

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Programa Pós-Graduação em Biologia Vegetal
“Ecologia, conservação e uso dos recursos vegetais”

**ESTRUTURA DA REDE DE INTERAÇÃO PLANTA-POLINIZADOR NO PANTANAL E
SEUS MECANISMOS DETERMINANTES**

Lidianeí dos Santos Savala - UFMS
Orientador: Rafael Soares de Arruda - UFMT
Coorientadora: Camila Aoki - UFMS

Campo Grande, MS
Maio/2019

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Programa Pós-Graduação em Biologia Vegetal
“Ecologia, conservação e uso dos recursos vegetais”

**ESTRUTURA DA REDE DE INTERAÇÃO PLANTA-POLINIZADOR NO PANTANAL E
SEUS MECANISMOS DETERMINANTES**

Lidianeí dos Santos Savala-UFMS

“Dissertação apresentada como um dos requisitos para
obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal junto
ao Centro de Ciências Biológicas e da Saúde”

Campo Grande, MS
Maio/2019

Dedicatória

À professora Camila Aoki, todo meu respeito, minha admiração e gratidão. Minha formação, inclusive pessoal, não seria a mesma se eu não a tivesse em minha vida.

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pelo apoio. Ao CNPQ pela concessão de bolsa de estudo. Ao campus de Aquidauana por todo apoio a mim destinado.

Agradeço à Deus, por tudo ter dado certo e pelas amizades que fiz ao longo dessa caminhada, pelo fortalecimento de amizades antigas e pelos conhecimentos trocados ao longo desses dois anos.

Agradeço a minha tia (Rita Trindade da Silva), por toda ajuda a mim destinadas, por sempre me incentivar e acreditar que mulher tem que ser o que ela quiser. Obrigada por todo cuidado destinados aos filhos sempre que estive fora mostrando a eles que eu estava buscando algo melhor para nós.

Esposo (Nei Pereira Costa), obrigada pela paciência sempre que precisei ir e vir e por você ter compreendido o quão importante é para mim fazer o mestrado.

Ao meu filho (Bruno dos Santos Pereira), por sempre acreditar que tudo vai dar certo e por acreditar na minha capacidade.

À minha filha (Yasmim dos Santos Pereira), por me esperar sempre muito feliz e por me transmitir essa felicidade todas as vezes que eu regressava para casa.

Agradeço aos meus orientadores. Professor Rafael Arruda, por aceitar me orientar e pelos conhecimentos passados. Professora Camila Aoki, por ser sempre muito compreensiva, mãe, amiga, companheira e por acreditar que sou capaz, obrigada por tudo que a senhora fez e faz por mim, espero algum dia poder retribuir todo bem que a senhora já me fez.

Agradeço à Camila Silveira, pelo auxílio na realização das análises das redes de interação, pela paciência e pela calma.

Agradeço a todos os amigos que me auxiliaram durante as coletas, Paulo Filho, Maicon Velasco, Rosiete Paiz, Eder Insauralde, Maicon Marcelo Macena, Gabriela Canella Gregório, Orlando Carpinado, Edivaldo Oliveira de Souza, Rebeca Borges e Bruno dos Santos Pereira pois sem vocês tudo seria muito difícil.

O meu muito obrigada à todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho, sem apoio o resultado obtido não seria alcançado.

Resumo

O uso da abordagem de redes de interações auxilia na identificação de padrões e processos organizadores das comunidades de plantas e polinizadores. Nós estudamos a estrutura da rede de interações entre plantas e visitantes florais ao longo de dois anos em uma sub-região do Pantanal Sul a fim de entender quais são os interagentes, como as interações se estruturam e quais os possíveis mecanismos envolvidos nessa estruturação. Foram registradas 238 interações, entre 55 espécies de plantas e 80 espécies de visitantes florais. A rede de interações planta-visitantes florais apresentou conectância incompleta e baixa, foi aninhada, modular e especializada, exceto na estação seca, quando o aninhamento não foi significativo. O número de espécies interagentes foi significativamente menor na estação seca, que apresentou maior nível de especialização (H_2'). Dentre as variáveis preditoras analisadas, o número de indivíduos esteve correlacionado com o grau, a força de interações e a diversidade de parceiros. A diversidade de parceiros apresentou relação com o número de flores. A especialização das espécies (d') não foi relacionada com os atributos florais analisados. Os módulos não foram explicados por relações filogenéticas ou por atributos florais.

Palavras-chave: Polinização, especialização, interações ecológicas, sazonalidade

Abstract

The use of the networks of interactions aids in the identification of patterns and organizing processes of plant communities and pollinators. We studied the structure of the network of interactions between plants and floral visitors over two years in a sub-region of the Pantanal Sul in order to understand which are the interactors, how the interactions are structured and what the possible mechanisms involved in this structuring. A total of 238 interactions were recorded among 55 plant species and 80 species of floral visitors. The network of plant-floral interactions showed incomplete and low connectivity, was nested, modular and specialized, except in the dry season, when nesting was not significant. The number of interacting species was significantly lower in the dry season, which presented higher level of specialization (H_2'). Among the predictor variables analyzed, the number of individuals was correlated with the degree, the strength of interactions and the diversity of partners. The diversity of partners was related to the number of flowers. The specialization of the species (d') was not related to the floral attributes analyzed. The modules were not explained by phylogenetic relationships or by floral attributes.

Key words: Pollination, specialization, ecological interactions, seasonality

Sumário

Resumo..... 5

Abstract 6

Introdução 8

Material e métodos..... 10

Resultados 15

Discussão 23

Conclusão..... 26

Referências bibliográficas..... 26

Material Suplementar 35

Anexo 1 41

Introdução

Atualmente há consenso de que a conservação dos ecossistemas não deve apenas focar nas espécies, populações e comunidades, mas deve incluir também a manutenção de interações e funções ecossistêmicas (Blüthgen 2012, Freitas et al. 2014, Santos et al. 2014). Dentre as interações e funções ecossistêmicas está a polinização, processo fundamental para a preservação da diversidade de plantas e estabilidade dos ambientes naturais e agrícolas (Maués 2014). Para conservar as funções ecossistêmicas é necessário entender os papéis ecológicos desempenhados pelas espécies, além de entender o que torna uma população ou comunidade mais estável ou vulnerável a perda de espécies (Blüthgen 2012).

A maioria das Angiospermas depende predominantemente de animais como vetores de pólen (Bawa et al. 1985, Ollerton et al. 2011), processo que consiste no primeiro passo para a reprodução sexuada das plantas. Os insetos se destacam como polinizadores, mas vertebrados, como aves e morcegos, também desempenham esta função (Proctor et al. 1996, Rech et al. 2014). Ao visitar as flores, esses animais buscam recursos alimentares (néctar, pólen, óleo, tecidos florais, entre outros), materiais para a construção dos ninhos e podem ainda utilizar a flor como sítio de cópula, berçário e/ou dormitório (Simpson and Neff 1981, Proctor et al. 1996, Stehmann and Semir 2001, Pinheiro et al. 2014).

A polinização é um serviço ambiental de grande relevância para a manutenção da integridade dos ecossistemas e para a sustentabilidade da agricultura, necessitando que haja maior atenção no manejo agrícola e nas ações para a conservação dos polinizadores nativos (Sigrist et al. 2017). Em virtude desta importância, estudos sobre os serviços ambientais prestados pelos polinizadores foram considerados prioridade para o século XXI, tendo sido criado um programa visando a conservação e o uso sustentável de polinizadores, conhecido como “Iniciativa Brasileira dos Polinizadores” (IBP). Um dos resultados da IBP foi a publicação da Bibliografia Brasileira de Polinização e Polinizadores (MMA 2006), que consiste em um levantamento detalhado da produção científica nacional sobre o tema, segundo o qual, o Pantanal aparece como o domínio fitogeográfico com o menor número de estudos realizados.

A abordagem de redes de interações tem impulsionado a compreensão das relações entre plantas e visitantes florais, proporcionando a identificação de padrões e o entendimento dos processos organizadores das comunidades de plantas e animais sob uma perspectiva global das comunidades (Jordano 1987, Lewinsohn et al. 2006, Bascompte and Jordano 2007, Vizentin-Bugoni et al. 2018). A estrutura da rede que descreve as interações em uma localidade pode ser exposta através de diferentes métricas que capturam alguns aspectos de interesse. Entre os padrões encontrados para redes planta-polinizador, são recorrentes: (i) conectância incompleta (apenas parte das interações possíveis são de fato observadas), (ii) o grau das plantas é maior que o grau dos animais (i.e. plantas

interagem com maior número de espécies de polinizadores comparativamente ao número de espécies com o qual os polinizadores interagem), (iii) a maioria das espécies interage com poucos parceiros, enquanto poucas espécies interagem com muitos parceiros, ou seja, apresentam alto aninhamento, (iv) a maioria das interações é pouco frequente (com baixos valores de força de interação), ou seja não é uma distribuição normal, porque existem muitas espécies com grau baixo e poucas com grau alto e (v) a força das interações é assimétrica, se uma espécie de planta depende fortemente de uma espécie animal, esse animal vai depender fracamente da planta (a espécie A depende fortemente da espécie B, mas B depende pouco de A) (Freitas et al. 2014).

O uso da abordagem de redes para estudar comunidades complexas de espécies em interação, avançou significativamente nossa compreensão dos sistemas ecológicos (Woodward et al. 2010). Entretanto, ainda há predomínio de estudos basicamente descritivos, sendo necessário mais informações a respeito dos mecanismos que podem atuar na definição destes padrões e topologias (Jordano et al. 2003, Krishna et al. 2008, Vizentin-Bugoni et al. 2018). Dentre os fatores que parecem estar relacionados com esses padrões topológicos está a abundância das espécies (Krishna et al. 2008), uma vez que espécies com maior abundância possuem maior probabilidade de encontrar e interagir com parceiros que aquelas mais raras.

Os ciclos fenológicos também constituem um aspecto central da ecologia das comunidades, afetando a disponibilidade de recursos e as interações entre organismos (Freitas et al. 2014, Olito and Fox 2015, Trøjelsgaard and Olesen, 2016, Olesen et al. 2008). Além disso, o número de flores produzidas e a duração do período de floração podem influenciar métricas de rede, uma vez que plantas com mais flores seriam mais atrativas ou mais facilmente percebidas pela comunidade de visitantes florais, recebendo maior número de visitas e mais espécies de visitantes (Klinkhamer and de Jong 1990, Grindeland et al. 2005). Espécies que não se sobrepõem temporalmente não podem interagir, assim, espécies que apresentem maior período de floração estariam predispostas a interagir com maior número de visitantes, embora esta hipótese ainda não tenha sido testada adequadamente.

Além dos aspectos quantitativos, a morfologia floral também é indicada como possível mecanismo determinante do número de visitas recebidas pelas flores (Maruyama et al. 2014, Vizentin-Bugoni 2014, Stang et al. 2006), resultando em interações pouco frequentes em flores mais restritivas, além de afetar a atuação do visitante floral na polinização (Souza et al. 2016). A filogenia também foi aduzida como determinante da estrutura da rede (Rezende et al. 2007a), uma vez que grupos de plantas aparentadas podem apresentar tendência a interagir com polinizadores também aparentados (Freitas et al. 2014), tornando a rede mais modular (Vázquez et al. 2009b).

Além disso, as métricas das redes de interação podem apresentar variações sazonais. A dinâmica temporal de plantas e animais em diferentes escalas, incluindo aquelas associadas a estações, deve se traduzir em mudanças importantes na estrutura de redes de interação planta-

polinizadores (Dupont et al. 2009; Martín González et al. 2012; Olesen, et al. 2008; Trøjelsgaard and Olesen, 2016). Redes de polinizadores de plantas de ambientes tropicais têm propriedades estruturais que variam de acordo com as estações do ano, que devem ser levadas em conta na descrição dos complexos sistemas de interações entre plantas e seus polinizadores nessas áreas (Caradonna et al 2017, Souza et al. 2018).

Conhecer as restrições sobre os padrões de interação é um pré-requisito importante para formular modelos nulos realistas e entender os padrões de partilha de recursos, bem como processos coevolutivo (Stang et al. 2006). Além disso, o estudo das interações mutualísticas planta-animal é importante tanto para uma compreensão básica dos sistemas ecológicos quanto para seu manejo e conservação (Bronstein et al., 2006; Waser and Ollerton, 2006; Rico-Gray and Oliveira, 2007). No sentido de contribuir para o entendimento das redes de interações plantas-visitantes florais no Pantanal, realizamos este estudo com os seguintes objetivos: i) identificar os agentes interagentes (plantas e visitantes florais) que compõe a rede, ii) identificar a estrutura da rede de interações, considerando a conectância, aninhamento, modularidade e especialização, verificando sua variação sazonal, iii) verificar se a abundância das espécies, o número de flores e a duração da floração afetam o grau das espécies (número de parceiros com os quais interage), a especialização e a força das interações, sob uma perspectiva fitocêntrica, iv) verificar se atributos florais (diâmetro e comprimento da corola, tipo da flor, cor, recurso ofertado) explicam o grau de especialização das espécies vegetais e, por fim, v) se plantas filogeneticamente aparentadas apresentam tendência em interagir com grupos similares de visitantes florais, ou seja, se são incluídas dentro dos mesmos módulos.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na região sudeste da planície pantaneira, entre os rios Negro e Aquidauana, na sub-região de Aquidauana (20°13'15"S, 55°51'14"O, Figura 1). As coletas foram realizadas em fitofisionomia de savana arborizada, sujeita a inundações periódicas (com duração de três a cinco meses nos anos estudados). A classificação climática segundo Peel et al. (2007) é Aw, apresentando clima quente e úmido no verão, com estação chuvosa de outubro a abril, e seca no inverno, de maio a setembro (Rohli and Vega 2008). O período de chuvas concentra cerca de 70 a 80% da precipitação média anual, que é de cerca de 1.400 mm, variando entre 800 e 1.600 mm (ANA 2005).

