



Programa de Pós-Graduação em
Ecologia & Conservação – PPGEC
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**REDES DE INTERAÇÃO PLANTA-POLINIZADOR EM DUAS FITOFISIONOMIAS
DE CERRADO NA SERRA DE MARACAJU, MATO GROSSO DO SUL**

Waldemar Guimarães Barbosa Filho

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientadora: Prof^ª Dra. Andréa Cardoso de Araujo

Campo Grande – MS

2012



Programa de Pós-Graduação em
Ecologia & Conservação – PPGEC
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**REDES DE INTERAÇÃO PLANTA-POLINIZADOR EM DUAS FITOFISIONOMIAS
DE CERRADO NA SERRA DE MARACAJU, MATO GROSSO DO SUL**

Waldemar Guimarães Barbosa Filho

Orientadora: Prof^ª Dra. Andréa Cardoso de Araujo

**Campo Grande – MS
2012**

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Prof^ª Dra. Andréa Cardoso de Araujo pela orientação, compreensão e ajuda nos momentos que precisei.

Ao Prof^º Dr. Arnildo Pott pela identificação do material botânico e pela boa troca de idéias que sempre está disposto a ter.

Ao Prof^º Dr. Gabriel A. R. Melo da Universidade Federal do Paraná pela identificação das vespas e abelhas.

Ao Dr^º Cristiano Agra da UFPR, pela identificação das borboletas.

Ao Nicolay Cunha pela ajuda na confecção das redes de interações.

Aos amigos de campo Fabiane Fileto e Éder Afonso Doná pela companhia em todas as coletas.
Ao Paulo Bogiani e a Ana Carolina pelo auxílio no campo quando precisei.

A minha mãe Olidia Ferreira Barbosa, super querida e que tanto me deu força e amenizou as imensuráveis dificuldades que tive, mas que superei graças a ela.

Ao meu pai Waldemar Guimarães Barbosa pela força de pai nas horas certas.

Aos meus irmãos Euzébio, Oswaldo, João e ao mais novo caçula Mário por serem tudo o que tenho e que amo tanto.

A minha segunda mãe Maria de Nazaré Vargas de Souza (*In Memoriam*) pela grande parcela de responsabilidade no caráter que tenho hoje.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo apoio financeiro.

A Natureza por ter sido complacente comigo no trabalho de campo.

E ao meu próprio organismo pela força que teve para superar as dificuldades.

SUMÁRIO

Resumo	6
Abstract	7
Introdução	8
Material e métodos	10
Área de estudo.....	10
Coleta de dados.....	11
Aspectos gerais das redes de interações.....	11
Parâmetros qualitativos das redes de interações.....	12
Aninhamento.....	12
Parâmetros quantitativos das redes de interações.....	12
Medidas de centralidade das espécies.....	13
Resultados	13
Discussão	16
Referências Bibliográficas	22
Figuras e tabelas	29
Figura 1. Detalhe das áreas de cerrado rupestre (acima) e mata de galeria (abaixo), localizadas na Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul.....	29
Figura 2. Esquema do método de amostragem nas áreas de estudo da Serra de Maracaju.....	30
Figura 3. Período de floração das espécies de planta do cerrado rupestre de junho a dezembro de 2008 e de janeiro a maio de 2009. * Espécies em que não foram observados polinizadores.....	31
Figura 4. Período de floração das espécies de planta da mata de galeria no período de junho a dezembro de 2008 e de janeiro a maio de 2009. * Espécies em que não foram observados polinizadores.....	32

Figura 5. Rede bipartida quantitativa do cerrado rupestre, dispostas de forma aninhada, das interações entre plantas (coluna da esquerda) e polinizadores (coluna da direita). A espessura da barra é proporcional ao grau (k) de cada espécie e a espessura da linha que conecta planta e polinizador corresponde a força da interação. A rede está em ordem decrescente do grau.....33

Figura 6. Rede bipartida quantitativa da mata de galeria, dispostas de forma aninhada, das interações entre plantas (coluna da esquerda) e polinizadores (coluna da direita). A espessura da barra é proporcional ao grau (k) de cada espécie e a espessura da linha que conecta planta e polinizador corresponde a força da interação. A rede está em ordem decrescente do grau.....34

Figura 7. Frequência da força de mutualismo da interação planta-polinizador no cerrado rupestre (a) e na mata de galeria (b), na Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul.....35

Figura 8. Efeito do grau (k) sobre a força total para redes de interação no cerrado rupestre (a) e na mata de galeria (b).....36

Tabela 1. Espécies de plantas, registro no herbário CGMS, grau, força total, centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC) e centralidade por intermédio (BC), além do código dos polinizadores (conforme tabela 2) que visitou cada espécie de planta do cerrado rupestre.....37

Tabela 2. Código do polinizador, espécies de polinizadores, grau, força total, centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC) e centralidade por intermédio (BC) da área de cerrado rupestre. As espécies sublinhadas co-ocorreram nas duas áreas estudadas.....40

Tabela 3. Espécies de plantas, grau, força total, centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC) e centralidade por intermédio (BC), além do código dos polinizadores (conforme tabela 4) que visitou cada espécie de planta da mata de galeria.....45

Tabela 4. Código do polinizador, espécies de polinizadores, grau, força total, centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC) e centralidade por intermédio (BC) da área de mata de galeria. As espécies sublinhadas co-ocorreram nas duas áreas estudadas.....47

Tabela 5. Grupo de polinizadores, seus valores médios e desvio padrão das medidas de centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC), além da porcentagem de representantes de cada grupo que apresentou centralidade por intermédio (BC) maior que 0. N é o número de representantes de polinizadores de cada grupo amostrados nas áreas de cerrado rupestre e mata de galeria.....50

RESUMO: (Redes de interação planta-polinizador em duas fitofisionomias de cerrado na Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul). O cerrado é o segundo maior ecossistema do Brasil, sendo uma das áreas de maior biodiversidade do mundo e considerado um dos *hotspots* de biodiversidade. Estudos com a abordagem de redes de interações são importantes para a compreensão sobre a estrutura e funcionamento da interação planta-polinizador. Estudos desse tipo, com alto rigor taxonômico, e que separam pilhadores de polinizadores, são fundamentais para a compreensão de redes mutualísticas. Apesar da importância do Cerrado, estudos sob esse enfoque ainda são inexistentes para esse ambiente. O presente estudo foi realizado em uma área de mata de galeria e uma área de cerrado rupestre na Serra de Maracaju. A rede de interações do cerrado rupestre foi composta por 94 espécies de polinizadores e 38 espécies de plantas, enquanto a da mata de galeria foi composta por 44 espécies de polinizadores e 23 espécies de plantas. A composição de espécies foi muito diferente entre as duas áreas. A conectância das redes pode ser considerada baixa em comparação com redes de interações em outros ambientes. Entretanto, pelo fato do presente estudo incluir diferentes grupos de polinizadores, a baixa conectância pode ser consequência de interações improváveis, as chamadas “ligações proibidas”. A maior dependência dos polinizadores pelas plantas caracteriza uma rede de interações assimétrica. O aninhamento não significativo das redes estudadas pode ser uma desvantagem, uma vez que o aninhamento da rede confere à comunidade maior resistência a perturbações, como a perda de espécies e habitats. As plantas foram mais centrais que os polinizadores nas duas áreas estudadas, o que se deve principalmente à diferença no número de espécies. Dentre os polinizadores, os beija-flores foram o grupo que apresentou a maior centralidade, sugerindo que tenham papel chave nas redes de interações das áreas estudadas. As abelhas apresentaram a maior riqueza de espécies e também a maior abundância de visitas nas plantas o que corrobora com estudos que consideram este grupo como os principais polinizadores em diferentes ecossistemas temperados e tropicais.

Palavras-chave: polinização, centralidade, conectância, mutualismo, comunidade

ABSTRACT: (Plant-pollinator networks interactions in two cerrado physiognomies in Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul). The cerrado is the second largest ecosystem in Brazil, one of the most diverse areas of the world and considered one of the biodiversity hotspots. Studies with the approach of interaction networks are important for understand the structure and functioning of plant-pollinator interaction, being these kinds of studies, with high taxonomic accuracy, and that separate pollinators and resource robbers, fundamental for a more adequate understanding of mutualistic networks. Despite the importance of Cerrado, studies with this focus are still inexistent for this area. The present study was conducted in an area of gallery forest and in a cerrado rupestre area in the Serra de Maracaju. The interaction network in the cerrado rupestre was composed by 94 pollinators and 38 plant species, while in the gallery forest was composed by 44 pollinators and 23 plant species. The species composition was very different between the two areas. The connectance of the networks can be considered low compared with networks of interactions in other environments. However, because of this study include different groups of pollinators; low connectance may be a consequence of improbable interactions, called “forbidden links”. The greater dependence of pollinators for the plants characterizes an asymmetric network of interactions. The non-significative nesting of the two studied networks can be disadvantageous, since nesting provides greater resistance to disorders such as loss of species and habitats. Plants were more central than the pollinators in the two studied areas, which is mainly due to differences in the number of species. Among the pollinators, hummingbirds were the group with the highest centrality, suggesting that they play a key role in the interactions networks of the studied areas. The bees had the highest species richness and the greatest abundance of visits in the plants, which corroborate studies that consider this group as the main pollinators in temperate and tropical ecosystems.

Key-words: pollination, centrality, connectance, mutualism, community

INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior ecossistema do Brasil perdendo em tamanho apenas para a Amazônia. É uma das áreas de maior diversidade no mundo, constituída por um mosaico vegetacional composto por formações campestres, savânicas e florestais (Ribeiro & Walter 1998). Ocorre principalmente na região central do Brasil, correspondendo a 23% de todo o território e engloba parte dos estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins, além do Distrito Federal (Eiten 1972, Ratter & Dargie 1992, Sano *et al.* 2008).

