora and Vegetation of the Pantanal Wetland*. Springer International Publishing, c.18, p.661–688. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-83375-6_18. Acesso em: 09/11/2024.
- Goulson, D.; Lye, G. C.; Darvill, B. (2008). Decline and conservation of bumble bees. *Annual Review of Entomology*, v. 53, p. 191-208.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), art. 4: 9pp., 178kb. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso: 10/06/2023.

Inpe - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2022). Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 28/10/2023.

Jaccard, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat., c. 44, p. 223-270.

McLellan, A. R. (1977). Minerals, carbohydrates and amino acids of pollens from some woody and herbaceous plants. Annals of Botany, v.41(6), p.1225-1232.

Molles Jr., M. C. (2020). Ecologia: Conceitos e Aplicações. McGraw-Hill Education.

Moraes, E. C. (2018). Estudo da dinâmica de queimada no bioma Pantanal no período de 2002 a 2015. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto–SBS.

Moretti, M.; Bello, F.; Roberts, S. P. M.; Potts, S. G. 2009. Taxonomical vs. functional responses of bee communities to fire in two contrasting climatic regions. Journal of Animal Ecology c.78, p. 98-108.

Murara, P. G. (2016). Caminhos da Biogeografia. Caminhos de Geografia, v17, c.58, p.176-188.

Pott, A. (2000). Dinâmica da vegetação do Pantanal. In: Cavalcanti, T. C., & Walter, B. M. T. (org.) Tópicos atuais em Botânica. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Sociedade Botânica do Brasil, p.172-182.

Potts, S. G.; Vulliamy, B.; Dafni, A.; Ne'eman, G.; O'Toole, C.; Roberts, S.; Willmer, P. 2003. Response of plant-pollinator communities to fire: changes in diversity, abundance and floral reward structure. Oikos 101, p.103-112.

Potts, S. G.; Vulliamy, B.; Roberts, S.; O'Toole, C.; Dafni, A.; Ne'Eman, G.; Willmer, P. 2005. Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. Ecological Entomology 30: 78-85.

Potts, S. G.; Biesmeijer, J. C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O.; Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology & Evolution, v. 25, n. 6, p. 345-353.

Prance, G. T., & Schaller, G. B. (1982). Preliminary study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brasil. Brittonia, p.228-251.

Rech, A.R. & Westerkamp, C. (2014). Biologia da polinização: uma síntese histórica. In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. (eds.). Biologia da Polinização. Pp 27-43.

SILVA, João dos Santos Vila; ABDON, Mvrian de (Moura 1998) . Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões . Pesq. agropec. bras., Brasília, v.33, Número Especial .

SOS Pantanal, (2021). Monitoramento do fogo no pantanal: cooperação entre Lasa e Sos Pantanal. Disponível em: <https://www.sospantanal.org.br/>. Acesso em: 26/05/2023.

Souza, C. S., Maruyama, P. K., Aoki, C., Sigrist, M. R., Raizer, J., Gross, C. L., & de Araujo, A. C. (2018). Temporal variation in plant–pollinator networks from seasonal tropical environments: higher specialization when resources are scarce. *Journal of Ecology*, 106(6), 2409-2420.

Souza C.S, Maruyama P.K, Santos K.C.B.S, Varassin I.G, Gross C.L, Araújo A.C (2021). Plant-centred sampling estimates higher beta diversity of interactions than pollinator-based sampling across habitats. *New Phytologist*, v. 1, p. nph.17334.

Veiga, A.; Saraiva, A.M. & Silva, C.I. (2018). The online pollen catalogs network (RCPol). *Biodiversity Information Science and Standards* 2: e25658. doi:10.3897/biss.2.25658.

Vieira, K. M. (2021). Efeitos da paisagem nas interações e diversidade funcional de plantas e polinizadores em remanescentes urbanos de Cerrado. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas geográficas e histórico de fogo dos capões estudados nos pantanais do Miranda e Abobral, Corumbá, Mato Grosso do Sul.

Capão	Histórico de fogo	Coordenadas geográficas						
1	Antigo	19°	33	48.7	S	56 °	59	22.1 W
2	Intermediário	19 °	33	35.0	S	57 °	0	05.6 W
3	Intermediário	19 °	33	41.0	S	56 °	59	44.0 W
4	Recente	19 °	31	16.5	S	57 °	0	29.6 W
5	Recente	19 °	30	14.7	S	57 °	0	28.2 W
6	Antigo	19 °	29	37.8	S	57 °	0	50.6 W
7	Intermediário	19 °	29	29.5	S	57 °	0	45.6 W
8	Antigo	19 °	29	15.6	S	57 °	0	54.4 W
9	Recente	19 °	29	0.4	S	57 °	2	17.9 W
10	Intermediário	19 °	28	02.9	S	57 °	2	14.9 W
11	Intermediário	19 °	28	15.8	S	57 °	2	04.3 W
12	Antigo	19 °	29	23.0	S	57 °	0	49.0 W
13	Recente	19 °	31	31.9	S	57 °	0	40.9 W
14	Recente	19 °	31	04.5	S	57 °	0	12.6 W
15	Intermediário	19 °	28	11.0	S	57 °	2	25.7 W
16	Antigo	19 °	24	14.6	S	57 °	2	03.1 W
17	Recente	19 °	23	59.0	S	57 °	2	40.7 W
18	Antigo	19 °	24	00.8	S	57 °	2	07.7 W