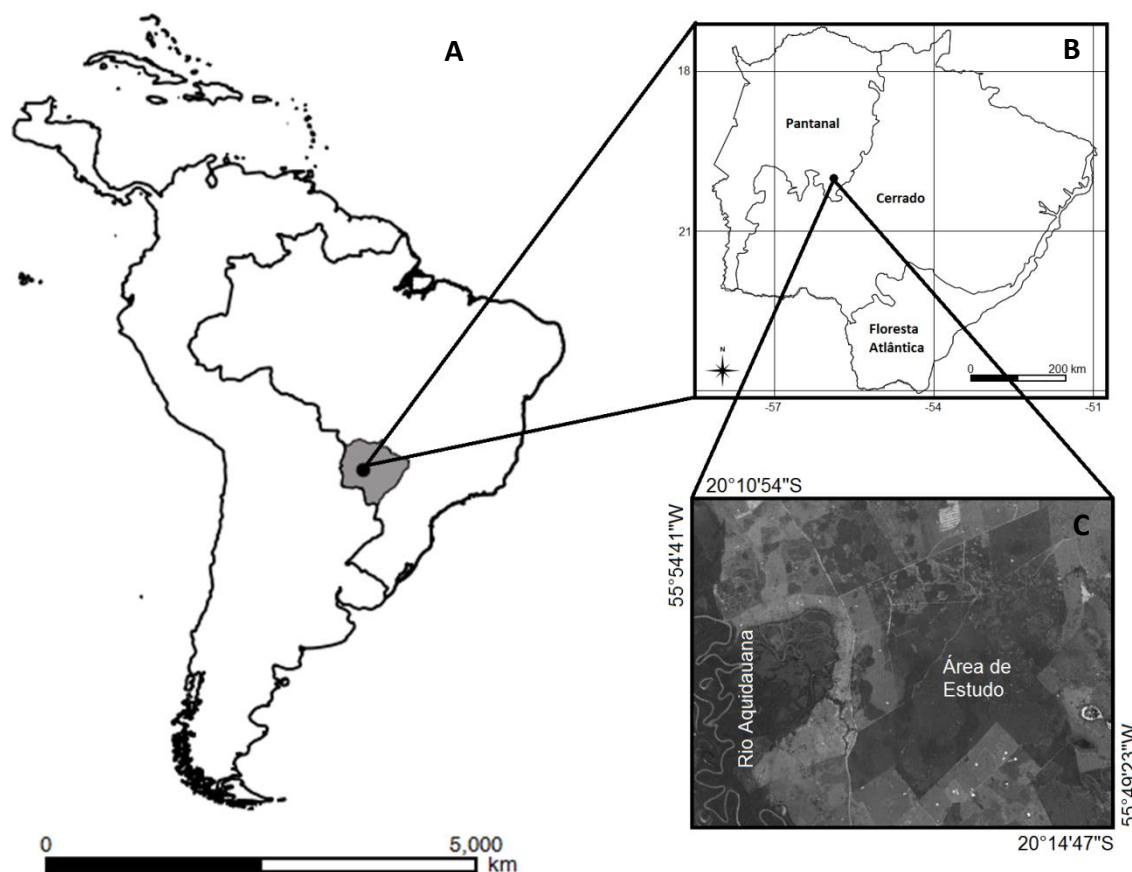


Fig. 1. Localização da área de estudo onde o projeto foi desenvolvido (Aquidauana, MS). A: América do Sul, B: Mato Grosso do Sul indicando os domínios vegetacionais, C: Área de estudo localizada no Pantanal de Aquidauana.

O estudo foi desenvolvido mensalmente ao longo de dois anos, entre outubro de 2015 e setembro de 2016 e entre abril de 2017 e março de 2018, sendo amostrados os períodos secos e chuvosos. Na área selecionada foram estabelecidas três estações de amostragem distantes entre si ao menos 1Km. Em cada estação foram estabelecidas 10 parcelas de 100 m² equidistantes 100 metros, totalizando 30 parcelas. Em cada parcela foi contabilizado o número de indivíduos de cada espécie. Plantas da mesma espécie com crescimento agrupado (próximas pelo menos 10 cm entre si) foram consideradas como o mesmo indivíduo. Foram incluídos os hábitos: herbáceo, arbustivo e arbóreo (ramos acessíveis), excetuando-se graminóides (Poaceae e Cyperaceae) que habitualmente são polinizadas pelo vento e pela dificuldade de determinação do que seria um indivíduo.

Considerando que algumas flores apresentam características morfológicas que podem restringir as visitas, foram registrados dados de atributos florais, incluindo tamanho, forma, cor (como visto pelos humanos) e recurso ofertado. As flores foram classificadas quanto ao diâmetro e comprimento da corola em: pequena (< 10 mm), média (> 10 ≤ 20 mm), grande (> 20 ≤ 30 mm) e muito grande (> 30 mm) (Machado and Lopes 2004). As flores também foram classificadas em oito tipos florais (modificado de Faegri and van der Pijl 1979): (1) inconspícua (< 4 mm); (2) taça; (3)

campanulada-funil; (4) tubo; (5) goela; (6) estandarte; (7) pincel; (8) câmara. Sete categorias de cores foram consideradas de acordo com a cor principal, mais conspicua: branca, esverdeada (incluindo bege e creme), amarela, laranja, rosa, violeta/lilás (incluindo azul) e vermelha (Machado and Lopes 2004). Foi analisado qual o principal recurso ofertado pela planta aos visitantes florais, eventualmente, mais de um recurso pôde ser considerado. Material testemunho das espécies vegetais registradas foi herborizado, identificado e será depositado no Herbário CGMS, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. A nomenclatura das espécies segue o disposto na Flora Brasileira 2020 (em construção).

A coleta de visitantes florais foi realizada entre as 07h e 17h, com observações focais de 10-15 minutos por espécie florida/parcela, totalizando aproximadamente 173 horas. A amostragem dos visitantes florais invertebrados foi realizada através de coleta com rede entomológica. Na sequência estes foram mortos em câmara contendo acetato de etila, alfinetados, identificados usando chaves taxonômicas e consulta a especialistas e serão depositadas, preferencialmente, na Coleção Zoológica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). O único beija-flor observado (*Hylocharis chrysura*), foi identificado por observação direta, com auxílio de guias de identificação (Sigrist 2007, Pivatto et al. 2012).

A topologia da rede de interação foi analisada através da construção de uma matriz ponderada (incluindo a frequência de visitas dos animais às espécies de plantas). Com base nessas matrizes foi calculado o número de animais e plantas envolvidos, o tamanho da rede (soma dos animais com as plantas), o aninhamento, a modularidade e a especialização em nível de comunidade (H_2') e de espécie (d').

Avaliamos o esforço amostral das redes com as duas estações juntas (que denominamos de Rede Geral) e, separadamente, para a estação seca e estação chuvosa seguindo Chacoff et al. (2012), com modificações de Vizentin-Bugoni et al. (2016) e Ramírez-Burbano et al. (2017). Para nossa abordagem, cada combinação de um visitante floral e uma espécie de planta interagindo é considerado como o equivalente de “espécie” e a frequência de cada interação par a par como sua “abundância” (Vizentin-Bugoni et al. 2016). Para estimar o número total de interações de potenciais polinizadores e plantas nas redes, ou seja, a riqueza de interações, utilizamos dados das três redes (juntas e separadamente), para o cálculo do estimador Chao 1 para riqueza de espécies (Chao 1984, Colwell and Coddington 1994). O esforço de amostragem foi calculado dividindo-se a riqueza estimada pela interação estimada, o que resultou na proporção do número estimado de interações que realmente foi observado nas redes (Chacoff et al. 2012). Deve-se notar que, como alguns links não registrados podem, na verdade, ser impossíveis por natureza (ou seja, links proibidos), essa estimativa de esforço amostral é bastante conservadora (Jordano 2016). O estimador Chao 1 foi calculado usando o pacote “iNEXT” (Hsieh et al. 2014) em R (R Development Core Team 2016). Usando o mesmo pacote,

também avaliamos a riqueza de interações plotando curvas individuais de rarefação e extrapolação com números de Hill (ordem de Hill number, $q = 0$; Chao et al. 2014, Hsieh et al. 2014).

O aninhamento da rede mede o quanto as interações estabelecidas por espécies especialistas são um subconjunto das interações realizadas por espécies mais generalistas e foi calculado pelo índice NODF (aninhamento binário) e wNODF (aninhamento quantitativo) (Almeida-Neto and Ulrich 2011). A especialização da rede foi estimada pelo índice de conectância (binário) que é a razão entre o número de ligações realizadas e possíveis na rede e pelo índice H_2' (especialização ponderada), que descreve se as espécies restringem suas interações daquelas aleatoriamente esperadas com base na disponibilidade de parceiros (Blüthgen et al. 2006). Os índices de modularidade quantificam a prevalência de interações dentro de subconjuntos de espécies na comunidade. Calculamos a modularidade binária (M) usando o programa MODULAR (Marquitti et al. 2014) e a modularidade ponderada (Q) usando o algoritmo LPAB+ proposto por Beckett (2016), onde foram rodadas 1000 aleatorizações e o maior valor de Q foi utilizado. Todas as métricas de rede foram calculadas usando o pacote “bipartite” em R (Dormann et al. 2008), com exceção de aninhamento e modularidade binária, para as quais usamos os programas ANINHADO (Guimarães Jr and Guimarães 2006) e MODULAR (Marquitti et al. 2014), respectivamente, seguindo suas recomendações padrão.

Usamos cinco índices para analisar o papel desempenhado pelas espécies na rede, o primeiro foi a força de interação das espécies, que é a soma das proporções de interações realizadas por uma determinada espécie com todos os seus parceiros de interação, onde valores mais altos indicam que mais plantas interagem com espécies específicas de visitantes florais, e vice-versa (Bascompte et al. 2006). O grau e o grau normalizado, que é definido como o número de ligações de uma espécie. E o passo crucial para essa análise é a frequência com que uma lei de potência exponencial, de lei de poder ou truncada fornece o melhor ajuste aos dados (Dorman et al. 2009). Também calculamos a especialização em nível de espécie d' , que quantifica como a frequência de interações estabelecidas por uma dada espécie se desvia em relação à disponibilidade de parceiros de interação na rede, com valores mais altos indicando maior especialização da espécie analisada (Blüthgen et al. 2006). Diversidade de parceiros (partner diversity) quantifica a diversidade de parceiros de interação para cada espécie, é o análogo quantitativo do grau qualitativo das espécies, ou seja, a riqueza dos parceiros de interação (Kaiser-Bunbury and Blüthgen 2015).

Como as métricas de rede podem ser afetadas por características intrínsecas, como o número de espécies interagindo e o esforço de amostragem (Blüthgen et al. 2006, Fründ et al. 2016, Vizentin-Bugoni et al. 2016), nós avaliamos a significância de todas as métricas de rede quantitativas (aninhamento quantitativo, modularidade quantitativa e especialização quantitativa) comparando os resultados obtidos com os de dois modelos nulos, o modelo Patefield (Patefield 1981) e o vaznull (Vázquez et al. 2005). Assim, estimamos o intervalo de confiança de 95% para cada métrica a partir

dos 10.000 valores simulados, e o resultado obtido foi considerado significativo se não se sobrepusesse ao intervalo de confiança. Além de comparar as métricas de rede observadas, também comparamos métricas transformadas em Δ entre os tipos de rede. A transformação Δ é feita subtraindo-se do valor observado do valor médio obtido por múltiplas randomizações. Essa abordagem minimiza as diferenças de amostragem, permitindo comparações (Dalsgaard et al. 2017).

Para relacionar o grau, especialização, força das interações e diversidade de parceiros com duração da floração, número de flores e número de indivíduos, construímos Modelos Lineares Generalizados (GLM) através de função *glm* do pacote básico *stats* (R Core Team, 2018). Para grau inicialmente utilizamos Poisson como distribuição de erros do modelo, mas como foi detectada superdispersão nos resíduos, nós construímos por fim o modelo com distribuição binomial negativa (função *glm.nb* no pacote “MASS”, Venables and Ripley, 2002). Para especialização, força das interações e diversidade de parceiros foi utilizada a distribuição de erros Gaussiana. Um último modelo relacionando especialização com as variáveis categóricas diâmetro e comprimento da corola, tipo floral, cor da flor e tipo do recurso foi construído também com distribuição de erros Gaussiana. A probabilidade dos modelos de GLM foi testada por ANOVA (Type II sums of squares test hypotheses: função *Anova*, pacote “car”, Fox and Weisberg, 2011) Todas as análises e gráficos (função *ggplot*, pacote “ggplot2”, Wickham, 2009) foram feitos no ambiente R (R Core Team 2018).