A Serra de Maracaju é composta por distintas fitofisionomias de cerrado (Fina 2009), e faz limite entre o planalto sul-mato-grossense e a planície do pantanal, ocorrendo ao longo de quase todo território sul-matogrossense no sentido leste-oeste (Brasil 1997). Nesta região, informações sobre interações das comunidades de plantas-polinizadores são raras, havendo apenas dois estudos recentes enfocando a polinização por beija-flores em espécies ornitófilas (Dias 2011, Doná 2011).

As relações entre plantas e polinizadores são importantes para a estruturação de comunidades, pois contribuem na definição do padrão de distribuição espacial das espécies, assim como na sua riqueza e abundância, além da promoção do fluxo de genes, estruturação trófica e na dinâmica fenológica (Janzen 1970, Smith 1973, Bawa *et al.* 1985). A ruptura dessa relação pode ser considerada um dos principais motivos que levam a perda de espécies (Corlett & Turner 1997, Machado & Lopes 2004). Muitos estudos das relações planta-polinizador têm utilizado a análise de redes de interações (Ramos-Jiliberto *et al.* 2009, Martín González *et al.* 2010, Pigozzo & Viana 2010), que é uma ferramenta importante para a compreensão da estrutura e funcionamento das comunidades envolvidas na interação (Ramos-Jiliberto *et al.* 2009). A estrutura de uma rede de interação pode ser alterada quando se consideram relações mutualísticas ou antagonistas, uma vez que, geralmente, as redes mutualísticas são aninhadas, enquanto redes de interações antagonistas são não-aninhadas (Bascompte *et al.* 2003, Guimarães *et al.* 2007).

Apesar de ser comum os visitantes florais serem genericamente considerados “polinizadores” em redes de interação (Elberling & Olesen 1999), alguns destes atuam na verdade como antagonistas, visitando as flores de modo ilegítimo, obtendo o recurso sem contatar as estruturas reprodutivas da flor (Inouye 1983). Dessa forma, a estrutura das redes de interação em que há distinção entre visitantes legítimos e ladrões de recurso pode ser muito diferente daquelas em que essa distinção não é feita, tendo efeito direto principalmente sobre o aninhamento da rede (Genini *et al.* 2009). A estrutura das redes de interação fornece informações fundamentais para a compreensão do funcionamento, estabilidade e as possíveis

consequências de distúrbios ambientais sobre as comunidades envolvidas (Bascompte *et al.* 2003, Newman 2003, Jordán *et al.* 2006). As redes de interação podem ser representadas por grafos bipartidos, ou seja, um diagrama representando as espécies como nodos (ou vértices) e as interações como ligações (linhas ou setas) entre eles. Os grafos bipartidos podem ser montados com dados qualitativos ou quantitativos, que são representados por ligações (ou linhas) de diferentes espessuras (Lewinsohn *et al.* 2006). Para o sistema planta-polinizador é possível montar redes de interações quantitativas a partir da frequência de visitas dos polinizadores (Vázquez *et al.* 2007).

Uma série de métricas é utilizada para caracterizar a estrutura de uma rede de interação envolvendo as comunidades polinizador-planta (Giacomini & Junior 2010). Entre elas, o tamanho da rede (S) que representa a soma de plantas e dos polinizadores, a conectância (C) que pode ser interpretada como uma medida geral do nível de generalização da rede, sendo que quanto maior o seu valor maior a generalização da rede (Jordano 1987) e o grau (k) que é o número de interações da rede. O aninhamento (N) é outra forma de caracterização da estrutura das redes de interações, sendo uma estrutura aninhada aquela onde, uma vez que as linhas e colunas de uma matriz de interações estejam em ordem decrescente de número de interações, há a inclusão progressiva de subconjuntos de espécies (Atmar & Patterson 1993), de modo que especialistas de um grupo interagem com generalistas do outro e vice-versa. Dessa forma, em redes de estruturas aninhadas as espécies apresentam assimetria nas suas relações, sendo que as espécies generalistas formam um núcleo de interações conectado ao das especialistas (Bascompte *et al.* 2003).

Existem métricas das redes de interações em nível de espécie, estas incluem, entre outras, a dependência, que representa o quanto uma espécie *i* depende de uma espécie *j* e vice-versa. A dependência das espécies geralmente é assimétrica, ou seja, o efeito de uma espécie *i* sobre uma espécie *j*, geralmente, é diferente do efeito recíproco de *j* em *i* (Vázquez *et al.* 2007). A força de mutualismo ou dependência mútua e a força total são calculadas a partir da soma das dependências entre as espécies, sendo medidas importantes para análises da assimetria entre as interações das comunidades estudadas (Bascompte *et al.* 2006).

As medidas de centralidade: centralidade de grau (DC), centralidade por intermédio (CC) e centralidade de proximidade (BC), são métricas importantes para identificação de espécies (i.e. nós) centrais das redes de interação, considerando que nem todas as espécies de uma rede de interação são igualmente importantes para a estabilidade e dinâmica do sistema (Jordano *et al.* 2006, Bascompte & Jordano 2007, Martín González *et al.* 2010). Cada um destes índices de centralidade mede a importância das espécies para diferentes padrões estruturais de uma rede (de Nooy *et al.* 2005, Koschützki 2008). Dessa forma, as medidas de centralidade, além de

definir as espécies mais centrais da rede, também podem ser utilizadas para comparar a importância de cada grupo de visitante na rede (p.ex. abelhas, vespas, borboletas, moscas, beija-flores), de modo que se defina qual grupo pode promover maior distúrbio na estrutura da rede caso este seja afetado.

Tendo em vista que o cerrado é um dos *hotspots* mundiais (Myers *et al.* 2000), estudos envolvendo informações sobre as interações entre espécies de polinizadores e suas plantas são de grande importância, pois podem subsidiar e direcionar ações de conservação (Barbosa 1997). Adicionalmente, os estudos de redes de polinização, definidas excluindo os pilhadores e com alto rigor taxonômico, são essenciais para a compreensão dos mecanismos ecológicos e evolutivos de redes mutualísticas neste ecossistema. Assim, o objetivo do presente estudo é caracterizar as redes de interação entre plantas e seus polinizadores, definidos através de visitas legítimas, determinando o padrão estrutural dessas redes de interação, em área de mata de galeria e cerrado rupestre, na Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A Serra de Maracaju possui distintas fitofisionomias, com diferentes níveis de fertilidade do solo. Entre estas fitofisionomias podemos destacar as áreas de mata de galeria e cerrado rupestre que geralmente se formam nos vales e afloramentos rochosos, respectivamente. Estes ambientes apresentam condições muito diferentes em termos edáficos como o regime de água e nutrientes do solo e luminosidade, o que favorece espécies adaptadas a cada ambiente (Ribeiro & Walter 1998).

Os dados deste estudo foram coletados nos vilarejos de Camisão (20° 26' 38,27''S e 55° 38' 13,60''W) e Piraputanga (20° 27' 22,70''S; 55° 30' 52,80''W), município de Aquidauana, Mato Grosso do Sul. Estes distritos situam-se no complexo da Serra de Maracaju, cuja altimetria varia entre 300 e 600 metros. A área do distrito de Camisão é composta por vegetação do tipo cerrado rupestre, localiza-se no Morro do Paxixi, sendo caracterizada pela presença de afloramentos rochosos com vegetação rupestre e xerofítica (Ribeiro & Walter 1998). A área de estudo em Piraputanga consiste de um trecho de mata de galeria, no local conhecido como Vale das Bruxas (figura 1). O inverno na região é caracterizado por ser frio e seco, enquanto o verão é quente e chuvoso. A pluviometria anual varia entre 1.000 e 1.400 mm, sendo os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos, de acordo com o Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de MS/Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural/Instituto Nacional de Meteorologia (2010).

Coleta de dados

As coletas de dados foram realizadas mensalmente no período de junho de 2008 a maio de 2009, ao longo de uma transecção com 1000 m de extensão por seis metros de largura em cada ambiente, totalizando 6000 m² de área amostral em cada ambiente (figura 2).

Mensalmente foram realizadas observações focais diurnas com duração de 60 minutos em pelo menos um indivíduo de cada espécie de planta florida entre 06:00h e 17:00h. Todos os visitantes florais registrados neste período tiveram seu comportamento e frequência de visitas anotadas e foram classificadas como polinizadores (quando contatavam as estruturas reprodutivas da flor) ou pilhadores (se não contatavam essas estruturas). A frequência de visitas foi considerada como o número de visitas de cada espécie de visitante durante o período total de observação da espécie de planta.

As espécies de plantas foram identificadas com o auxílio de especialistas, por meio de literatura, e através de comparação com exsicatas do herbário da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. As espécies foram classificadas em famílias de acordo com o sistema do *Angiosperm Phylogeny Group III* (Mark *et al.* 2009). Os nomes dos autores de todas as espécies foram conferidos por meio de consultas ao Tropicos (<http://www.tropicos.org>). Exemplares testemunhos de todas as espécies de plantas foram depositados no herbário da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – CGMS.

A identificação dos beija-flores foi feita através de observações visuais diretas, fotografias tomadas durante as visitas e/ou com o auxílio de guias ilustrados (Grantsau 1988). Plantas com altura ≤ 3 m, cujas flores têm antese diurna e são visitadas por insetos, tiveram seus invertebrados polinizadores coletados com o auxílio de rede entomológica e fixados para identificação por especialistas. Os nomes dos autores de todas as espécies de insetos foram conferidos por meio de consultas ao Discover Life (<http://www.discoverlife.org>). Para os beija-flores os nomes dos autores foram conferidos no site do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CRBO) (<http://www.cbro.org.br>.)

Aspectos gerais das redes de interações

Para cada área amostral foi confeccionado uma rede de interação planta-polinizador. As redes foram montadas utilizando o programa Pajek (*Program for Large Network Analysis* - Batagelj & Mrvar 1998) e representadas por grafo bipartido quantitativo. Nas redes de interação, somente foram considerados os visitantes que apresentaram comportamento de visita legítimo, sendo assim considerados polinizadores.

Parâmetros qualitativos das redes de interações

- Número de espécies de plantas (P) e número de espécies de polinizadores (A).
- Tamanho da rede (S), que é igual à soma das espécies de plantas (P) e dos polinizadores (A).
- Conectância (C), que é a razão entre o número de interações observadas (E) pelo número de interações possíveis (A.P), podendo ser multiplicado por 100 para tornar o valor em porcentagem, ou seja, $C = 100.E/A.P$.
- Grau (k), que é o número de interações em que cada espécie esteve envolvida.
- Grau médio, que é o número médio do grau (k) tanto para planta quanto para os polinizadores.

Aninhamento

O grau de aninhamento da estrutura das redes foi avaliado utilizando a métrica de aninhamento NODF (Almeida-Neto *et al.* 2008, Pigozzo & Viana 2010). O NODF foi calculado no programa ANINHADO (Guimarães & Guimarães 2006). O valor de NODF varia de 0 a 100, sendo que quanto mais próximo de 100, mais aninhada é a estrutura da rede (Almeida-Neto *et al.* 2008). Para estimar a significância do aninhamento, o valor de NODF obtido foi comparado com o valor de NODF esperado, ou seja, o aninhamento esperado a partir de 1000 aleatorizações da matriz, gerada pelo modelo nulo tipo CE, onde a probabilidade de uma interação ocorrer é proporcional ao grau de interações da planta e do animal associados a uma dada célula da matriz (Guimarães & Guimarães 2006, Almeida-Neto *et al.* 2008).

Parâmetros quantitativos das redes de interações

- Dependência, onde para cada par de interações são obtidos dois valores: d_{ji} para a dependência da espécie do polinizador j por uma espécie de planta i , estimada como a frequência de visitas do polinizador j à planta i sobre o total de visitas realizadas pelo polinizador j ; e d_{ij} para a dependência da espécie de planta i por uma espécie de polinizador j , estimada como a frequência de visitas do polinizador j sobre o total de visitas recebidas pela planta i (Bascompte & Jordano 2007).
- Força de mutualismo, definida como o produto das respectivas dependências entre uma espécie de planta i e uma espécie de polinizador j , dada pela fórmula $AS(i, j) = |d_{ij} - d_{ji}| \max(d_{ij}, d_{ji})$, onde $\max(d_{ij}, d_{ji})$ se refere ao valor máximo entre d_{ij} e d_{ji} (Bascompte *et al.* 2006). Valores próximos a zero representam dependências mútuas fortes, ou seja, as forças das espécies envolvidas na interação são simétricas, enquanto valores próximos a 1 representam dependências mútuas fracas, ou seja, as forças das espécies envolvidas na interação são assimétricas.
- Força total, para uma espécie de planta i é dada como a soma das forças de mutualismo que a espécie de planta i exerce sobre todas as espécies de polinizador com as quais interage na rede. Da mesma forma, a força total de uma espécie de polinizador j é a soma das forças de

mutualismo que essa espécie de polinizador exerce sobre todas as espécies de plantas com as quais interage (Bascompte & Jordano 2007).

Para testar se o grau (k) das plantas difere do grau (k) dos polinizadores foi utilizado o Teste t de Student. Este teste também foi utilizado para verificar se a força de mutualismo da comunidade planta-polinizador difere entre as duas áreas e para testar se os valores das medidas de centralidade foram diferentes entre plantas e polinizadores nestes locais. Para testar o efeito do grau (k) sobre a força total foi realizada regressão linear.

Medidas de centralidade das espécies

Foram calculadas para cada espécie da rede três medidas de centralidade através do programa Pajek: centralidade de grau (*degree centrality* - DC), centralidade de proximidade (*closeness centrality* - CC) e centralidade por intermédio (*betweenness centrality* - BC).

A DC de uma espécie pode ser dada pela proporção de interações que apresenta em relação ao total de interações possíveis na rede. Esta medida indica espécies mais centrais em uma rede de interações devido a um grande número de interações com outras espécies. Altos valores de DC indicam espécies mais generalistas com muitas interações, enquanto baixos valores indicam espécies com poucas interações.

A CC mede a proximidade de um nó a todos os outros nós da rede, referindo-se ao quanto uma espécie i está relacionada a todas as outras espécies da rede (Freeman 1979). Altos valores de CC indicam espécies mais centrais, sendo espécies que estão próximas a muitas outras espécies na rede (Sazima *et al.* 2010), portanto nós com altos valores de CC podem rapidamente afetar outros nós e vice-versa (Martín González *et al.* 2010).

A BC descreve a importância de um nó como conector entre diferentes partes da rede (Freeman 1979). Espécies com $BC > 0$ são consideradas como conectoras entre áreas da rede fracamente ou não conectadas, podendo ser consideradas como espécies importantes para a coesão da rede (Martín González *et al.* 2010).

RESULTADOS

A rede de interações para a área de cerrado rupestre foi composta por 94 espécies de polinizadores (A_{cr}) e 38 espécies de plantas (P_{cr}) (tabelas 1 e 2), sendo o tamanho da rede de interações nessa área (S_{cr}) de 132. Dessa forma, seria possível a ocorrência de 3572 interações entre a fauna de polinizadores e a flora. Entretanto, somente 147 interações foram observadas, sendo assim a conectância (C_{cr}) do cerrado rupestre foi 0,0411 ou 4,11%. Na mata de galeria, a rede de interações foi composta por 44 espécies de polinizadores (A_{mg}) e 23 espécies de plantas (P_{mg}) (tabelas 3 e 4), portanto o tamanho da rede (S_{mg}) é de 67 e seria possível a ocorrência de

1012 interações entre a fauna de polinizadores e a flora da mata de galeria. Foram observadas 55 interações, sendo que a conectância (C_{mg}) neste ambiente foi de 0,054 ou 5,4%.

Houve grande heterogeneidade de espécies entre as duas áreas estudadas, uma vez que nenhuma espécie de planta co-ocorreu e apenas onze espécies de polinizadores foram encontradas nas duas áreas. Durante todo período de estudo houve flores com características zoófilas disponíveis para a fauna de polinizadores nas duas áreas estudadas. Uma notável substituição de espécies com floração curta ou intermediária pode ser observada (figuras 3 e 4). No cerrado rupestre as únicas espécies que apresentaram floração estendida (floração por períodos \geq seis meses, *sensu* Newstrom *et al.* 1994) foram *Sebastiania hispida*, *Byrsonima intermedia* e *Byrsonima pachyphylla*. Enquanto na mata de galeria foram *Begonia cf. lindmanii* e *Clidemia* sp.

No cerrado rupestre as plantas apresentaram maior grau (k) que os polinizadores ($t=5,67$; $GL=130$; $p<0,01$), sendo que para as espécies de polinizadores o grau variou de 1 a 9, e o grau médio foi igual a $2,43 \pm 2,55$. Cerca de 30% das espécies de polinizadores tiveram grau maior que a média, sendo eles: *Apis mellifera* foi a espécie com maior grau, com nove interações, seguida de *Tetragona cf. quadrangula* com seis, *Tetragonisca fiebrigi* e *Formica* sp com cinco, *Trigona* sp com quatro interações, e de *Trigona cf. fulviventris*, *Augochloropsis* sp4, *Augochloropsis callichroa*, *Lasioglossum (Dialictus)* sp, *Agelaia* sp, *Campsomeris* sp1 e *Chrysolampis mosquitus* com três interações cada uma. Todos os demais polinizaram apenas uma espécie vegetal. O grau das plantas variou de 1 a 15, sendo o grau médio da comunidade vegetal igual a $3,87 \pm 3,43$. As plantas que apresentaram grau maior que a média corresponderam a 34,21%, sendo elas: *Byrsonima intermedia* com quinze interações, *Caryocar brasiliense* e *Vochysia cinnamomea* com treze, *Acosmium subelegans*, *Matayba guianensis* e *Roupala brasiliensis* com sete, *Stryphnodendron obovatum* com seis, *Bauhinia* sp e *Qualea parviflora* com cinco e *Dalbergia miscolobium*, *Polygala cf. angulata* e *Qualea grandiflora* com quatro interações, enquanto 26,31% apresentaram grau igual a 1, ou seja, interagiram com apenas um polinizador (figura 5).

Na mata de galeria as plantas também apresentaram maior grau (k) que os polinizadores ($t=3,29$; $GL=65$; $p<0,01$), cujo grau dos polinizadores variou de 1 a 5, com média igual a $1,33 \pm 0,92$. Cerca de 13% tiveram grau acima da média, sendo eles: *Trigona cf. fulviventris* com cinco interações, *Paratetrapedia flaveola* e *Tetragona cf. quadrangula* com três, seguido de *Trigona cf. fuscipennis*, *Thalurania furcata* e *Phaethornis pretrei* com duas interações cada um. Todos os demais polinizadores (87%) tiveram grau igual a 1. Para as plantas da mata de galeria o grau variou de 1 a 9, sendo o grau médio de $2,39 \pm 2,06$. As espécies de plantas que tiveram grau maior que a média representaram 34,78%, sendo elas: *Psychotria carthagenensis* com nove interações, seguida de *Eupatorium laevigatum* com sete, enquanto *Lasiacis sorghoidea* e *Vernonia polyanthes* tiveram quatro interações cada uma e *Abutilon* sp, *Begonia cf. lindmanii*,

Piper hispidum e *Pogonopus tubulosus* tiveram três interações cada uma, as plantas que apresentaram grau 1 representaram 47,82% (figura 6).

No cerrado rupestre os polinizadores dependeram mais das plantas ($0,64 \pm 0,38$, $n=147$) que as plantas dos polinizadores ($0,26 \pm 0,28$; $n=147$) ($t=9,58$; $GL=292$; $p<0,001$). A força de mutualismo entre plantas e polinizadores foi em média $0,52 \pm 0,34$, $n=147$ e menos da metade das interações da rede (48,9%) apresentou valor da força de mutualismo maior do que a média. Além disso, as espécies de plantas apresentaram maior força total ($2,01 \pm 2,09$, $n=38$) que os polinizadores ($0,81 \pm 0,32$, $n=94$) ($t=5,41$; $GL=130$; $p<0,01$).