Para obter os relacionamentos entre as espécies utilizamos filogenia datada de plantas vasculares proposta por Zanne et al. (2014) e atualizada por Qian and Jin (2016), utilizando a função “S.PhyloMaker” (Qian and Jin 2016) no ambiente R. Foi construída uma matriz de distância filogenética entre os terminais utilizando a função “cophenetic.phylo” do pacote “ape” (Paradis et al. 2004). Para avaliar a relação entre atributos florais (tamanho, forma, cor e recurso) e visitantes florais dentro de módulos, utilizamos NMDS (Nonmetric Multidimensional Scaling), conforme utilizado por Maruyama et al. (2015). Calculamos a distância de Gower entre as espécies e esta foi utilizada para medir o quão diferentes são dois registros. A distância é um número entre 0 (idêntico) e 1 (máximo dissimilar) (Legendre & Legendre 1998). Foi realizado um teste de correlação de Pearson das características florais e os três eixos do NMDS. A matriz de dissimilaridade resultante foi utilizada para o cálculo da ordenação do NMDS com a função *metaMDSiter* no pacote “vegan” em R, que identifica uma solução estável utilizando diversos arranques aleatórios com menores valores de estresse (Oksanen et al. 2013).

A rede da comunidade foi representada como gráfico de minimização de energia bipartido (“Kamada-Kawai”, método dos componentes em separado) em que as plantas e animais pertencem a diferentes lados da rede (links são permitidos apenas entre os lados) e os vértices que têm mais links ou que conectam diferentes partes da rede estão posicionados mais perto do centro, confeccionado no programa Pajek 2.02.

Resultados

Registramos 131 espécies de plantas, pertencentes à 41 famílias (Material suplementar), sendo Fabaceae (19 espécies), Asteraceae (16 espécies), Rubiaceae (12 espécies) e Malvaceae (10 espécies) as mais ricas. Flores de 55 espécies receberam visitas, totalizando 238 interações observadas. *Erythroxylum anguifugum* e *Psychotria carthagenensis* foram as espécies que interagiram com o maior número de espécies (21 e 10, respectivamente) e de indivíduos (53 e 16, respectivamente). Um percentual elevado de espécies (32%) apresentou máxima especialização ($d'=1$), ou seja, interagiram com espécie(s) de visitante(s) floral(is) registrada(s) unicamente nestas plantas, incluindo *Adenaria floribunda*, *Banisteriopsis campestris*, *Byttneria filipes*, *Croton sanctae-crucis*, *Desmodium barbatum* e *Eugenia inundata* (Material suplementar).

Foram registradas 80 espécies de visitantes florais, sendo 79 invertebrados (abelhas, besouros, borboletas, formigas, mariposas, moscas/mosquitos, grilos/gafanhotos, bicho-pau e vespas). O beija-flor *Hylocharis chrysura*, foi o único vertebrado observado. Abelhas foi o grupo mais rico com 25 spp. (31,2%, tabela 1), sendo *Apis mellifera* (42), *Trigona fuscipennis* (10) e uma espécie de *Augochloropsis* (9) as espécies mais abundantes. *Apis mellifera* foi a espécie que efetuou o maior número de interações (64) e visitou maior número de espécies (9). Borboletas, mariposas e abelhas tenderam a ser grupos mais especializados (tabela 1).

Tabela 1. Índices de especialização em nível de espécie (d') dos grupos de visitantes florais coletados no Pantanal Sul (sub-região de Aquidauana) em dois anos. Letras diferentes indicam diferenças significativas em especialização média. * Não incluído na análise de comparação.

Grupos amostrados	Número de espécies	Especialização média
Abelha	25	0,46 \pm 1,2a
Beija-flor	1	0,72*
Besouro	9	0,23 \pm 1,2b
Borboleta	5	0,56 \pm 1,4c
Formiga	10	0,13 \pm 4,5b
Mariposa	5	0,54 \pm 4,6c
Mosca/mosquito	7	0,35 \pm 0,2b
Grilo/gafanhoto/bicho-pau	7	0,19 \pm 3,4b
Vespa	11	0,33 \pm 3,2b

O esforço amostral dispensado para os dois anos de coleta foi de 24% (figura 2) e variou entre as estações seca (40%) e chuvosa (20%). Nenhum desses valores pode ser considerado alto, indicando que muitas interações não foram registradas. A rede de interações plantas-visitantes florais apresentou conectância baixa, foi significativamente aninhada, modular e especializada, exceto na estação seca quando o aninhamento não foi significativo (tabela 2, figura 3). Houve variação no número de módulos detectados, na rede geral foram detectados 22 módulos, na estação chuvosa 10 módulos e na estação seca 11 módulos (figura 3). O número de espécies envolvidas foi significativamente menor na estação seca, que apresentou maior nível de especialização (H2') (tabela 2).

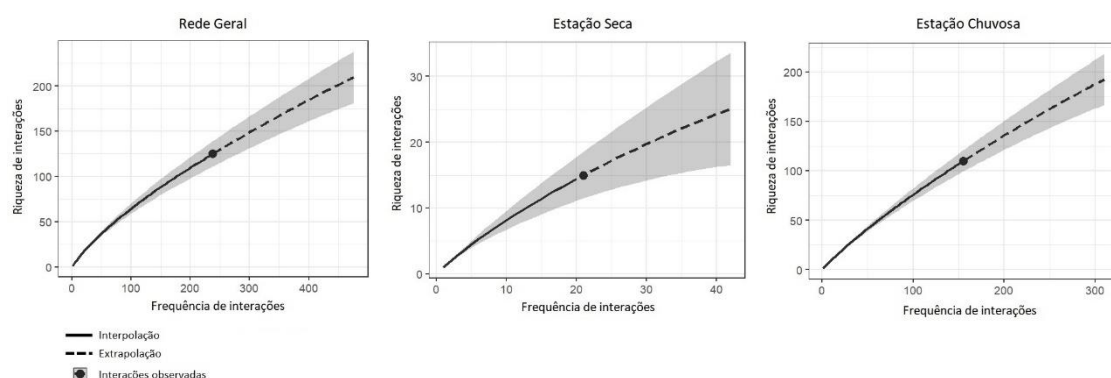


Fig. 2. Gráficos mostrando as curvas de rarefação e extrapolação utilizando números de Hill ($q = 0$) para a rede geral e considerando cada estação (seca e chuvosa). Intervalo de confiança de 95% para cada métrica a partir dos 10.000 valores simulados. As extrapolações são estimadas para até duas vezes o tamanho da amostra de referência, o que é considerado confiável para estimativas de riqueza (Chao et al. 2014).

Rede Chuvosa

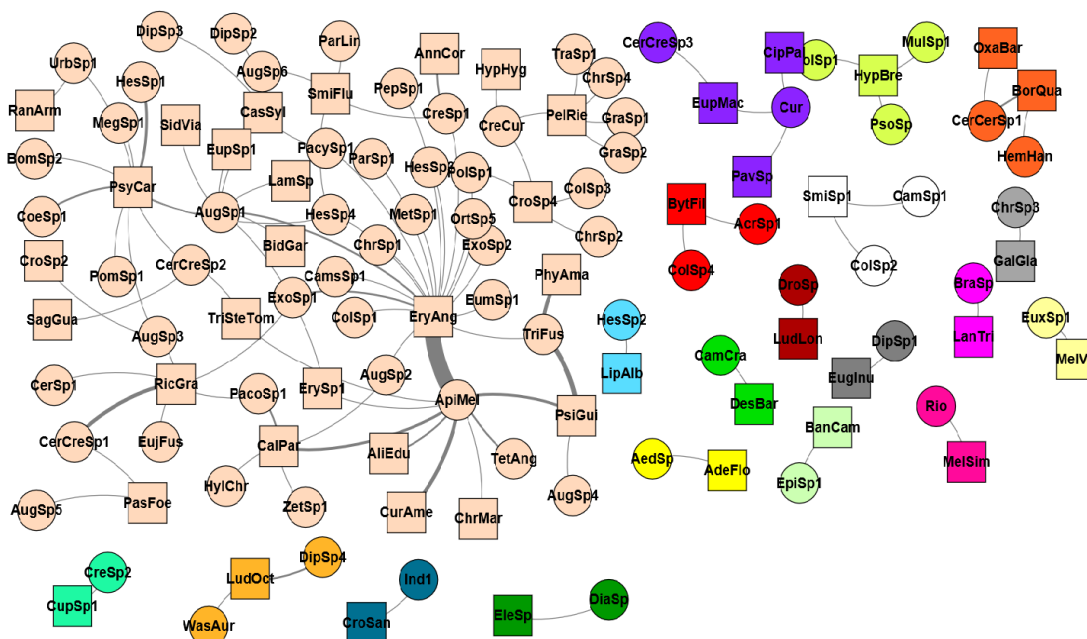


Fig. 3 (continuação). Redes de interações entre plantas e visitantes florais no Pantanal Sul (sub-região de Aquidauana, MS), considerando as duas estações em conjunto (rede geral) e separadamente com as estações seca e chuvosa. Módulos foram representados em cores diferentes, círculos

representam as espécies de animais, quadrados representam as espécies de plantas e espessura das linhas representam a frequência de interações entre o par de espécies (Significado das abreviações no anexo 1).

Dentre as variáveis preditoras analisadas, o número de indivíduos de espécies vegetais esteve correlacionado com o grau, a força de interações e a diversidade de parceiros (tabela 3, figura 4). A diversidade de parceiros também esteve relacionada com o número de flores. A duração da floração não esteve relacionada a nenhuma das variáveis resposta analisadas, assim como a especialização não foi explicada pelos atributos florais analisados (tabela 3).

Espécies aparentadas não foram incluídas nos mesmos módulos (figura 5), indicando que a formação de módulos tem fraca associação com a proximidade filogenética das espécies que constituem a rede na área de estudo. O NMDS das características florais da comunidade de plantas estudada apresentou um valor de estresse de 0,095 ($r^2 = 0,99$). As identidades dos módulos como fatores foram estatisticamente separados na ordenação multidimensional (eixos 1 e 2: $R^2 = 0,84$; $p = 0,001$; eixos 1 e 3: $R^2 = 0,75$, $p = 0,001$; eixos 3 e 3: $R^2 = 0,48$; $p = 0,001$; figura 6). O eixo 1 foi associado ao comprimento da flor ($cor = 0,91$; $p < 0,001$), o eixo 2 associado fracamente ao recurso floral ($cor = 0,43$; $p = 0,02$) e o eixo 3 associado à coloração das flores ($cor = 0,74$; $p < 0,001$).

Tabela 3. Probabilidades associadas do grau, força de interação, diversidade de parceiros e especialização, com as variáveis quantitativas duração da floração, número de flores e número de indivíduos, bem como com as variáveis qualitativas tipo, cor, diâmetro e comprimento da flor e tipo do recurso. Em negrito probabilidades significativas a $P \leq 0.05$.

Variáveis resposta		Variáveis preditoras	χ^2	P
Negative binomial GLM	Grau	Duração da floração	0,37	0,546
		Número de flores	1,65	0,198
		Número de indivíduos	17,19	< 0,001
Gaussian GLM	Força de interação	Duração da floração	0,21	0,645
		Número de flores	1,10	0,294
		Número de indivíduos	10,50	0,001
Gaussian GLM	Diversidade de parceiros	Duração da floração	0,88	0,349
		Número de flores	3,86	0,049
		Número de indivíduos	6,81	0,009
Gaussian GLM	Especialização	Tipo da floral	1,08	0,982
		Cor da flor	1,20	0,977
		Tipo de recurso	3,82	0,578

	Diâmetro da flor	0,43	0,934
	Comprimento da flor	0,28	0,964

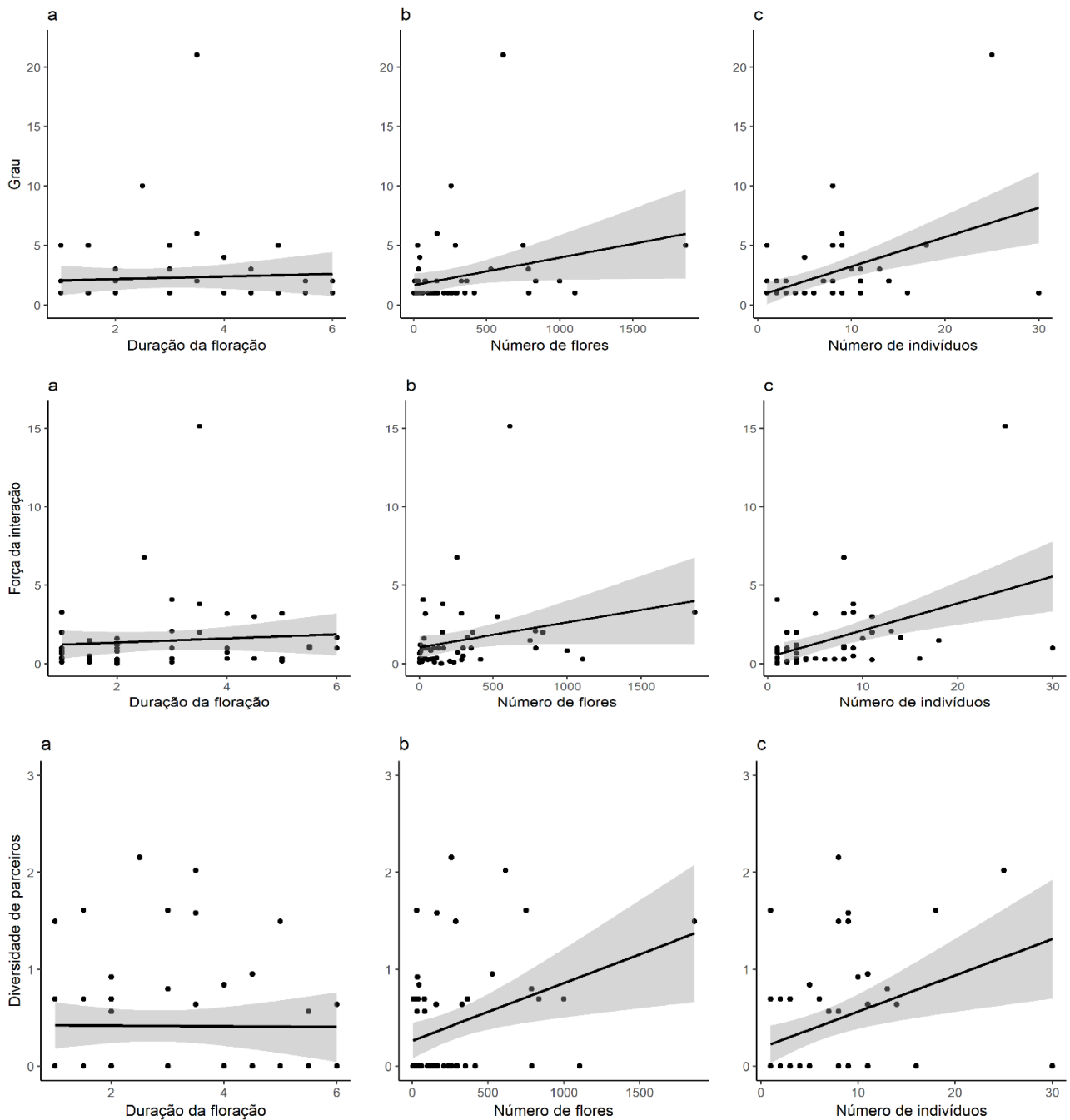


Fig. 4. Relação entre as variáveis preditoras (Duração da floração, número de flores e número de indivíduos) e algumas métricas (Grau, força de interação e diversidade de parceiros) das espécies vegetais envolvidas em interações no Pantanal (sub-região de Aquidauana).

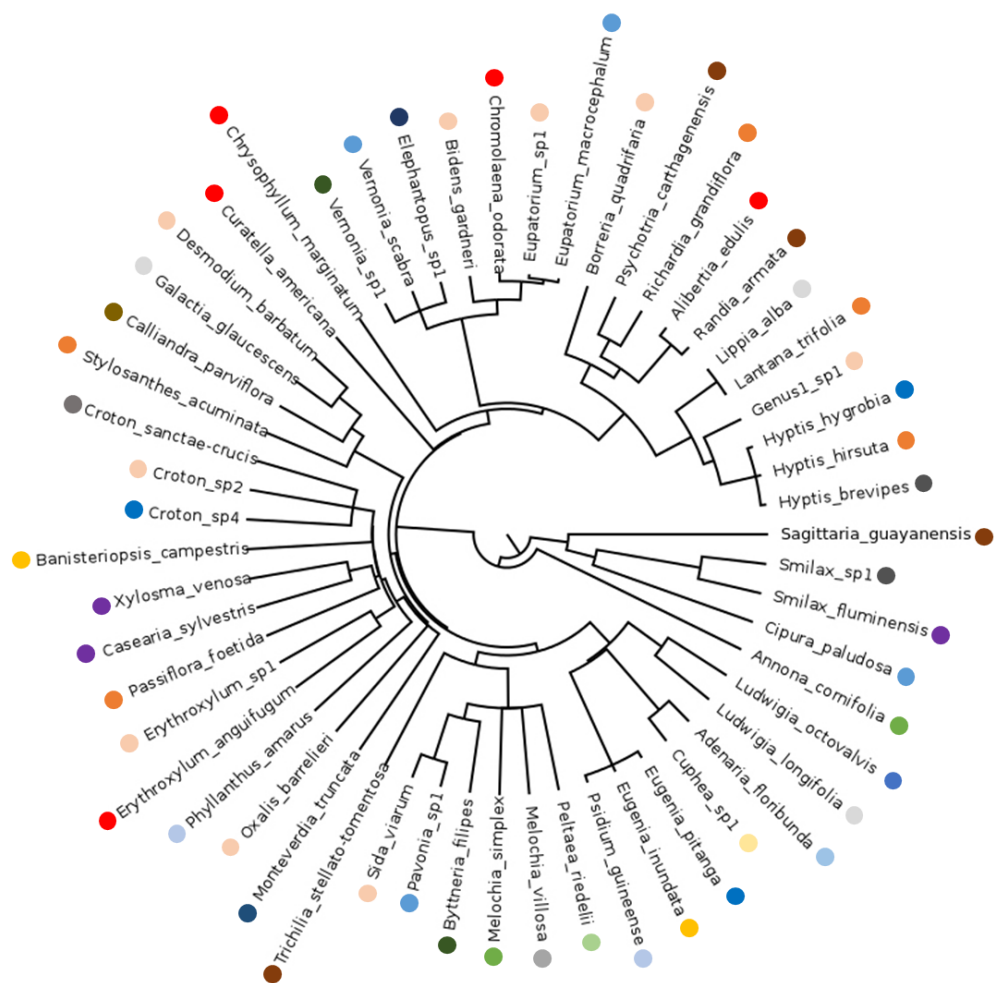


Fig. 5. Filogenia das espécies vegetais que apresentaram interações com visitantes florais na subregião de Aquidauana, Pantanal Sul. Cores iguais indicam mesmo módulo.

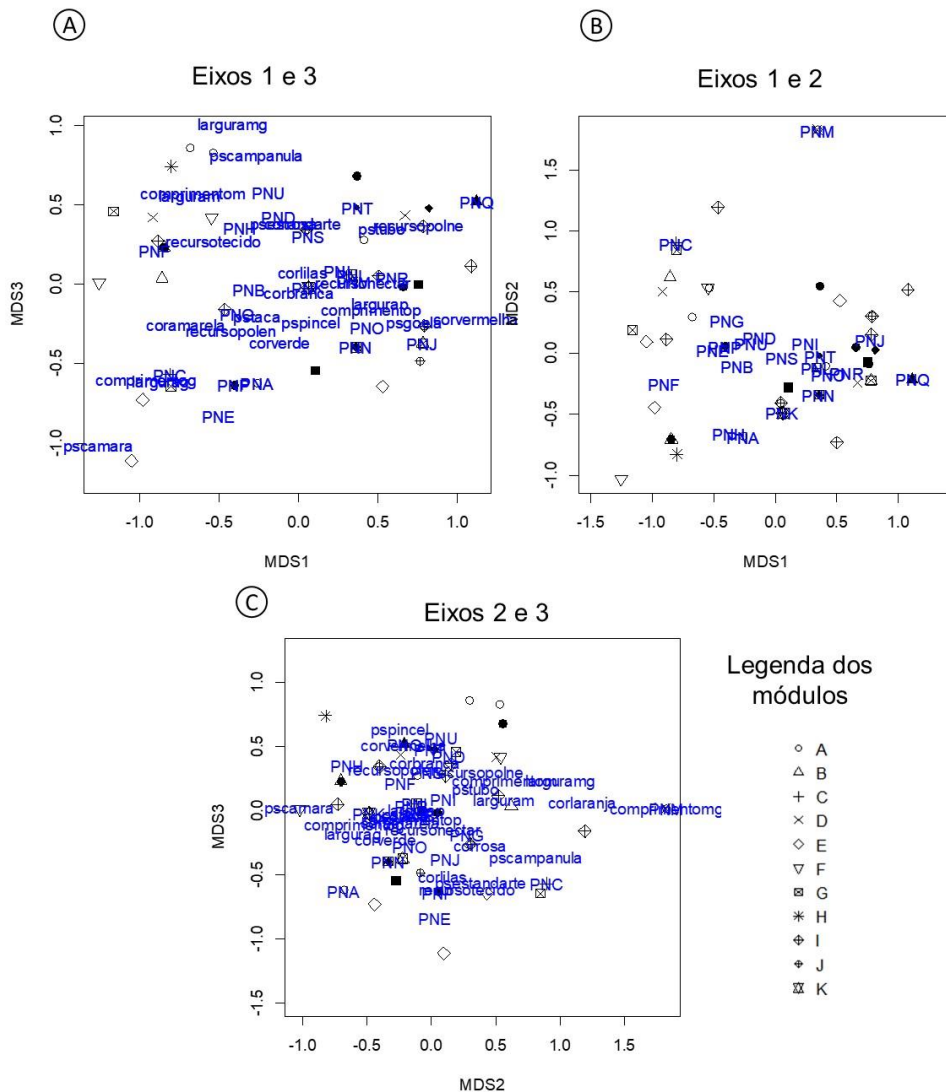


Fig. 6. Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) das características florais de plantas da rede de polinizadores do Pantanal Sul. Pontos representam espécies de plantas em cada um dos onze módulos, os quais são representados por figuras geométricas. As identidades dos módulos foram ajustadas como fatores na ordenação multidimensional.

Discussão

O número de espécies de plantas e visitantes florais registradas interagindo é intermediário a outros estudos no Pantanal e mesmo em outras formações vegetais no Estado de Mato Grosso do Sul (Souza 2018, Souza et al. 2018). O número de espécies vegetais amostradas (131) corresponde a 6,5% das espécies estimadas para o Pantanal e as famílias mais representativas neste estudo figuram entre as mais ricas para o bioma (Pott et al. 2011). De modo geral, os centros mais fortes da rede foram dominados por espécies de plantas ecológica e funcionalmente generalistas com flores de acesso aberto com morfologia e recompensas semelhantes (néctar). Estudos teóricos recentes previram que as espécies generalistas formam a espinha dorsal das redes de polinização, retardando a extinção de espécies especializadas quando as redes são perturbadas (Memmott et al. 2004, 2007, Fortuna and

Bascompte 2006). O elevado percentual de espécies com alta especialização pode ter resultado da insuficiência amostral, uma vez que a maioria das espécies vegetais com alta especialização não possuem atributos restritivos e há registro de outras espécies de visitantes florais para a boa parte delas (ou de espécies cogenéricas) em outros estudos (Aoki and Sigrist 2006, Souza et al. 2018, Souza 2018).

As abelhas como o principal grupo de visitantes florais é esperado, uma vez que a diversidade morfológica e comportamental destes insetos torna possível explorar grande variedade de tipos florais, ao passo que a maioria das espécies de angiospermas possui flores visitadas e polinizadas, principalmente ou exclusivamente, por abelhas (Kerr et al. 1996, Pinheiro et al. 2014). O fato de uma espécie exótica (*A. mellifera*) ser a mais abundante, a que efetuou maior número de interações e com maior grau, requer atenção e indica a necessidade de mais estudos para investigar sua atuação na reprodução das espécies vegetais e sobre as populações de polinizadores nativos. *Apis mellifera* costuma iniciar seu forrageamento antes das flores estarem completamente abertas, coletam grande quantidade de pólen, têm alta taxa de recrutamento e são competidoras particularmente abundantes e dominantes (Goulson 2003, Carmo et al. 2004, Paini 2004, Traveset and Richardson 2006). A atividade apícola causa uma perda comparativa de polinizadores selvagens, por exemplo, vertebrados que visitam flores praticamente desaparecem devido a um esgotamento quase completo de néctar pelas abelhas e uma redução seletiva das interações de generalistas que promovem a coesão entre módulos (Valido et al. 2019). Além disso, a apicultura prejudica os serviços de polinização e o sucesso reprodutivo das plantas (Valido et al. 2019).

O fato de as abelhas apresentarem maiores valores de especialização (também reportado por Souza 2018) pode ser explicado pelo fato de várias espécies vegetais apresentarem recursos florais especializados, como flores de óleo (p.ex. Malpighiaceae) que são visitadas predominantemente por abelhas coletoras de óleo (como Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapediini), ou morfologia mais restritiva a outros grupos de visitantes, como é o caso das flores quilhadas (p.ex. Papilionoideae) que de modo geral dependem de abelhas com força e habilidade para pressionar o estandarte para acessar a câmara nectarífera (Westerkamp 1997) e flores com anteras poricidas (p.ex. Melastomataceae), que dependem de abelhas “vibradoras”, capazes de retirar o pólen (Silberbauer-Gottsberger and Gottsberger 1988). Essas espécies são raramente ou nunca visitadas por outros grupos de polinizadores. Por outro lado, flores com morfologia pouco restritiva (p.ex. tipo prato ou disco) com fácil acesso a recursos (geralmente néctar) estão entre as mais importantes para alguns grupos como formigas, ortópteros e besouros, os quais acabam apresentando menor especialização, alguns dos quais sendo inclusive considerados como visitantes florais não habituais (Corlett 2004).

Conectância incompleta é esperada, uma vez que nem todas as ligações potenciais entre as espécies são observadas (Olesen et al. 2011). As interações não observadas ou estão ausentes mas

existem (exigem mais amostragem ou formas alternativas de detecção para serem verificadas) ou configuram *links* proibidos, os quais permanecerão inobserváveis, independentemente do esforço de amostragem, pois são causados por restrições de ligação (Olesen et al. 2011). Restrições de ligação podem ser causadas por desacoplamento espaço-temporal, incompatibilidade de tamanho ou recompensa, restrições de forrageamento, restrições fisiológico-bioquímicas, etc. (Jordano 1987, Nilsson 1988, Jordano et al. 2006, Blüthgen et al. 2008, Olesen et al. 2008, Stang et al. 2009, Vázquez et al. 2009a). No presente estudo, a conectância incompleta certamente pode ser atribuída ao conjunto de ligações ausentes (devido à insuficiência amostral) e aos links proibidos. Baixa conectância também foi observada por Souza (2018) no Pantanal ($C=0,04-0,08$) e pode ser resultado da especialização das interações, que leva a uma menor proporção de conexões realizadas, e assim, menor será o valor da conectância da rede (Jordano 1987).