Para a mata de galeria os polinizadores também dependem mais das plantas ($0,8 \pm 0,34$; $n=55$) que as plantas dos polinizadores ($0,42 \pm 0,39$; $n=55$) ($t=5,46$; $GL=108$; $p<0,01$). Quanto à força de mutualismo entre as plantas e polinizadores da mata de galeria, a média foi $0,52 \pm 0,38$; $n=55$. Quase a metade das interações da rede (49,1%) apresentou valor da força de mutualismo maior que a média (figura 7). Quanto a força total das interações na mata de galeria, assim como no cerrado rupestre, as espécies de plantas também apresentaram maior força total ($1,24 \pm 1,85$; $n=23$) que as espécies de polinizadores ($0,65 \pm 0,45$, $n=44$) ($t=2$; $GL=65$; $p=0,04$). O efeito do grau (k) sobre a força total foi mais significativo para as plantas ($r^2=0,82$; $GL=36$; $p<0,001$ no cerrado rupestre e $r^2=0,89$; $GL=21$; $p<0,001$ na mata de galeria) do que para os polinizadores ($r^2=0,26$; $GL=92$; $p=0,02$ no cerrado rupestre e $r^2=0,17$; $GL=42$; $p=0,002$ na mata de galeria) em ambos os ambientes estudados (figura 8).

No cerrado rupestre o aninhamento não foi significativo ($N=4,59$; $p=0,45$), sendo o valor obtido para o modelo nulo (Ce) de 5,49. Para a mata de galeria a rede obtida também não foi significativamente aninhada ($N=2,94$; $p=0,84$), quando comparada ao valor obtido para o modelo nulo (Ce), que foi de 4,05.

As plantas, tanto no cerrado rupestre quanto na mata de galeria, apresentaram maiores valores das três medidas de centralidade quando comparados aos polinizadores ($p\leq 0,05$ em todos os casos). O grupo de polinizadores que apresentou em média maiores valores de centralidade de grau (DC) e centralidade de proximidade (CC) foram os beija-flores, seguido das abelhas, formigas e besouros, moscas e borboletas e por último as vespas (tabela 5). A porcentagem de polinizadores com $BC > 0$ concentrou-se principalmente entre os grupos que apresentaram maiores valores médios de DC e CC, entretanto as vespas que obtiveram baixos valores médios dessas medidas apresentaram 38,5% de seus representantes com $BC > 0$ (tabela 5).

A força de mutualismo não apresentou diferença significativa entre o cerrado rupestre e a mata de galeria ($t=0,03$; $GL=200$; $p=0,97$). Quanto às medidas de centralidade, as espécies de plantas do cerrado rupestre apresentaram menor valor da centralidade de grau (DC) e

centralidade de proximidade (CC) em relação às plantas da mata de galeria, assim como para os polinizadores ($p \leq 0,04$, em todos os casos). No cerrado rupestre 44,7% das plantas podem ser consideradas como conectoras entre áreas da rede ($BC > 0$) enquanto que 27,7% dos polinizadores tiveram este papel. Na mata de galeria apenas três espécies de plantas (13,04%), sendo elas: *Abutilon* sp, *Lasiacis sorghoidea* e *Pogonopus tubulosus* e cinco espécies de polinizadores (11,36%), sendo as abelhas *Paratetrapedia connexa*, *Tetragona* cf. *quadrangula*, *Trigona* cf. *fulviventris*; e os beija-flores *Thalurania furcata* e *Phaethornis pretrei* apresentaram $BC > 0$, podendo assim, ser consideradas como conectoras entre áreas da rede.

DISCUSSÃO

A grande heterogeneidade na composição de espécies, tanto de plantas quanto de animais polinizadores nas duas áreas estudadas na região da Serra de Maracaju, poderia ser esperada tendo em vista as diferenças nas características edáficas quanto aos níveis de umidade e fertilidade dos solos e à disponibilidade de luz entre a mata de galeria e o cerrado rupestre (Moreno *et al.* 2008).

As espécies de plantas nas duas áreas estudadas apresentam períodos de floração sequenciais, com floração contínua em nível de comunidade. Em ambientes tropicais, é esperada oferta ininterrupta de recursos florais para os polinizadores, especialmente para aquelas espécies de vida longa como vertebrados e abelhas sociais (Frankie *et al.* 1974, Rathke & Lacey 1985). Entretanto, a definição de padrões fenológicos requer estudos durante períodos de tempo mais longos, tendo em vista que podem ocorrer variações inter anuais na fenologia das espécies (Newstrom *et al.* 1994).

A conectância encontrada para as redes de interações mutualísticas nas duas áreas estudadas pode ser considerada baixa quando comparada com a obtida em estudos realizados em diferentes ambientes neotropicais (Biesmeijer *et al.* 2005, Pigozzo & Viana 2010, Donatti 2011). A menor conectância do cerrado rupestre em relação à mata de galeria pode estar relacionada à maior riqueza de espécies encontrada para o cerrado rupestre, uma vez que comunidades com maiores números de espécies tendem a apresentar menores valores de conectância (Olesen & Jordano 2002, Olesen *et al.* 2007). Entretanto, esse resultado poderia ser explicado pelo fato de que as comunidades de plantas e polinizadores interagem com número mais ou menos determinado de espécies, independente da riqueza de uma dada comunidade. Assim, em comunidades mais ricas, as espécies interagem com subconjunto menor de espécies do que em comunidades com menor número de espécies, de modo que a conectância nessas comunidades menos ricas é maior.

Em estudos de redes de interações que envolvem os diversos grupos de polinizadores, como é o caso desse estudo, a medida de conectância pode estar refletindo interações com baixa probabilidade biológica de ocorrerem, as “interações proibidas”, devido a incompatibilidade de interação entre pares de espécies presentes na rede (Vázquez 2005). Assim, em uma comunidade interativa é provável que nem todas as flores disponíveis sejam um recurso potencial para todos os polinizadores, pois pode haver um desacoplamento fenológico ou morfológico entre vários pares de parceiros mutualísticos (Jordano et al. 2003). Dessa forma, uma reavaliação da medida de conectância em estudos que abordam toda comunidade interativa planta-polinizador pode ser necessária.

O maior grau (k) das plantas em relação aos polinizadores demonstra que as plantas são mais generalistas que os polinizadores nas duas áreas estudadas, ou seja, as plantas interagem com maior número de espécies de polinizadores que estes com diferentes espécies de plantas. Uma pequena porcentagem de polinizadores estabeleceu relação com um grande número de plantas e a maioria estabeleceu relação com apenas uma espécie vegetal e vice-versa. O mesmo foi encontrado em áreas de restauração da floresta atlântica (Donatti 2011), na caatinga (Pigozzo & Viana 2010) e em área de campo rupestre (Rodrigues 2011). Entretanto, essa relação dos polinizadores com poucas espécies de plantas não significa necessariamente especialização. Estes resultados podem ser explicados pela baixa abundância de algumas destas espécies no ambiente, de modo que um ou poucos indivíduos tenham sido amostrados (Biesmeijer & Slaa 2006, Pigozzo & Viana 2010). Além disso, períodos de observações focais mais longos podem detectar interações não registradas.

Nas duas áreas estudadas os polinizadores apresentaram dependência maior que as plantas, o que caracteriza uma rede de interações assimétrica quanto à dependência planta-polinizador (Rodrigues 2011). Essa assimetria das interações encontrada no presente estudo corrobora a maioria das redes mutualísticas (Vázquez & Aizen 2004). Entretanto, em comunidades de plantas-polinizadores, normalmente a maior dependência é das plantas pelos polinizadores (Vázquez & Aizen 2004, Bascompte *et al.* 2006, Vázquez *et al.* 2007, Rodrigues 2011, Kohler 2011), padrão inverso ao aqui detectado. Essa forte dependência dos polinizadores pelas plantas, nas áreas estudadas, pode estar relacionada à grande diferença na riqueza de espécies e pelo alto número de interações únicas, uma vez que 71,28% dos polinizadores no cerrado rupestre e 87% na mata de galeria interagiram com apenas uma espécie de planta. Além disso, a maioria dos estudos da interação planta-polinizador anteriormente citados foca somente um dado grupo de polinizador, o que deve diminuir o número de espécies de polinizadores amostrados e a dependência destes pelas plantas.

Apesar de ser comum que as redes de interações apresentem poucas interações fortes e muitas interações fracas (Ulanowicz & Wolff 1991, Goldwasser & Roughgarden 1997), no presente estudo mesmo existindo muitas interações fracas, as redes apresentaram também uma relevante quantidade de interações fortes, o que é evidenciado pelo fato de a média da força de mutualismo ter ficado próxima à metade do valor entre 0 e 1. Adicionalmente, os valores da força de mutualismo ficaram praticamente distribuídos igualmente para cima e para baixo da média nas duas redes estudadas. Dessa forma, as interações do presente estudo não se apresentam claramente como redes simétricas ou assimétricas quanto à força de mutualismo. Esses resultados podem indicar que existe algum risco para a estabilidade das comunidades, uma vez que, segundo Bascompte & Jordano (2007), redes de interações com poucas interações fortes e muitas interações fracas promovem a persistência e a estabilidade da comunidade.

Tanto para as plantas quanto para os polinizadores a força total variou significativamente em função do grau, entretanto para os polinizadores o coeficiente de determinação foi muito menor nas duas áreas estudadas. Esse resultado pode ser devido à grande diferença entre o número de espécies de plantas e de polinizadores presentes nas redes de interações (Donatti 2011).