A rede analisada mostrou-se aninhada, indicando um sistema assimétrico, onde poucas espécies concentram grande parte das interações e espécies com poucas interações estão conectadas a espécies com muitas interações. Nossos dados indicam que esse aninhamento está relacionado à abundância das espécies vegetais e o número de flores produzidas, uma vez que estas explicam o grau das espécies na rede e a diversidade de parceiros. Obviamente, há necessidade de investigar a rede sob a perspectiva zoocêntrica para suportar tais afirmações. Além da abundância, mosaicos geográficos coevolutivos de interação (Guimarães et al. 2006), alinhamento de características fenotípicas (Stang et al. 2006, Rezende et al. 2007a, Santamaria and Rodriguez-Girones 2007) ou história evolutiva passada (Rezende et al. 2007b), também tem sido sugeridos como fatores que explicam o aninhamento nas redes. Esta é uma característica importante, pois traz estabilidade à rede de interações onde um *core* de espécies generalistas tende a permanecer constante em relação a suas ocorrências (Bascompte and Jordano, 2007; Petanidou et al. 2008).

Modularidade também é um padrão comumente observado em redes de polinizadores e plantas, no entanto, os níveis de modularidade e o número de módulos variam muito, dependendo do tamanho, do tipo da comunidade em questão e da coleta de dados conforme observado por Olesen et al. (2007). Esses mesmos autores, ao analisar 51 redes de polinização, observaram que todas com mais de 150 espécies de plantas e polinizadores eram modulares e nenhuma com menos de 50 espécies possuía esta característica. No presente estudo, os módulos formados não estiveram correlacionados com atributos florais ou traços filogenéticos das plantas. Não foi possível verificar se para animais há correlação, pois o nível de identificação aqui alcançado não permitiu esse tipo de análise. Os processos ecológicos aventados para explicar a modularidade incluem flutuações de recursos sazonais, sobreposição de cronogramas fenológicos em climas altamente sazonais, alta produtividade e diversidade de recursos e características de plantas e animais (Bosch et al. 2009, Donatti et al. 2011, Martín González et al. 2012, 2015, Schleuning et al. 2012, 2014).

Maior especialização no período seco também foi registrada por Souza et al. (2018) em outra subregião do Pantanal. Em ambos os casos esta maior especialização pode estar relacionada com menor riqueza e abundância de recursos florais, que levaram a maiores níveis de particionamento de interação na estação seca, provavelmente devido a maior competição entre as espécies, uma vez que a amplitude de dieta dos polinizadores é uma característica flexível que resulta da adaptação comportamental à disponibilidade de recursos (Fontaine et al. 2008). Essa variação na amplitude da dieta influencia na estabilidade e no funcionamento das redes alimentares (Kondoh 2003).

Neste estudo, verificamos que o número de indivíduos na rede afeta o grau das espécies, a força de suas interações e a diversidade de parceiros, sendo esta última influenciada também pelo número de flores. Grau, força das interações e diversidade de parceiros, por sua vez, influenciam o aninhamento, modularidade e/ou especialização. A abundância relativa das espécies é reconhecida como um dos determinantes do estabelecimento das interações, pois espécies mais abundantes possuem probabilidades maiores de encontrar e interagir com parceiros que aquelas espécies mais raras (processo também chamado de “neutralidade de interação”) (Freitas et al. 2014). Na escala de plantas individuais, segundo a teoria do forrageamento ótimo, os visitantes florais preferem visitar plantas com um número maior de flores, uma vez que estas oferecem uma maior quantidade total de recompensas (e.g. pólen e néctar) (Akter et al. 2017), além disso, eles podem ser detectados a partir de uma distância maior (Giurfa et al. 1996). O mesmo não foi observado para a duração do período de floração. Hipotetizamos que plantas com períodos mais longos de floração também teriam uma probabilidade maior de interagir com parceiros, especialmente em ambientes sazonais, onde os insetos (principais visitantes florais) também apresentam sazonalidade. Esta é uma hipótese que não deve ser descartada, uma vez que a suficiência amostral do presente trabalho foi baixa.

Conclusão

As redes de interação planta-visitantes florais no Pantanal Sul (sub-região de Aquidauana) apresentaram padrões recorrentes para redes mutualísticas, com conectância incompleta, assimetria de interações e foram significativamente aninhadas, modulares e especializadas. O número de indivíduos esteve correlacionado com o grau, a força de interações e a diversidade de parceiros. A diversidade de parceiros também esteve relacionada com o número de flores.

Referências bibliográficas

Akter A, Biella P, Klecka J (2017) Effects of small-scale clustering of flowers on pollinator foraging behaviour and flower visitation rate. PLoS ONE 14: 1-14

- Almeida-Neto M, Ulrich W (2011) A straight forward computational approach for measuring nestedness using quantitative matrices. *Environmental Modelling & Software* 26: 173-178. doi:10.1016/j.envsoft.2010.08.003
- ANA (2005) ANA/ GEF/ PNUMA/ OAS. Strategic Action Program of the Integrated Management of the Pantanal and the Upper Paraguay River Basin – Final Report. Brasília: TDA Desenho e Arte
- Aoki C and Sigrist MR (2006) Inventário dos visitantes florais no Complexo Aporé-Sucuriú. *In* Pagoto TCS. and de Souza PR (orgs.): Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú. Subsídios à conservação e ao manejo do Cerrado. Editora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul 143-162
- Bascompte J, Jordano P, Olesen JM (2006) Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312: 1-3. doi:10.1126/Science.1123412
- Bascompte J, Jordano P (2007) Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 38: 567-593
- Bawa KS, Bullock SH, Perry DR, Coville RE, Grayum MH (1985) Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* 72: 346-356
- Beckett SJ (2016) Improved Community detection in weighted bipartite networks. *Royal Society Open Science* 3: 1-18. doi:10.1098/rsos.140536
- Blüthgen N, Menzel F, Blüthgen N (2006) Measuring specialization in species interaction networks. *Ecology* 6: 1-12
- Blüthgen N, Fründ J, Vásquez DP, Menzel F (2008) What do interaction network metrics tell us about specialization and biological traits? *Ecology* 89: 3387-3399. doi:10.1890/07-2121
- Blüthgen N (2012) Interação plantas-animais e a importância funcional da biodiversidade. *In*: Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva (Del-Claro K, Torezan-Silingardi HM, orgs.). Rio de Janeiro: Technical Books, p. 261-272
- Bosch J, Martín González AM, Rodrigo A, Navarro D (2009) Plant-pollinator networks: adding the pollinator's perspective. *Ecology Letters* 12: 409-419. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01296.x
- Bronstein JL, Alarcón R, Geber M (2006) The evolution of plant-insect mutualisms. *New Phytologist* 172: 412–428. doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01864.x
- Caradonna PJ, Petry WK, Brennan RM, Cunningham JL, Waser NM, Sanders NJ (2017) Interaction rewiring and the rapid turnover of plant-pollinator networks. *Ecology Letters* 20: 385-394. doi:10.1111/ele.12740
- Carmo RM, Franceschinelli EV, Silveira FA (2004) Introduced honeybees (*Apis mellifera*) reduce pollination success without affecting the floral resource taken by native pollinators. *Biotropica* 36: 371-376. doi.org/10.1111/j.1744-7429.2004.tb00329.x

- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences* 345: 101-118. doi:10.1098/rstb.1994.0091
- Corlett RT (2004) Flower visitors and pollination in the Oriental (Indomalayan) Region. *Biological Review* 79: 497-532
- Chacoff NP, Vasquez DP, Lomascolo SB, Stevani EL, Dorado J, Padron B (2012) Evaluating sampling completeness in a desert plant-pollinator network. *Journal of Animal Ecology* 81: 190-200. doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01883.x
- Chao A (1984) Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11: 265-270
- Chao A, Gotelli NJ, Hsieh TC, Sander EL, Ma KH, Colwell RK, Ellison AM (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84: 45-67. doi.org/10.890/13-0133.1
- Dalsgaard B, Schleuning M, Maruyama PK, matthias Dehling D, Sonne J, Vizentin-Bugoni J, Zanata TB, Fieldså J, Böhning-Gaese K, Rahbek C (2017) Opposed latitudinal patterns of network-derived and dietary specialization in avian plant-frugivore interaction systems. *Ecography* 40: 1395-1401. doi.org/10.1111/ecog.02604
- Donatti CI, Guimaraes PR, Galetti M, Pizo MA, Marquiti FMD, Dirzo R (2011) Analysis of a hyper-diverse seed dispersal network: modularity and underlying mechanisms. *Ecology Letters* 14: 773-781. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01639.x
- Dormann CF, Gruber B, Fründ J (2008) Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. *R News* 8: 8-11
- Dormann CF, Fruend J, Bluethgen N, Gruber B (2009) Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal* 2: 7-24. doi: 10.2174 / 1874213000902010007
- Dupont YL, Padrón B, Olesen JM, Petanidou T (2009) Spatio-temporal variation in the structure of pollination networks. *Oikos* 118: 1261-1269. doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17594.x
- Faegri K, van der Pijl L (1979) *The principles of pollination ecology*. 3rd ed. Pergamon Press, Oxford 244p
- Fontaine C, Collin CL, Dajoz I (2008) Generalist foraging of pollinators: diet expansion at high density. *Journal of Ecology* 96: 1002-1010. doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01405.x
- Fortuna MA, Bascompte J (2006) Habitat loss and the structure of plant-animal mutualistic networks. *Ecology Letters* 9: 278-283. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00868.x
- Fox J, Weisberg S (2011) *An {R} Companion to Applied Regression*, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>

- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 20 Mai 2019
- Freitas L, Vizentin-Bugoni J, Wolowski M, Souza JMT, Varassin IG (2014) Interações planta-polinizadores e a estruturação das comunidades. In: Biologia da Polinização (Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC, eds). p. 373-397
- Fründ J, McCann KS, Williams NM (2016) Sampling bias is a challenge for quantifying specialization and network structure: lessons from a quantitative niche model. *Oikos* 125: 502-513. doi:10.1111/oik.02256
- Giurfa M, Vorobyev M, Kevan P, Menzel R (1996) Detection of coloured stimuli by honeybees: minimum visual angles and receptor specific contrasts. *Journal of Comparative Physiology A* 178(5): 699-709. doi.org/10.1007/BF00227381
- Goulson D (2003) Effects of introduction bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 1-26
- Guimarães Jr PR, Guimarães P (2006) Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software*. 21: 1512-1513. doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.04.002
- Guimarães PR, Rico-Gray V, Reis SF, Thompson JN (2006) Asymmetries in specialization in ant-plant mutualistic networks. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 2041-2047. doi.org/10.1098/rspb.2006.3548
- Grindeland JM, Sletvold N, Ims RA (2005) Effects of floral display size and plant density on pollinator visitation rate in a natural population of *Digitalis purpurea*. *Functional Ecology* 19(3): 383-390. doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.00988.x
- Hsieh TC, KH Ma, A Chao (2014) CRAN – Package iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. R package version 2.0 Available at: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download>
- Jordano P (1987) Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist* 129: 657-677. doi: 10.1086/284665
- Jordano P, Bascompte J, Olesen JM (2003) Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters* 6: 69-81. doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00403.x
- Jordano P, Bascompte J, Olesen JM (2006) The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. In *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization* (eds Waser N.M., Ollerton J., editors.), pp. 173-199 Chicago, IL: University of Chicago Press

- Jordano P (2016) Sampling networks of ecological interactions. *Functional Ecology* 30: 1883-1893. doi.org/10.1111/1365-2435.12763
- Kaiser-Bunbury CN, Blüthgen N (2015) Integrating network ecology with applied conservation: a synthesis and guide to implementation. *AoB PLANTS* 7: plv076. doi:10.1093/aobpla/plv076
- Kerr WE, Carvalho GA, Nascimento VA (1996) *Abelha Uruçu: biologia, manejo e conservação*. Belo Horizonte-MG, Ed. Fundação Acangaú, 144pp
- Kondoh M (2003) Foraging adaptation and the relationship between food-web complexity and stability. *Science* 299: 1388-1391. doi: 10.1126/science.1079154
- Klinkhamer, P. G. L. and de Jong, T. L. 1990. Effects of plant density and sex differential reward visitation in the protandrous *Echium vulgare* (Boraginaceae). *Oikos* 57: 399-405. doi: 10.2307/3565970
- Krishna A, Guimarães Jr PR, Jordano P, Bascompte J (2008) A neutral-niche theory of nestedness in mutualistic networks. *Oikos* 117: 1609-1618. doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.16540.x
- Legendre P, Legendre L (1998) *Numerical ecology*, 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Scientific.
- Lewinsohn TM, Prado PI, Jordano P, Bascompte J, Olesen JM (2006) Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos* 113: 174-184. doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14583.x
- Machado IC, Lopes AV (2004) Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* 94: 365-376. doi.org/10.1093/aob/mch152
- Marquiti FMD, Guimarães Jr PR, Pires MM, Bittencourt LF (2014) MODULAR: software for the autonomous computation of modularity in large network sets. *Ecography* 37: 221-224. doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00506.x
- Martín González AM, Allesina S, Rodrigo A, Bosch J (2012) Drivers of compartmentalization in a Mediterranean pollination network. *Oikos* 121: 2001-2013. doi.org/10.1111/j.1600-0706.2012.20279.x
- Martín González AM, Dalsgaard B, Nogués-Bravo D, et al (2015) The macroecology of phylogenetically structured hummingbird-plant networks. *Global Ecology and Biogeography* 24: 1212-1224. doi.org/10.1111/geb.12355
- Maruyama PK, Vizentin-Bugoni J, Oliveira GM, Oliveira PE, Dalsgaard B (2014) Morphological and spatio-temporal mismatches shape a Neotropical savana plant-hummingbird network. *Biotropica* 46(6): 740-747. doi: 10.1111/btp.12170
- Maruyama P K, Vizentin-Bugoni J, Dalsgaard B, Sazima I, Sazima M (2015) Nectar robbery by a hermit hummingbird: association to floral phenotype and its influence on flowers and network structure. *Oecologia* 178: 783–793. doi.org/10.1007/s0044
- Maués MM (2014) Economia e polinização: custos, ameaças e alternativas. In: *Biologia da Polinização* (Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC, eds). p.461-481

- Memmott J, Waser NM, Price MV (2004) Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society B* 271: 2605-2611. doi.org/10.1098./rspb.2004.2909
- Memmott J, Craze PG, Waser NM, Price MV (2007) Global warning and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*: 10: 710-717. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x
- MMA (2006) http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/lista_polinizadores.pdf
- Nilsson LA (1988) The evolution of flowers with deep corolla tubes. *Nature* 334: 147-149. doi.org/10.1038/334147a0.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H (2013) *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321-326. doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x
- Olesen JM, Bascompte J, Dupont YL, Jordano P (2007) The modularity of pollination networks. *PNAS, Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 19891-19896. doi.org/10.1073/pnas.0706375104
- Olesen JM, Bascompte J, Elberling H, Jordano P (2008) Temporal dynamics of a pollination network. *Ecology* 89: 1573-1582. doi.org/10.1890/07-0451.1
- Olesen JM, Bascompte J, Dupont YL, Elberling H, Rasmussen C, Jordano P (2011) Missing and forbidden links in mutualistic networks. *Proceedings of the Royal Society B* 278: 725–732. doi.org/10.1098/rspb.2010.1371
- Paini DR (2004) Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: a review. *Austral Ecology* 29: 399-407. doi.org/10.1111/j.1442-9993.2004.01376.x
- Paradis E, Claude J, Strimmer K (2004) APE: analyses of phylogenetics and evolution in R language. *Bioinformatics* 20(2): 289-290. doi.org/10.1093/bioinformatics/btg412
- Patefield WM (1981) Algorithm AS 159: An efficient method of generating random R x C tables with given row and column totals. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* 30: 91-97
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences* 11(5): 1633-1644. doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007
- Petanidou T, Kallimanis AS, Tzanopoulos J, Sgardelis SP, Pantis JP (2008) Long-term observation of a pollination network: Fluctuation in species and interactions, relative invariance of network structure and implications for estimates of speciation. *Ecology Letters* 11: 564-575. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01170.x

- Pinheiro M, Gaglianone MC, Nunes CEP, Sigrist MR, Santos IA (2014) Polinização por abelhas. In: *Biologia da Polinização* (Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC, eds). p. 205-233
- Pivatto MAC, Bernardon G, Endrigo E (2012) *Guia fotográfico. Aves do Pantanal*. São Paulo: Aves & Fotos Editora
- Pott A, Oliveira AKM, Damasceno-Junior GA, Silva JSV (2011) Plant diversity of the Pantanal wetland. *Brazilian Journal of Biology* 71(1, Suppl.1): 265-273. doi.org/10.1590/S1519-69842011000200005
- Proctor M, Yeo P, Lack A (1996) *The natural history of pollination*. Timber Press. Portland
- Qian H, Jin Y (2016) An updated megaphylogeny of plants, a tool for generating plant phylogenies and analysis of phylogenetic community structure. *Journal of Plant Ecology* 9(2): 233-239. doi: 10.1093/jpe/rtv047
- R Development Core Team (2016) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Available at <[https:// www.r-project.org/](https://www.r-project.org/)>. Access on 19 November 2018
- R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Ramírez-Burbano MB, Stiles FG, González C, Amorim FW, Dalsgaard B, Maruyama PK (2017) The role of the endemic and critically endangered Colorful Puffleg *Eriocnemis mirabilis* in plant-hummingbird networks of the Colombian Andes. *Biotropica* 49: 555-564. doi:10.1111/btp.12442
- Rech AR, Avila Jr RS, Schlindwein C (2014) Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: *Biologia da Polinização* (Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC, eds). p.171-181
- Rezende EL, Jordano P, Bascompte J (2007a) Effects of phenotypic complementarity and phylogeny on the nested structure of mutualistic networks. *Oikos* 116: 1919-1929. doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.16029.x
- Rezende EL, Lavabre JE, Guimarães PR, Jordano P, Bascompte J (2007b) Non-random coextinctions in phylogenetically structured mutualistic networks. *Nature* 448: 925-928. doi.org/10.1038/nature05956
- Rico-Gray V, Oliveira PS. 2007. *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. Chicago: University of Chicago Press
- Rohli RV, Vega AJ (2008) *Climatology*. Jones and Bartlett: Boston
- Santamaria L, Rodriguez-Girones MA (2007) Linkage rules for plant-pollinator networks: trait complementarity or exploitation barriers? *PLoS Biology*. 5(2): e 31. doi: 10.1371/journal.pbio.0050031

- Santos IA, Aizen M, Silva CI (2014) Conservação dos polinizadores. In: Biologia da Polinização (Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC, eds). p. 493-524
- Silberbauer-Gottsberger I, Gottsberger GA (1988) A polinização de plantas do cerrado. Revista Brasileira de Biologia 48(4): 651-663
- Sigrist T (2007) Guia de Campo: Aves do Brasil Oriental. 1ª Edição, Vol. 1. São Paulo-SP. 448 pp
- Sigrist MR, Aoki C, Souza CS, Laroca S, Maier JE, Vicente MR, Oda FH, Consolaro HN (2017) Listagem da entomofauna antófila do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Iheringia, Série Zoologia 107(SUPL.): 1-15. doi: 10.1590/1678-4766e2017150
- Simpson BB, Neff JL (1981) Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. Annals of the Missouri Botanical Garden 68(2): 301-322. doi: 10.2307/2398800
- Souza CS, Aoki C, Ribas A, Pott A, Sigrist MR (2016) Floral traits as potential indicators of pollination vs. theft. Rodriguésia 67(2): 309-320. doi: 10.1590/2175-7860201667203
- Souza CS (2018) Redes de interações planta-polinizador em ecossistemas sazonais do Brasil Central. Tese, Universidade Federal de mato Grosso do Sul
- Souza CS, Maruyama PK, Aoki C, Sigrist MR, Raizer J, Gross C, Araujo AC (2018) Temporal variation in plant-pollinator networks from seasonal tropical environments: Higher specialization when resources are scarce. Journal of Ecology 106: 2409-2420. doi:10.1111/1365-2745.12978
- Schleuning M, Fründ J, Klein AM et al (2012) Specialization of mutualistic interaction networks decreases toward tropical latitudes. Current Biology 22: 1925-1931. doi.org/10.1016/j.cub.2012.08.015
- Schleuning M, Ingmann L, Strauß R et al (2014) Ecological, historical and evolutionary determinants of modularity in weighted seed-dispersal networks. Ecology Letters 17: 454-463. doi.org/10.1111/ele.12245
- Stang M, Klinkhamer PGL, van der Meijden E (2006) Size constraints and flower abundance determine the number of interactions in a plant-flower visitor web. Oikos 112: 111-121. doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14199.x
- Stang M, Klinkhamer PGL, Waser NM, Stang I, Meijden EVD (2009) Size-specific interaction patterns and size matching in a plant-pollinator interaction web. Annals of Botany 103(9): 1459-1469. doi: 10.1093/aob/mcp027
- Stehmann JR, Semir J (2001) Biologia reprodutiva de *Calibrachoa elegans* (Miers) Stehmann & Semir (Solanaceae). Revista Brasileira de Botânica 24: 43-49
- Traveset A, Richardson DM (2006) Biological invasions as disruptors of plant-animal reproductive mutualisms. Trends in Ecology and Evolution 21: 208-216. doi.org/10.1016/j.tree.2006.01.006
- Trøjelsgaard K, Olesen J (2016) Ecological networks in motion: Micro -and macroscopic variability across scales. Functional Ecology 30: 1926-1935. doi.org/10.1111/1365-2435.12710

- Valido A, Rodríguez-Rodríguez MC, Jordano P (2019) Honeybees disrupt the structure and functionality of plant-pollinator networks. *Scientific Reports* 9: 4711. doi.org/10.1038/s41598-019-41271-5
- Vázquez DP, Morris WF, Jordano P (2005) Interaction frequency as a surrogate for the total effect of animal mutualists on plants. *Ecology Letters* 8: 1088-1094. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00810.x
- Vázquez DP, Blüthgen N, Cagnolo L, Chacoff NP (2009a) Uniting pattern and process in plant-animal mutualistic networks: a review. *Annals of Botany* 103: 1445-1457. doi.org/10.1093/aob/mcp057
- Vásquez DP, Chacoff NP, Cagnolo L (2009b) Evaluating multiple determinants of the structure of plant-animal mutualistic networks. *Ecology* 90: 2039-2046. doi:10.1890/08-1837.1
- Venables WN, Ripley BD (2002) *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York
- Vizentin-Bugoni J, Maruyama PK, Sazima M (2014) Processes entangling interactions in communities: Forbidden links are more important than abundance in a hummingbird-plant network. *Proceedings of the Royal Society B* 281: 20132397. doi.org/10.1098/RSPB.2013.2397
- Vizentin-Bugoni J, Maruyama PK, Debastiani VJ, Duarte LDS, Dalsgaard B, Sazima M (2016) Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant-hummingbird network. *Journal of Animal Ecology* 85: 262-272. doi.org/10.1111/1365-2656.12459
- Vizentin-bugoni J, Maruyama PK, Souza CS, Ollerton J, Rech AR, Sazima M (2018) Plant-pollinator networks in the tropics: a review. In Dáttilo W. & Rico-Gray V. *Ecological networks in the Tropics* 73-91. doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0_6
- Waser NM, Ollerton J, eds. (2006) *Plant–pollinator interactions: from specialization to generalization*. Chicago: University of Chicago Press 98(4): 899-900. doi: 10.1093/aob/mcl174
- Westerkamp C (1997) Keel blossoms: bee flowers with adaptations against bees. *Flora* 192: 125-132. doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30767-3
- Wickham H (2009) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York
- Woodward G, Benstead JP, Beveridge OS (2010) Ecological networks in a changing climate. *Advanced in Ecological Research* 42: 72–138. doi: 10.1016/B978-0-12-381363-3.00002-2
- Zanne AE, Tank DC, Cornwel WK, Eastman JM, Smith SA, FitzJohn RG, McGlinn DJ, O’Meara BC, Moles AT, Reich PB, Royer DL (2014) Three keys to the radiation of angiosperms into freezing environments. *Nature* 506(7486): 89-92. doi.org/10.1038/nature12872

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 1. Famílias e espécies de plantas registradas no Pantanal de Aquidauana (MS), com os respectivos tempos de observação, nível de especialização e visitantes florais amostrados.

Família	Espécie vegetal	Tempo de observação (minutos)	Especialização	Espécies de visitante floral (% atuação como polinizador/pilhador)
Acanthaceae	<i>Justicia</i> sp.	55		
Acanthaceae	<i>Ruellia geminiflora</i>	210		
Alismataceae	<i>Echinodorus cylindricus</i>	15		
Alismataceae	<i>Limnocharis flava</i>	90		
Alismataceae	<i>Sagittaria guayanensis</i>	110	0.6666667	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp.2 (0/100)
Amaryllidaceae	<i>Habranthus pantanalensis</i>	15		
Annonaceae	<i>Annona cornifolia</i>	30	0.8511224	<i>Crematogaster</i> sp.1 (0/100)
Asteraceae	Asteraceae sp.1	30		
Asteraceae	Asteraceae sp.2	95		
Asteraceae	<i>Bidens gardneri</i>	230	0.8152711	<i>Augochloropsis</i> sp.1 (100/0), <i>Dryadula phaetusa</i> (50/50)
Asteraceae	<i>Chromolaena christieana</i>	90		
Asteraceae	<i>Chromolaena odorata</i>	200	0.3123771	<i>Apis mellifera</i> (100/0), <i>Heliconius erato</i> (100/0), <i>Bombus</i> sp.1 (100/0)
Asteraceae	<i>Chromolaena squalida</i>	15		
Asteraceae	<i>Elephantopus</i> sp.	20	1	<i>Dialictus</i> sp. (0/100)
Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i>	40		
Asteraceae	<i>Erechtites hieracifolius</i>	160		
Asteraceae	<i>Erechtites</i> sp.1	20		
Asteraceae	<i>Eupatorium macrocephalum</i>	15	0.7415037	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp.3 (0/100), Curculionidae (0/100)
Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.1	10	0.4716792	<i>Augochloropsis</i> sp.1 (100/0)
Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.2	15		
Asteraceae	<i>Mikania capricorni</i>	30		
Asteraceae	<i>Vernonia scabra</i>	160	0.8333333	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp.3 (100/0)
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp.	30	1	<i>Adelpha cf. iphiclus</i> (100/0)