Os valores encontrados para o NODF nas duas áreas podem ser considerados baixos em comparação com outros ambientes, inclusive para outras fitofisionomias de cerrado como áreas de campo sujo e campo cerrado do estado de São Paulo (Vianna 2010) e áreas em diferentes estágios de restauração da mata atlântica (Donatti 2011). Assim como as redes deste estudo, Kohler (2011) também encontrou estrutura não aninhada para uma rede de interação mutualística planta-beija-flor. Entretanto, um grande número de comunidades mutualísticas revelou estrutura aninhada (Bascompte *et al.* 2003), conforme normalmente é encontrado para redes de interações planta-polinizador (Bascompte *et al.* 2003, Piacentini & Varassin 2007, Pigozzo & Viana 2010, Rodrigues 2011). A ausência de aninhamento pode ser uma desvantagem, uma vez que o aninhamento da rede confere à comunidade maior resistência a perturbações, como a perda de espécies e habitats (Bascompte *et al.* 2003, Jordano *et al.* 2006, Fortuna & Bascompte 2006). Além disso, a estrutura aninhada minimiza a competição e aumenta o número de espécies que podem coexistir (Bastolla *et al.* 2009). Segundo Viana (2010), os baixos valores de aninhamento podem ser indício de uma estrutura da rede de interações mista, com módulos ou em gradientes. Tendo em vista que no presente estudo foi incluída toda a comunidade de plantas e seus polinizadores, os baixos valores de aninhamento, bem como a baixa conectância, poderiam sugerir que as redes de interações para essas áreas sejam compartimentadas.

As medidas de centralidade das redes de interações plantas-polinizadores revelaram que as plantas são mais centrais que os polinizadores nas duas áreas estudadas. Considerando que nas duas áreas os polinizadores tiveram maior riqueza em relação às plantas, esses resultados corroboram os apresentados por Sazima *et al.* (2010) e Rodrigues (2011), o que sugere que comunidades interativas mais ricas, apresentam menores valores de centralidade.

O número de interações de cada polinizador na rede é determinante para a porcentagem de polinizadores com $BC > 0$. Para que uma espécie apresente $BC > 0$ é necessário que interaja com aproximadamente metade das espécies da rede (Martín González *et al.* 2010). Dessa forma, isto explica porque apesar de alguns grupos de polinizadores terem apresentado maiores médias dos valores de DC e CC não apresentaram maior porcentagem de representantes com $BC > 0$.

Os maiores valores das médias das medidas de centralidade de DC e CC, além da maior porcentagem de representantes com $BC > 0$ indicou que os beija-flores foram o grupo de polinizadores mais centrais, sendo *Phaethornis pretrei* e *Thalurania furcata* as principais espécies deste grupo. Esses resultados sugerem que os beija-flores são chave nas redes de interações das áreas estudadas, desempenhando importante papel na sua estrutura, uma vez que quanto maior o valor apresentado para as medidas de centralidade, mais significativo pode ser um colapso da estrutura da rede quando estas espécies são retiradas do ambiente (Jeong *et al.* 2000, Memmott *et al.* 2004). Entretanto, isso só ocorreria se o grupo de beija-flores não representar um módulo isolado na rede de interações, o que não foi testado nesse estudo.

No presente estudo o grupo das abelhas apresentou a maior riqueza de espécies e também a maior abundância de visitas nas plantas. Dessa forma, a importância das abelhas na mata de galeria e no cerrado rupestre corrobora estudos que consideram este grupo o que reúne os principais polinizadores em diferentes ecossistemas temperados e tropicais (Frankie *et al.* 1983, Arroyo *et al.* 1985, Bawa *et al.* 1985), sendo elementos fundamentais nas comunidades de plantas-polinizadores dos cerrados. Entretanto, as abelhas não apresentaram os maiores valores médios das medidas de centralidade, apesar de *Trigona cf. fulviventris* se destacar por ser a espécie mais central do estudo. Como já mencionado, a centralidade tende a ser diluída em comunidades interativas que apresentam alta riqueza de espécies (Sazima *et al.* 2010). Assim a grande riqueza de abelhas nas áreas estudadas deve contribuir para os baixos valores das medidas de centralidade apresentados.

No cerrado rupestre, as vespas foram o segundo principal grupo de polinizadores, realizando 13,4% das interações, enquanto que na mata de galeria somente *Campsomeris* sp1 foi registrada, sendo esse o grupo com menor número de representantes e de interações nesta área. Essa irregularidade da importância das vespas na comunidade de polinizadores já foi reportada (Freitas & Sazima 2006), sendo os insetos desse grupo relatados como agentes polinizadores

pouco expressivos em muitas comunidades (Arroyo *et al.* 1982, Momose *et al.* 1998, Oliveira & Gibbs 2000). Entretanto, Danieli-Silva *et al.* (2012) encontrou alta incidência de espécies de plantas polinizadas por vespas, mas essas estavam associadas a flores miiófilas, não tendo sido relacionadas a uma síndrome específica de polinização por vespas. Para aquela rede de interações, a retirada das vespas e moscas não teve nenhum efeito sobre sua modularidade, mas adicionou generalismo a rede. Esse resultado dá suporte a existência de interações mais específicas entre vespas e flores miiófilas (Danieli-Silva *et al.* 2012).

As formigas apresentaram a terceira maior média das medidas de centralidade e, depois dos beija-flores tiveram a maior porcentagem de representantes com $BC > 0$, sendo *Formica* sp a espécie mais central deste grupo. Ainda que as formigas sejam reconhecidas como visitantes florais de algumas espécies (Puterbaugh 1998, Ashman & King 2005, Vega *et al.* 2009), devido à questões morfológicas e comportamentais são consideradas pouco eficientes como polinizadoras (Gómez 2000), podendo atuar como antagonistas em muitos casos (Rico-Gray 1989, Hölldobler & Wilson 1990). No presente estudo, foram incluídas nas redes mutualísticas por terem visitado as flores de maneira legítima. Entretanto, outros aspectos mais detalhados de seu comportamento de visitas devem ser avaliados.

Todos os besouros, moscas e lepidópteros apresentaram grau 1, sendo assim os grupos mais específicos do presente estudo, não apresentando representantes com $BC > 0$. Como já mencionado, estes resultados por si só não podem ser interpretados como especializações espécie-específica. Entretanto, a espécie de planta *Annona coriacea* e o polinizador *Cyclocephala* sp podem de fato representar relação mas especializada, pelo menos em nível de grupo do polinizador, uma vez que Annonaceae é reconhecida como uma família com vários representantes cantarófilos (Gottsberger 1999).

Os maiores valores das medidas de centralidade de grau (DC) e de proximidade (CC) obtidos para a rede da mata de galeria em relação à do cerrado rupestre devem ser consequência da menor riqueza de espécies na mata de galeria. O alto número de interações únicas tanto para plantas quanto para polinizadores neste ambiente contribuíram para a baixa porcentagem de polinizadores com centralidade por intermédio ($BC > 0$) (Martín González *et al.* 2010). Estudos que envolvam a fauna de polinizadores e suas plantas, comparando diferentes fitofisionomias do cerrado, são inexistentes. Dessa forma, a menor riqueza de espécies encontrada para a mata de galeria pode ser um padrão para essa fitofisionomia do cerrado ou apenas uma característica local. Gouveia & Felfili (1998) também encontraram menor riqueza de plantas na área de mata de galeria em relação à outra fitofisionomia de cerrado. Entretanto, Resende & Guimarães (2007) alertam que existe grande variabilidade na vegetação entre diferentes locais dentro de um mesmo sistema, especialmente para matas de galeria.

Os resultados do presente estudo corroboram Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger (1988), que sugerem que ambientes com características edáficas diferentes podem apresentar diferentes tipos de vegetação e sistemas de polinização, uma vez que, no presente estudo, nenhuma espécie de planta co-ocorreu e apenas onze espécies de polinizadores foram encontrados nas duas áreas. Essa grande variação entre as fitofisionomias sugere que para a preservação das interações planta-polinizador do cerrado, é necessário criar Unidades de Conservação que abranjam toda a variedade de fitofisionomias desse ecossistema (Resende & Guimarães 2007). A diferença nas métricas das redes de interações entre a mata de galeria e o cerrado rupestre se deve principalmente a acentuada diferença na riqueza de espécies, sendo o cerrado rupestre mais rico tanto em espécies de plantas quanto de polinizadores. Ao analisar os grupos de polinizadores concluímos que, devido aos altos valores das medidas de centralidade, os beija-flores são agentes importantes para a estabilidade das interações planta-polinizador, uma vez que quanto maior o valor apresentado para as medidas de centralidade, mais significativo pode ser um colapso da estrutura da rede com a perda desses elementos. Por outro lado, as abelhas são importantes devido à maior riqueza de espécies e maior número de visitas às flores, de modo similar ao encontrado para diversos ecossistemas. Todas as espécies de besouros, lepidópteras e moscas apresentaram apenas uma interação com as espécies de plantas. Entretanto, estes resultados provavelmente não indicam especificidade, sendo indício de que nestes grupos pode haver maior número de interações espécie-específica ou pelo menos especializações em nível do grupo de polinizador. Ou ainda, apenas refletir o baixo número de registros para esses grupos nas áreas de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida-Neto M., Guimarães P., Guimarães P.R., Loyola R.D. & Ulrich W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* 117: 1227-1239.

Arroyo M. T. K., Armesto J. J. & Primack R.B. 1985. Community studies in pollination ecology in the high temperature Andes of central Chile. II. Effect of temperature on visitation rates and pollination possibilities. *Plant Systematics and Evolution* 149: 187-203.

Arroyo M. T. K., Primack R. & Armesto J. 1982 Community studies in pollination ecology in the high temperate Andes of central Chile. Pollination mechanisms and altitudinal variation. *American Journal of Botany* 69 (1): 82-97.

Ashman T. L. & King E. A. 2005. Are flower-visiting ants mutualists or antagonists? A study in a gynodioecious wild strawberry. *American Journal of Botany* 92 (5): 891-895.

Atmar W. & Paterson B. D. 1993. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitats. *Oecologia* 96: 373-382.