Família	Espécie vegetal	Tempo de observação (minutos)	Especialização	Espécies de visitante floral (% atuação como polinizador/pilhador)
Bromeliaceae	<i>Bromelia balansae</i>	20		
Cannabaceae	<i>Celtis</i> sp.	20		
Celastraceae	<i>Monteverdia truncata</i>	25	1	<i>Camponotus</i> sp.2 (0/100)
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	95	0.340497	<i>Apis mellifera</i> (100/0)
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum anguifugum</i>	350	0.4512742	<i>Apis mellifera</i> (100/0), Indeterminada 2 (0/100), <i>Exomalopsis</i> sp.1 (100/0), Coleoptera sp.1 (0/100), <i>Trigona fuscipennis</i> (100/0), <i>Metapolybia</i> sp.1 (100/), <i>Polistes</i> sp.1 (0/100), <i>Eumeninae</i> sp.1 (0/100), Hesperidae sp.4 (100/0), <i>Paratetrapedia</i> sp.1 (100/0), <i>Tetragonisca angustula</i> (100/0), Chrysomelidae sp.1 (0/100), Orthoptera sp.5 (0/100), <i>Crematogaster</i> sp.1 (0/100), <i>Augochloropsis</i> sp.1 (100/0), <i>Pachymenes</i> sp.1 (100/0), <i>Campsomeris</i> sp.1 (100/0), Hesperidae sp.3 (0/100), <i>Exomalopsis</i> sp.2 (100/0), <i>Pepsis</i> sp.1 (100/0)
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.1	60	0.0830075	<i>Augochloropsis</i> sp.1 (100/0), <i>Apis mellifera</i> (100/0)
Euphorbiaceae	<i>Croton glandulosus</i>	165		
Euphorbiaceae	<i>Croton sanctae-crucis</i>	15	1	Indeterminada 1 (100/0)
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.1	10		
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.2	60	0.7358396	<i>Augochloropsis</i> sp.3 (100/0)
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.3	30		
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.4	170	0.853217	<i>Crematogaster cf. curvispinosa</i> (0/100), Chrysomelidae sp.2 (0/100), <i>Polistes</i> sp.1 (100/0), Coleoptera sp.3 (0/100)
Euphorbiaceae	<i>Sapium obovatum</i>	10		
Fabaceae	<i>Aeschynomene falcata</i>	90		
Fabaceae	<i>Arachis</i> sp.1	20		
Fabaceae	<i>Calliandra parviflora</i>	90	0.4783792	<i>Augochloropsis</i> sp.2 (100/0), <i>Zethus</i> sp.1 (100/0), <i>Pachodynerus</i> sp.1 (100/0), <i>Apis mellifera</i> (100/0), <i>Hylocharis chrysura</i> (100/0)
Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i>	30		
Fabaceae	<i>Crotalaria pallida</i>	10		
Fabaceae	<i>Crotalaria</i> sp.	30		

Família	Espécie vegetal	Tempo de observação (minutos)	Especialização	Espécies de visitante floral (% atuação como polinizador/pilhador)
Fabaceae	<i>Desmodium barbatum</i>	135	1	<i>Camponotus crassus</i> (0/100)
Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i>	15		
Fabaceae	<i>Galactia glaucescens</i>	125	1	Chrysomelidae sp.3 (0/100)
Fabaceae	<i>Galactia</i> sp.1	10		
Fabaceae	<i>Indigofera lespedezioides</i>	15		
Fabaceae	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	30		
Fabaceae	<i>Mimosa debilis</i>	15		
Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.1	10		
Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.2	10		
Fabaceae	Papilionoideae sp.1	10		
Fabaceae	Papilionoideae sp.2	40		
Fabaceae	Papilionoideae sp.3	10		
Fabaceae	<i>Stylosanthes acuminata</i>	90	1	Phasmatodea sp. (0/100)
Gentianaceae	<i>Schultesia guianensis</i>	15		
Iridaceae	<i>Cipura paludosa</i>	480	0.7358396	Curculionidae (0/100)
Lamiaceae	<i>Hyptis brevipes</i>	330	1	<i>Psorophora</i> sp. (0/100), <i>Solenopsis</i> sp.1 (0/100), mosca/mosquito (100/0), Multilidae sp.1 (100/0)
Lamiaceae	<i>Hyptis hirsuta</i>	180	0.638529	<i>Brachymyrmex</i> sp. (0/100)
Lamiaceae	<i>Hyptis hygrobia</i>	150	0.4599121	<i>Crematogaster cf. curvispinosa</i> (0/100)
Lamiaceae	<i>Hyptis lorentziana</i>	15		
Lamiaceae	<i>Hyptis recurvata</i>	15		
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.1	25		
Lamiaceae	Lamiaceae sp.	50	0.4716792	<i>Augochloropsis</i> sp.1 (100/0)
Lamiaceae	<i>Mesosphaerum suaveolens</i>	315		
Lentibulariaceae	<i>Utricularia foliosa</i>	30		
Lythraceae	<i>Adenaria floribunda</i>	40	1	<i>Aedes</i> sp. (0/100)
Lythraceae	<i>Cuphea</i> sp.1	680	1	<i>Crematogaster</i> sp.2 (0/100)
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis campestris</i>	15	1	<i>Epicharis</i> sp.1 (100/0)

Família	Espécie vegetal	Tempo de observação (minutos)	Especialização	Espécies de visitante floral (% atuação como polinizador/pilhador)
Malpighiaceae	<i>Byrsonima cydoniifolia</i>	50		
Malpighiaceae	<i>Galphimia australis</i>	25		
Malpighiaceae	Malpighiaceae sp.2	10		
Malpighiaceae	<i>Niedenzuella stannea</i>	15		
Malvaceae	<i>Byttneria filipes</i>	45	1	Coleoptera sp.4 (0/100), Acrididae sp.1 (0/100)
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	10		
Malvaceae	Malvaceae sp.1	10		
Malvaceae	Malvaceae sp.2	10		
Malvaceae	<i>Melochia simplex</i>	165	1	Riodinidae (0/100)
Malvaceae	<i>Melochia villosa</i>	45	1	<i>Euxiphidion</i> sp.1 (0/100)
Malvaceae	<i>Pavonia</i> sp.	30	0.7358396	Curculionidae (0/100)
Malvaceae	<i>Peltaea riedelii</i>	90	0.8186502	<i>cf. Trachymyrmex</i> sp.1 (0/100), Chrysomelidae sp.4 (0/100), <i>Crematogaster cf. curvispinosa</i> (0/100), <i>Grammadera</i> sp.1 (0/100), <i>Grammadera</i> sp.2 (0/100)
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	15		
Malvaceae	<i>Sida viarum</i>	40	0.4716792	<i>Augochloropsis</i> sp.1 (100/0)
Melastomataceae	<i>Acisanthera variabilis</i>	35		
Melastomataceae	<i>Desmocelis villosa</i>	30		
Melastomataceae	<i>Rhynchanthera novemnervia</i>	10		
Meliaceae	<i>Trichilia stellato-tomentosa</i>	75	0.2	<i>Apis mellifera</i> (100/0), <i>Ceratina (Crewella)</i> sp.2 (100/0)
Myrtaceae	<i>Eugenia cf. biflora</i>	10		
Myrtaceae	<i>Eugenia inundata</i>	90	1	Diptera sp.1 (0/100)
Myrtaceae	<i>Eugenia pitanga</i>	45	0.38326	<i>Crematogaster cf. curvispinosa</i> (0/100)
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	125	0.4260621	<i>Trigona fuscipennis</i> (0/100), <i>Apis mellifera</i> (100/0), <i>Augochloropsis</i> sp.4 (0/100)
Ochnaceae	<i>Sauvagesia erecta</i>	180		
Onagraceae	<i>Ludwigia longifolia</i>	30	0.9249579	<i>Drosophyla</i> sp. (0/100)
Onagraceae	<i>Ludwigia nervosa</i>	10		
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i>	445	1	Diptera sp.4 (0/100), <i>Wasmania cf. auroponctata</i> (0/100)

Família	Espécie vegetal	Tempo de observação (minutos)	Especialização	Espécies de visitante floral (% atuação como polinizador/pilhador)
Onagraceae	<i>Ludwigia rigida</i>	30		
Oxalidaceae	<i>Oxalis cf. barrelieri</i>	90	0.7358396	<i>Ceratina (Ceratinula) sp.1</i> (0/100)
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp.</i>	50		
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i>	30	0.7678072	<i>Augochloropsis sp.5</i> (100/0), <i>Ceratina (Crewella) sp.1</i> (100/0)
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus cf. amarus</i>	30	0.6598036	<i>Trigona fuscipennis</i> (100/0)
Plantaginaceae	<i>Bacopa salzmännii</i>	30		
Polygalaceae	<i>Asemeia extraaxillaris</i>	30		
Pontederiaceae	<i>Pontederia</i>	10		
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	10		
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	75	0.1115835	<i>Ceratina (Crewella) sp.2</i> (100/0), <i>Apis mellifera</i> (0/100)
Rubiaceae	<i>Borreria cf. brachystemonoides</i>	120		
Rubiaceae	<i>Borreria quadrifaria</i>	375	0.9146068	<i>Hemiargus hanno</i> (100/0), <i>Ceratina (Ceratinula) sp.1</i> (100/0)
Rubiaceae	<i>Chomelia obtusa</i>	40		
Rubiaceae	<i>Chomelia pohliana</i>	75		
Rubiaceae	<i>Psychotria carthagenensis</i>	195	0.797961	<i>Bombus sp.2</i> (100/0), <i>Urban sp.1</i> (0/100), <i>Hesperiidae sp.1</i> (0/100), <i>Ceratina (Crewella) sp.2</i> (100/0), <i>Coelioxys sp.1</i> (100/0), <i>Megachile sp.1</i> (100/0), <i>Pompilidae sp.1</i> (100/0), <i>Augochloropsis sp.3</i> (100/0), <i>Augochloropsis sp.1</i> (100/0), <i>Hesperiidae sp.4</i> (100/0)
Rubiaceae	<i>Randia armata</i>	200	0.6666667	<i>Urban sp.1</i> (100/0)
Rubiaceae	<i>Richardia grandiflora</i>	180	0.8129636	<i>Eujivarus fusiformes</i> (0/100), <i>Exomalopsis sp.1</i> (100/0), <i>Ceratina (Crewella) sp.1</i> (100/0), <i>Pachodynerus sp.1</i> (100/0), <i>Augochloropsis sp.3</i> (100/0), <i>Cerceris sp.1</i> (100/0)
Rubiaceae	Rubiaceae	30		
Rubiaceae	<i>Sipanea pratensis</i>	135		
Rubiaceae	<i>Spermacoce eryngioides</i>	60		
Rubiaceae	<i>Staelia sp.</i>	20		
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	25		

Família	Espécie vegetal	Tempo de observação (minutos)	Especialização	Espécies de visitante floral (% atuação como polinizador/pilhador)
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	100	0.8193078	<i>Pachymenes</i> sp.1 (100/0), <i>Augochloropsis</i> sp.1 (100/0), <i>Augochloropsis</i> sp.6 (100/0), Diptera sp.2 (100/0), Diptera sp.3(100/0)
Salicaceae	<i>Xylosma venosa</i>	30	0.7415037	<i>Tetragonisca angustula</i> (100/0), <i>Paratrigona lineata</i> (100/0)
Sapindaceae	<i>Serjania caracasana</i>	15		
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i>	30	0	<i>Apis mellifera</i> (100/0)
Smilacaceae	<i>Smilax fluminensis</i>	225	0.5264991	<i>Crematogaster</i> sp.1 (0/100), Hesperidae sp.4 (100/0), <i>Augochloropsis</i> sp.6 (100/0), <i>Drosophyla</i> sp. (0/100), <i>Paratrigona lineata</i> (100/0)
Smilacaceae	<i>Smilax</i> sp.1	40	1	<i>Camponotus</i> sp.1 (0/100), Coleoptera sp.2 (0/100)
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	10		
Turneraceae	<i>Cf. Turnera</i> sp.	10		
Turneraceae	<i>Turnera coerulea</i>	60		
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i>	210		
Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i>	90	0.8810519	<i>Brachymyrnex</i> sp. (0/100)
Verbenaceae	<i>Lippia alba</i>	60	1	Hesperidae sp.2 (100/0)
Verbenaceae	<i>Lippia</i> sp.1	165		

Anexo 1

Espécies vegetais	Abreviação
<i>Adenaria floribunda</i>	AdeFlo
<i>Alibertia edulis</i>	AliEdu
<i>Annona cornifolia</i>	AnnCor
<i>Banisteriopsis campestris</i>	BanCam
<i>Bidens gardneri</i>	BidGar
<i>Borreria quadrifaria</i>	BorQua
<i>Byttneria filipes</i>	BytFil
<i>Calliandra parviflora</i>	CalPar
<i>Casearia sylvestris</i>	CasSyl
<i>Chromolaena odorata</i>	ChrOdo
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	ChrMar
<i>Cipura paludosa</i>	CipPal
<i>Croton santaecrucis</i>	CroSan
<i>Croton</i> sp.2	CroSp2
<i>Croton</i> sp.4	CroSp4
<i>Cuphea</i> sp.1	CupSp1
<i>Curatella americana</i>	CurAme
<i>Desmodium barbatum</i>	DesBar
<i>Elephantopus</i> sp.	EleSp
<i>Erythroxylum anguifugum</i>	EryAng
<i>Erythroxylum</i> sp.1	ErySp1
<i>Eugenia inundata</i>	EugInu
<i>Eugenia pitanga</i>	EugPit
<i>Eupatorium macrocephalum</i>	EupMac
<i>Eupatorium</i> sp.1	EupSp1
<i>Galactia glaucescens</i>	GalGla
<i>Hyptis brevipes</i>	HypBre
<i>Hyptis hirsuta</i>	HypHir
<i>Hyptis hygrobia</i>	HypHyg
<i>Lamiaceae</i> sp.	LamSp
<i>Lantana trifolia</i>	LanTri
<i>Lippia alba</i>	LipAlb
<i>Ludwigia longifolia</i>	LudLon
<i>Ludwigia octovalvis</i>	LudOct
<i>Melochia simplex</i>	MelSim
<i>Melochia villosa</i>	MelVil
<i>Monteverdia truncata</i>	MonTru
<i>Oxalis</i> cf. <i>barrelieri</i>	OxaBar
<i>Passiflora foetida</i>	PasFoe
<i>Pavonia</i> sp.	PavSp
<i>Peltaea riedelii</i>	PelRie
<i>Phyllanthus</i> cf. <i>amarus</i>	PhyAma
<i>Psidium guineense</i>	PsiGui
<i>Psychotria carthagenensis</i>	PsyCar
<i>Randia armata</i>	RanArm
<i>Richardia grandiflora</i>	RicGra