Barbosa A. A. A. 1997. Biologia reprodutiva de uma comunidade de campo sujo, Uberlândia/MG. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Bascompte J. & Jordano P. 2006. The structure of plant-animal mutualistic networks. In: Pascual M. & Dunne J. (eds.). *Ecological networks*. Oxford University Press. Pp. 143-159.

Bascompte J. & Jordano P. 2007. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 38: 567-593.

Bascompte J., Jordano P., Melián C. J. & Olesen J.M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100 (16): 9383-9387.

Bascompte J., P. Jordano & J.M. Olesen. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312: 431-433.

Bastolla U., Fortuna M. A., Pascual-Garcia A., Ferrera A., Luque B. & Bascompte J. 2009. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature* 458: 1018-1020.

Batagelj V. & Mrvar A. 1998. Pajek - Program for Large Network Analysis. *Connections* 21 (2): 47-57.

Bawa K. S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 399-422.

Bawa K. S., Bullock S. H., Perry D. R., Coville R. E. & Grayu M. H. 1985. Reproductive biology of tropical rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* 72 (3): 346-356.

Biesmeijer J. C., Slaa E. J., Castro M. S., Viana B. F. Kleinert A. M. P. & Imperatriz-Fonseca V. L. 2005. Connectance of Brazilian social bee-food plant networks is influenced by habitat, but not by latitude, altitude or network size. *Biota Neotropica* 5 (1): 85-93.

Biesmeijer J.C. & Slaa E.J. 2006. The structure of eusocial bee assemblages in Brazil. *Apidologie* 37: 240-258.

Brasil. 1997. Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP: Projeto Pantanal. Programa Nacional do Meio Ambiente - PNMA. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 3: 369 p.

Cemtec-MS/Agraer/INMET. 2010. Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul. Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural. Instituto Nacional de Meteorologia. <http://www.agraer.ms.gov.br/cemtec> (dados acessados em 03/11/2011).

Corlett R. T. & Turner I. M. 1997. Long term survival in tropical forest remnants in Singapore and Hong Kong. Pp. 333-345. In: W.F. Laurence & R.O. Bierregaard Jr. (eds.). *Tropical forest remnants - ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago, University of Chicago Press.

Danieli-Silva A., De Souza J. T. M, Donatti A. J., Campos R.P., Vicente-Silva J., Freitas L. & Varassin I.G. 2012. Do pollination syndromes cause modularity and predict interactions in a pollination network in tropical high-altitude grasslands? *Oikos* 121: 35–43.

de Nooy W., Mrvar A. & Batagelj V. 2005. *Exploratory social network analysis with Pajek*. Cambridge University Press 334p.

Dias F.F. 2011. Polinização de quatro espécies de Rubiaceae ornitófilas na Serra de Maracaju. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Doná E. A. 2011. Comunidade de beija-flores e de espécies ornitófilas em dois ambientes na Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Donatti A. J. 2011. Como estão organizadas as redes de interações de visitação floral em áreas de restauração de floresta atlântica? Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Eiten G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*. 38 (2): 201-341.

Elberling H. & Olesen J. M. 1999. The structure of a high latitude plant-pollinator system: the dominance of flies. *Ecography* 22 (3): 314-323.

Fina B. D. 2009. Caracterização fitofisionômica da Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, município de Aquidauana/MS. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Fortuna M. A. & Bascompte J. 2006. Habitat loss and the structure of plant-animal mutualistic networks. *Ecology Letters* 9: 278-283.

Frankie G. W., Haber W. W., Opler P. A. & Bawa K.S. 1983. Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rican dry forest. Pp. 441-448. In: Jones C. E. & Little R. J. (eds.), *Handbook of experimental pollination biology*. Scientific and Academic Editions 558p.

Frankie G.W., Baker H.G. & Opler P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62: 881-919.

Freeman L. C. 1979. Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks* 1: 215-239.

Freitas L. & Sazima M. 2006. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: interactions at the community level. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93 (3): 465-516.

Genini J., Morellato L. P. C., Guimarães P. R. & Olesen J. M. 2009. Cheaters in mutualism networks. *Biology Letters* 6: 494-497.

Giacomini H. C. & Junior M. P. 2010. A estrutura de teias tróficas. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia* 38(1): 1-33.

Goldwasser L. & Roughgarden J. 1997. Sampling effects and the estimation of food web properties. *Ecology* 78 (1): 41-54.

Gómez J. M. 2000. Effectiveness of ants as pollinators of *Lobularia maritima*: effects on main sequential fitness components of the host plant. *Oecologia* 122: 90-97.

Gottsberger G. 1999. Pollination and evolution in neotropical Annonaceae. *Plant Species Biology* 14: 143-152.

Gouveia G. P. & Felfili J. M. 1998. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil Central. *Revista Árvore* 22 (4): 443-450.

Grantsau R. 1988. Os beija-flores do Brasil. Rio de Janeiro. Expressão e Cultura 233p.

Guimarães P.R. & Guimarães P. 2006. Improving the analysis of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software* 21: 1512-1513.

Guimarães P.R., Sazima C., Reis S.F. & Sazima I. 2007. The nested structure of marine cleaning symbiosis: is it like flowers and bees? *Biology Letters* 3: 51-54.

Hölldobler B. & Wilson E. O. 1990. *The Ants*. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 644 pp.

Inouye D. W. 1983. The ecology of nectar robbing. In: *The biologies of nectaries* (eds B. Bentley & T. S. Elias). Columbia University Press 153-173.

Janzen D. H. 1970. Herbivores and the tree species in tropical forest. *American Naturalist* 104: 501-528.

Jeong H., Mason S.P., Barabási A.L. & Oltvai Z.N. 2000. Lethality and centrality in protein networks. *Nature* 401: 41-42.

Jordán F., Liu W. & Davis A. J. 2006. Topological keystone species: measures of positional importance in food webs. *Oikos* 112: 535-546.

Jordano et al. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant–animal interactions. *Ecology Letters* 6:69-81.

Jordano P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist* 129 (5): 657-677.

Jordano P., Bascompte J. & Olesen J. M. 2006. The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. In: Waser N. M. & Ollerton J. (eds), *Plant–pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press 173-199.

Kohler G. U. 2011. Redes de interação planta-beija-flor em um gradiente altitudinal de floresta atlântica no sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Koschützki D. 2008. Network centralities. - In: Junker B. H. & Schreiber F. (eds), Analysis of biological networks 1: 65–84.

Lewinsohn T.W., Loyola R.D. & Prado P.I. 2006. Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estrutura em comunidades interativas. *Oecologia Brasiliensis* 10 (1): 90-104.

Machado I. C. & Lopes A. V. 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. *Annals of Botany* 94: 365-376.

Mark W. C., Michael F. F., James L. R., Douglas E. S., Pamela S. S., Peter F., Arne A. A., Michael J. M., Richard G. O., Paula J. R. & Kenneth J. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.

Martín González A. M., Dalsgaard B. & Olesen J. M. 2010. Centrality measures and the importance of generalist species in pollination networks. *Ecological Complexity* 7: 36–43.

Memmott J., Waser N. M. & Price M. V. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings Royal Society of London* 271: 2605-2611.

Momose K., Yumoto T., Nagamitsu T., Kato M., Nagamasu H., Sakai S., Harrison R. D., Itioka T., Hamid A. A. & Inoue T. 1998. Pollination biology in a lowland dipterocarp forest in Sarawak, Malaysia. I. Characteristics of the plant-pollinator community in a lowland dipterocarp forest. *American Journal of Botany* 85(10): 1477–1501.

Moreno M. I. C., Schiavin I. & Haridasan M. 2008. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do cerrado. *Caminhos de Geografia* 9 (25): 173-194.

Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., Fonseca G. A. B. & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403 (6772): 853-858.

Newman M. E. J. 2003. The structure and function of complex networks. *SIAM Rev.* 45:167–256.

Newstrom L. E., Frankie G. W. & Baker H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26 (2): 141-159.

Olesen J.M. & Jordano P. 2002. Geographic patterns in plant–pollinator mutualistic networks. *The American Naturalist* 159 (6): 2416-2424.

Olesen J.M., Bascompte J., Dupont Y.L. & Jordano P. 2007. The modularity of pollination networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 19891-19896.

Oliveira P. E. & Gibbs P. E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195:311-329.

Piacentini V. Q. & Varassin I. G. 2007. Interaction network and the relationships between bromeliads and hummingbirds in an area of secondary Atlantic rain forest in southern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 23: 663–671.

Pigozzo C.M. & Viana B.F. 2010. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. *Oecologia Australis* 14 (1): 100-114.

Puterbaugh M. N. 1998. The roles of ants as flowers visitors: experimental analysis in three alpine plant species. *Oikos* 83: 36–46.

Ramos-Jiliberto R., Albornoz A. A., Valdovinos F. S., Smith-Ramírez C., Arim M., Armesto J. J. & Marquet P. A. 2009. A network analysis of plant–pollinator interactions in temperate rain forests of Chiloé Island, Chile. *Oecologia* 160: 697-706.

Rathke B. & Lacey E. P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.

Ratter J. A. & Dargie T. C. D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 49 (2): 235-250.

Resende M. L. F. & Guimarães L. L. 2007. Inventários da Biodiversidade do Bioma Cerrado: Biogeografia de Plantas. Instituto Brasileiro de Biogeografia e Estatística – IBGE 14 p.

Ribeiro J.F. & Walter B.M.T. 1998. Fitofisionomia do bioma Cerrado. In: Sano S.M. & Almeida S.P. Cerrado ambiente e flora. EMBRAPA-CPAC 89-152.

Rico-Gray V. 1989. The importance of floral and circum-floral nectar to ants inhabiting dry tropical lowlands. *Biological Journal of the Linnean Society* 38: 173–181.

Rodrigues L. C. 2011. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre: composição de espécies, sazonalidade e rede de interações. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Sano E. E., Rosa R., Brito J. L. S. & Ferreira L. G. 2008. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43 (1): 153-156.

Sazima C., Guimarães P.R., Reis S.F. & Sazima I. 2010. What makes a species central in a cleaning mutualism network? *Oikos* 119: 1319-1325.

Silberbauer-Gottsberger I. & Gottsberg G. 1988. A polinização de plantas do cerrado. *Brazilian Journal of Biology* 48: 651-663.

Smith A. P. 1973. Stratification of temperate and tropical forest. *American Naturalist* 107: 671-683.

Ulanowicz R. E. & Wolff W. F. 1991. Ecosystem flow networks: Loaded dice? *Mathematical Biosciences* 103 (1): 45-68.

Vázquez D. 2005. Degree distribution in plant-animal mutualistic networks: forbidden links or random interactions? *Oikos* 108: 421-426.

Vázquez D.P. & Aizen M.A. 2004. Asymmetric specialization: a pervasive feature of plant-pollinator interactions. *Ecology* 85 (5): 1251-1257.

Vázquez D.P., Melián C.J., Williams N.M., Blüthgen N., Krasnov B.R. & Poulin R. 2007. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos* 116: 1120-1127.

Vega C., Arista M., Ortiz P. L., Herrera C. M. & Talavera S. 2009. The ant-pollination system of *Cytinus hypocistis* (Cytinaceae), a Mediterranean root holoparasite. *Annals of Botany* 103: 1065-1075.

Vianna M. R. 2010. Fatores que influenciam métricas topológicas de redes de interação entre plantas e visitantes florais: uma abordagem metodológica. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP).

FIGURAS E TABELAS



Figura 1. Detalhe das áreas de cerrado rupestre (acima) e mata de galeria (abaixo), localizadas na Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul.

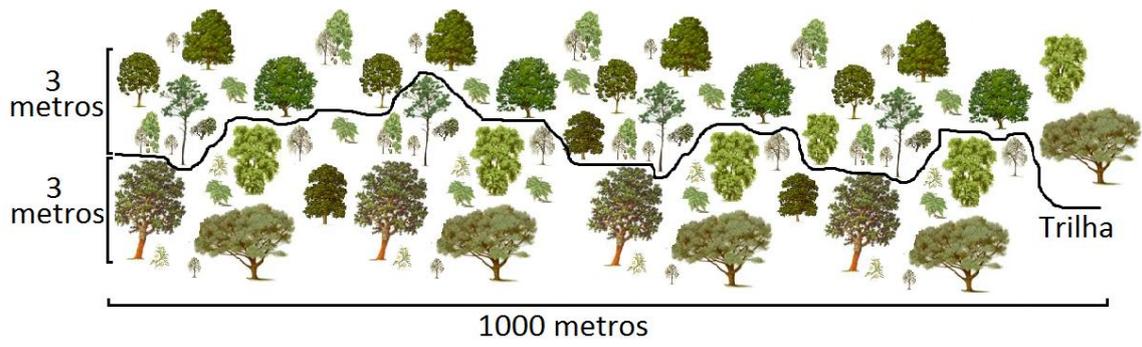


Figura 2. Esquema do método de amostragem nas áreas de estudo da Serra de Maracaju.

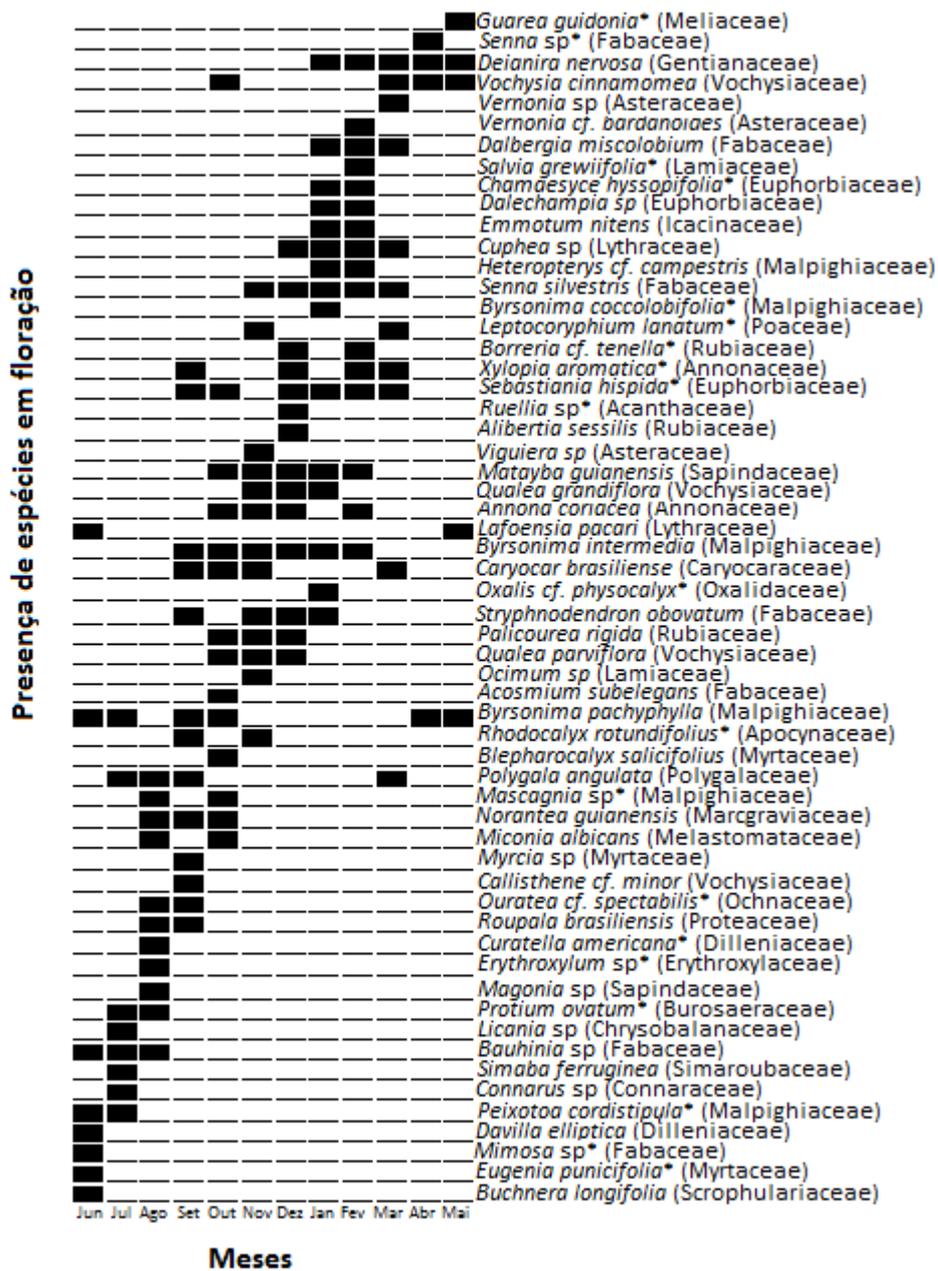


Figura 3. Período de floração das espécies de planta do cerrado rupestre de junho a dezembro de 2008 e de janeiro a maio de 2009. * Espécies em que não foram observados polinizadores.

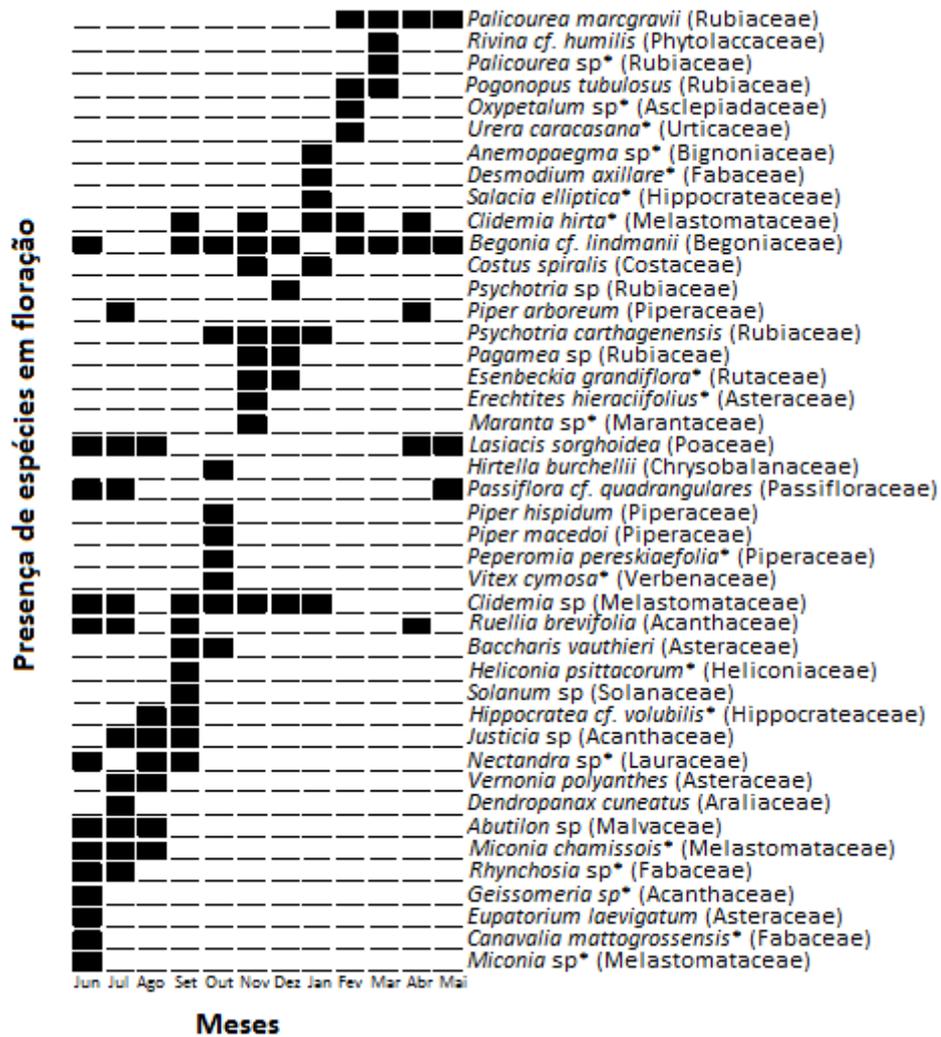


Figura 4. Período de floração das espécies de planta da mata de galeria no período de junho a dezembro de 2008 e de janeiro a maio de 2009. * Espécies em que não foram observados polinizadores.