<i>Sagittaria guayanensis</i>	SagGua
<i>Sida viarum</i>	SidVia
<i>Smilax fluminensis</i>	SmiFlu
<i>Smilax</i> sp.1	SmiSp1
<i>Stylosanthes acuminata</i>	StyAcu
<i>Trichilia stellato tomentosa</i>	TriSteTom
<i>Vernonia scabra</i>	VerSca
<i>Vernonia</i> sp.	VerSp
<i>Xylosma venosa</i>	XylVen

Visitantes florais	Abreviação
Acrididae sp.1	AcrSp1
<i>Adelpha</i> cf. <i>iphiclus</i>	AdeIph
<i>Aedes</i> sp.	AedSp
<i>Apis mellifera</i>	ApiMel
<i>Augochloropsis</i> sp.1	AugSp1
<i>Augochloropsis</i> sp.2	AugSp2
<i>Augochloropsis</i> sp.3	AugSp3
<i>Augochloropsis</i> sp.4	AugSp4
<i>Augochloropsis</i> sp.5	AugSp5
<i>Augochloropsis</i> sp.6	AugSp6
<i>Bombus</i> sp.1	BomSp1
<i>Bombus</i> sp.2	BomSp2
<i>Brachymyrnex</i> sp.	BraSp
<i>Camponotus crassus</i>	CamCra
<i>Camponotus</i> sp.1	CamSp1
<i>Camponotus</i> sp.2	CamSp2
<i>Campsomeris</i> sp.1	CamsSp1
<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp.1	CerCerSp1
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp.1	CerCreSp1
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp.2	CerCreSp2
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp.3	CerCreSp3
<i>Cerceris</i> sp.1	CerSp1
cf <i>Trachymyrnex</i> sp.1	TraSp1
Chrysomelidae sp.3	ChrSp3
Chrysomelidae sp.4	ChrSp4
Chrysomelidae sp.1	ChrSp1
Chrysomelidae sp.2	ChrSp2
<i>Coelioxys</i> sp.1	CoeSp1
<i>Coleoptera</i> sp.1	ColSp1
<i>Coleoptera</i> sp.2	ColSp2
<i>Coleoptera</i> sp.3	ColSp3
<i>Coleoptera</i> sp.4	ColSp4
<i>Crematogaster</i> cf. <i>curvispinosa</i>	CreCur
<i>Crematogaster</i> sp.1	CreSp1
<i>Crematogaster</i> sp.2	CreSp2
Curculionidae	Cur

<i>Dialictus</i> sp.	DiaSp
Diptera sp.1	DipSp1
Diptera sp.2	DipSp2
Diptera sp.3	DipSp3
Diptera sp.4	DipSp4
<i>Drosophyla</i> sp.	DroSp
<i>Dryadula phaetusa</i>	DryPha
<i>Epicharis</i> sp.1	EpiSp1
<i>Eujivarus fusiformes</i>	EujFus
<i>Eumeninae</i> sp.1	EumSp1
<i>Euxiphidion</i> sp.1	EuxSp1
<i>Exomalopsis</i> sp.1	ExoSp1
<i>Exomalopsis</i> sp.2	ExoSp2
<i>Grammadera</i> sp.1	GraSp1
<i>Grammadera</i> sp.2	GraSp2
<i>Heliconius erato</i>	HelEra
<i>Hemiargus hanno</i>	HemHan
<i>Hesperiidae</i> sp.1	HesSp1
<i>Hesperiidae</i> sp.2	HesSp2
<i>Hesperiidae</i> sp.3	HesSp3
<i>Hesperiidae</i> sp.4	HesSp4
<i>Hylocharis chrysura</i>	HylChr
<i>Indeterminada</i> 1	Ind1
<i>Indeterminada</i> 2	Ind2
<i>Megachile</i> sp.1	MegSp1
<i>Metapolybia</i> sp.1	MetSp1
Multilidae sp.1	MulSp1
Orthoptera sp.	OrtSp5
<i>Pachodynerus</i> sp.1	PacoSp1
<i>Pachymenes</i> sp.1	PacySp1
<i>Paratetrapedia</i> sp.1	ParSp1
<i>Paratrigona lineata</i>	ParLin
<i>Pepsis</i> sp.1	PepSp1
Phasmatodea sp.	PhaSp
<i>Polistes</i> sp.1	PolSp1
Pompilidae sp.1	PomSp1
<i>Psorophora</i> sp.	PsoSp
Riodinidae	Rio
<i>Solenopsis</i> sp.1	SolSp1
<i>Tetragonisca angustula</i>	TetAng
<i>Trigona fuscipennis</i>	TriFus
<i>Urban</i> sp.1	UrbSp1
<i>Wasmmania</i> cf. <i>auropunctata</i>	WasAur
<i>Zethus</i> sp.1	ZetSp1

Brazilian Journal of Botany – Instructions for authors This journal is a member of, and subscribes to the principles of COPE. For more info: www.publicationethics.org

Table of Contents

1. Article Types
2. Submission Fee
3. Manuscript Submission
4. Permissions
5. Online Submission
6. Title Page
7. Abstract
8. Keywords
9. Text Formatting
10. Headings
11. Abbreviations
12. Scientific Style
13. Citations
14. Author Contribution Statement
15. Acknowledgments
16. Reference List
17. Tables
18. Artwork and Illustrations Guidelines
19. Permissions
20. Accessibility
21. Electronic Supplementary Material
22. Accessibility
23. After Acceptance
24. Copyright Transfer
25. Proof Reading
26. Online First
27. Open Choice

1. Article Types

The Brazilian Journal of Botany considers for publications original articles, short communications, and reviews.

Original articles should not exceed 30 doubled-spaced pages, including tables, figures, and references. Longer articles might be considered, provided they are concise and its length is needed to properly convey its results. The sections of original articles should be:

- o Abstract
- o Introduction
- o Material and methods
- o Results
- o Discussion
- o Authors' contributions
- o Acknowledgements
- o References

Short Communications are handled rather flexible. The average article in this category has 4-6 printed pages (including references) and the "Results" and "Discussion" section are usually combined.

Reviews should be submitted by invitation only.

2. Submission Fee

The submission fee is not applicable to members of São Paulo Botany Society. For non-members, a nonrefundable fee is required for each manuscript submitted to the journal, as follows:

- o BRL 75 for Brazilian authors
- o USD 25 for foreign authors

To proceed with payment: <http://botanicasp.org/en/journal-submission>

3. Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

4. Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

5. Online Submission

Manuscripts should be submitted through the online submission system at <https://www.editorialmanager.com/BRJB>.

6. Title Page

The title page should include the following items (please do not include any text other the ones described below):

- ☐ The name(s) of the author(s)
 - ☐ A concise and informative title (in bold)
 - ☐ The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
 - ☐ The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author
- ☐ We highly encourage authors to provide the 16-digit ORCID number (www.orcid.org)

7. Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

8. Keywords

Please provide 4 to 6 keywords for indexing purposes. These key-words should appear in alphabetic order. Please do not include words already used in the article title.

9. Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word

- ☐ Use a normal, plain font (e.g., 12-point Times Roman) and double line for text.
- ☐ Use the automatic page numbering function to number the pages (do not use line numbering function).
- ☐ Do not use field functions.
- ☐ Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- ☐ Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

- ☐ Use the equation editor or MathType for equations.
- ☐ Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).
- ☐ Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX (LaTeX macro package (zip, 182 kB)
- ☐ The use of footnotes is highly discouraged.
- ☐ Apply italic fonts only for scientific names, descriptions or diagnosis of new taxa, the names and numbers of collectors, and for genetic or statistical symbols.
- ☐ Numbers up to nine should be written in full, except if followed by units, or if indicating tables or figures (Examples: 21 L, 20.32 mg, Table 1);
- ☐ Separate units from values by placing a space (except for percentages, or geographical degrees, minutes and seconds). Use abbreviations whenever possible.

10. Headings

Headings should be numbered following the decimal system, a maximum of three levels is allowed (e.g. 1.1; 1.2; 1.2.1)

11. 1) Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

12. Scientific Style

- ☐ Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).
- ☐ Genus and species names should be in italics.
- ☐ Taxonomic authorities should be cited for all taxon names at the species level rank and below at their first usage in the text.
- ☐ Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.
- ☐ For compound units, use exponentiation; do not not slash. Example: mg day⁻¹ instead of mg/day, $\mu\text{mol min}^{-1}$ instead of $\mu\text{mol/min}$)
- ☐ Use Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities
- ☐ Use roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)
- ☐ Use bold for vectors, tensors, and matrices.
- ☐ Manuscripts submitted to the journal are expected to adhere to internationally accepted nomenclature for receptors (www.guidetopharmacology.org) and enzymes (International Union of Biochemistry and Molecular Biology)

13. Citations

References within the main text should appear in parenthesis as in the examples below. For multiple citations, use ascending chronological order:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

14. Author Contribution Statement

Authors must provide a short description of the contributions made by each listed author (please use initials). This will be published in a separate section before the Acknowledgments.

15. Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

16. Reference List

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of intext citations and reference list: EndNote style (zip, 2 kB)

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see ISSN LTWA. If you are unsure, please use the full journal title.

• Journal Article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- **Article by DOI**

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

- **Book**

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

- **Book chapter**

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- **Online document**

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- **Dissertation**

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California, Berkeley.

- **Personal communications and unpublished works** should only be mentioned in the text
Example: (SE Sanchez, unpublished data).

- **Events**

Döbereiner J. 1998. Função da fixação de nitrogênio em plantas não leguminosas e sua importância no ecossistema brasileiro. In: *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros* (S Watanabe, coord.). Aciesp, São Paulo, v.3, pp.1-6

- **In taxonomic papers**, cite botanical material in detail in the following sequence: place and date of collection, collector's name and number, and herbarium abbreviation, according to the samples below (except for historical collections in which location data is vague lacking):

BRAZIL. Mato Grosso: Xavantina, s.d., HS Irwin s.n. (HB3689). São Paulo: Amparo, 23-XII-1942, JR Kuhlmann & ER Menezes 290 (SP); Matão, BR 156, 8-VI-1961, G Eiten et al. 2215 (SP, US).

BRAZIL. São Paulo: São Paulo, Jardim Botânico, Lago das Ninféias, 23°38'20.5"S, 43°37'18"W, 23-XII-1942, FC Hoehne s.n. (SP)

17. Tables

- ☐ Tables should be submitted separately from the text.
- ☐ All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- ☐ Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- ☐ For each table, supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- ☐ Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- ☐ Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.
- ☐ Avoid abbreviations (except for units).
- ☐ Do not insert vertical lines.
- ☐ Use horizontal lines only to stress the header and close the table.

18. Artwork and Illustrations Guidelines

- ☐ Supply all figures electronically, saved as eps, tif, or similar format.
- ☐ Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- ☐ For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- ☐ Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- ☐ Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.
- ☐ Do not submit the figures saved as doc, ppt, pptx, bitmap format.
- ☐ Do not use letters that are used for internal legends of each image.
- ☐ Use bar scales to indicate size placed in the lower or upper left corner.

18.1. Line Art

- ☐ Definition: black and white graphic with no shading.
- ☐ Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- ☐ All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- ☐ Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- ☐ Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

18.2. Halftone Art

- ☐ Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- ☐ If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- ☐ Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

18.3. Combination Art

- ☐ Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- ☐ Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

18.4. Color Art

- ☐ Color art is free of charge for online publication.
- ☐ If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible.
- ☐ Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).
- ☐ Do not include titles or captions within your illustrations.

18.5. Figure Numbering

- ☐ All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- ☐ Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- ☐ Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- ☐ If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

18.6. Figure Lettering

- ☐ To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- ☐ Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- ☐ Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- ☐ Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

18.7. Figure Captions

- ☐ Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- ☐ Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- ☐ No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- ☐ Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- ☐ Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

18.8. Figure Placement and Size

- ☐ Figures should be submitted separately from the text
- ☐ When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- ☐ For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- ☐ For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

19. Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

20. Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- ☐ All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- ☐ Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- ☐ Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

21. Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form. Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

21.1. Submission

- ☐ Supply all supplementary material in standard file formats.
- ☐ Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- ☐ To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

21.2. Audio, Video, and Animations

- ☐ Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- ☐ Maximum file size: 25 GB
- ☐ Minimum video duration: 1 sec
- ☐ Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

21.3. Text and Presentations

- ☐ Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- ☐ A collection of figures may also be combined in a PDF file.

21.4. Spreadsheets

- ☐ Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- ☐ If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

21.5. Specialized Formats

☐ Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

21.6. Collecting Multiple Files

☐ It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

21.7. Numbering

☐ If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.

☐ Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.

☐ Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

21.8. Captions

☐ For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

21.9. Processing of supplementary files

☐ Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

22. Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

☐ The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material

☐ Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

23. After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer’s web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color. Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

24. Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

☐ Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

25. Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor. After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

26. Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

27. Open Choice

Bs In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License. Find more about the license agreement.

For submission queries, please send a message to brazjbot@gmail.com