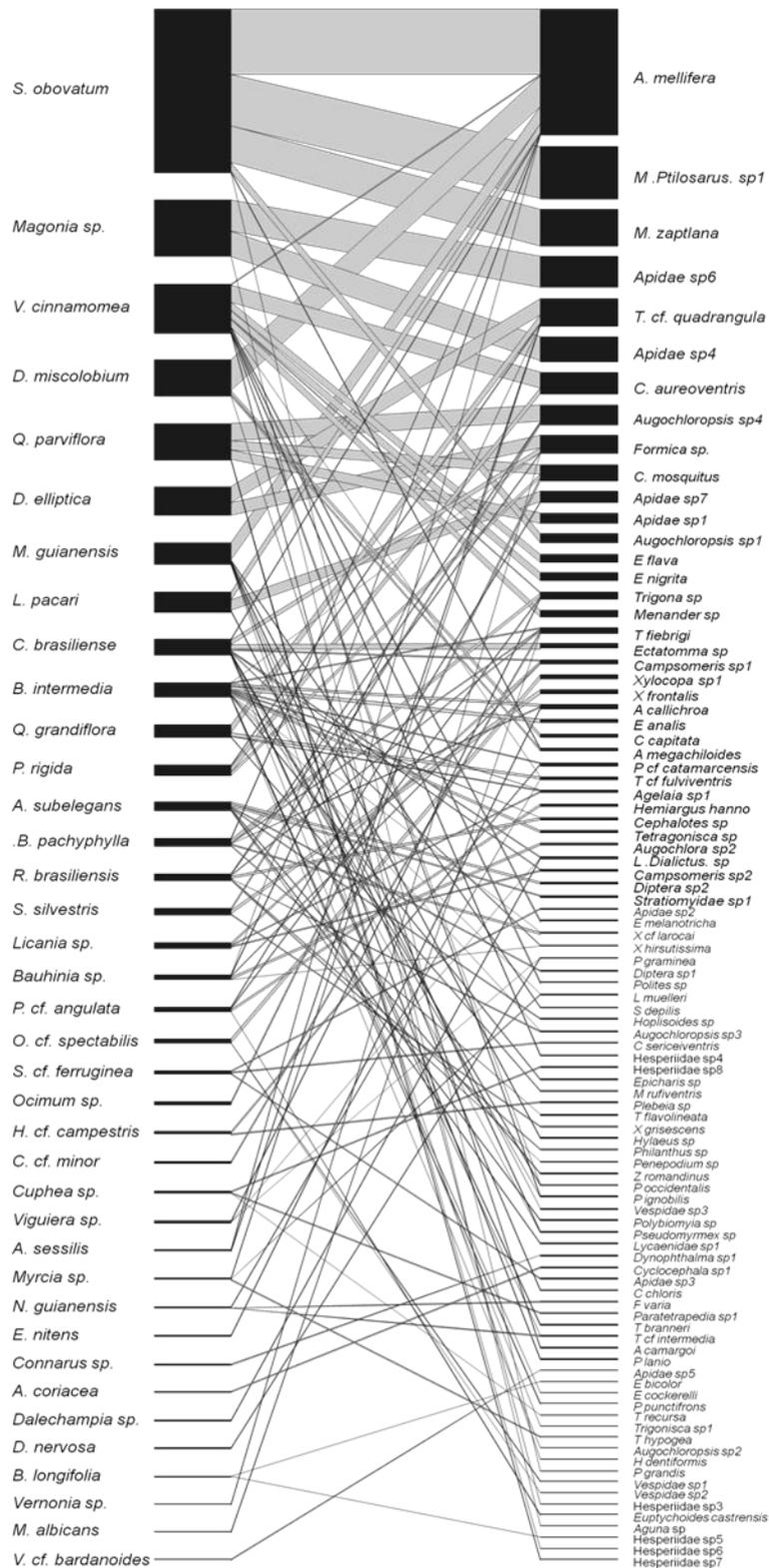


Figura 5. Rede bipartida quantitativa do cerrado rupestre, dispostas de forma aninhada, das interações entre plantas (coluna da esquerda) e polinizadores (coluna da direita). O número de links é referente ao grau (k) de cada espécie e a espessura da linha que conecta planta e polinizador corresponde a força da interação.

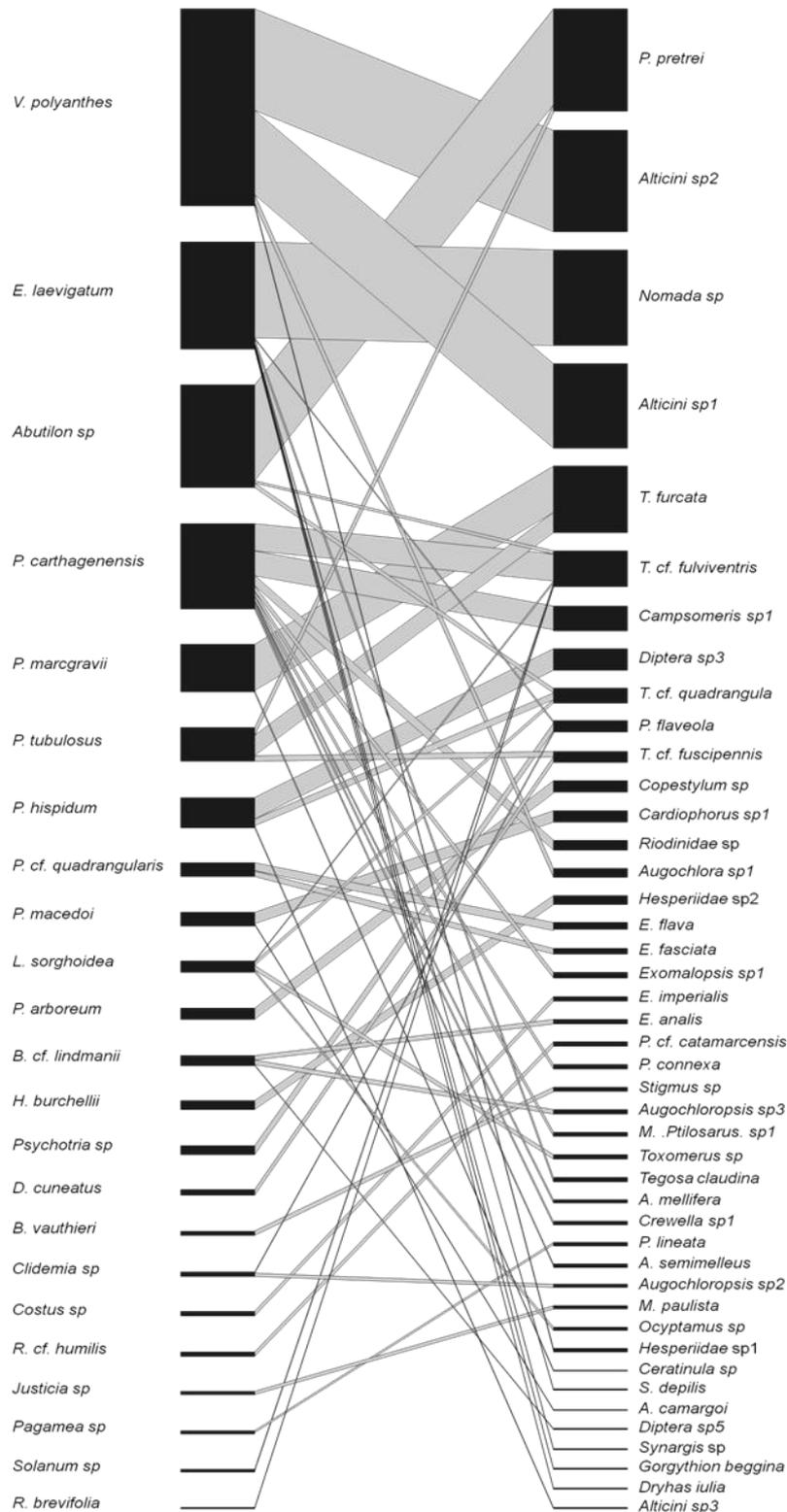
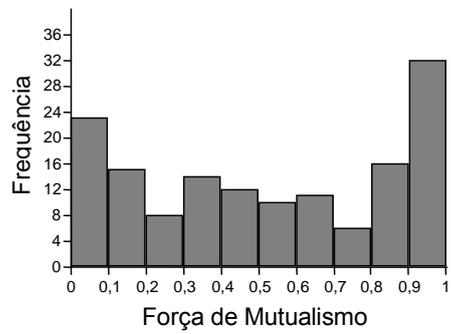
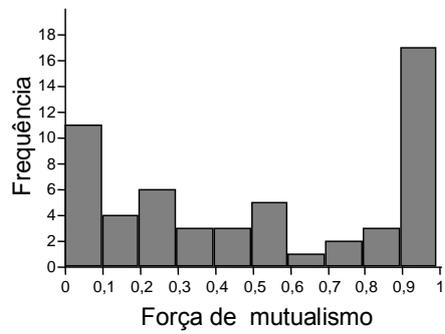


Figura 6. Rede bipartida quantitativa da mata de galeria, dispostas de forma aninhada, das interações entre plantas (coluna da esquerda) e polinizadores (coluna da direita). O número de links é referente ao grau (k) de cada espécie e a espessura da linha que conecta planta e polinizador corresponde a força da interação.



a



b

Figura 7. Frequência da força de mutualismo da interação planta-polinizador no cerrado rupestre (a) e na mata de galeria (b), na Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul.

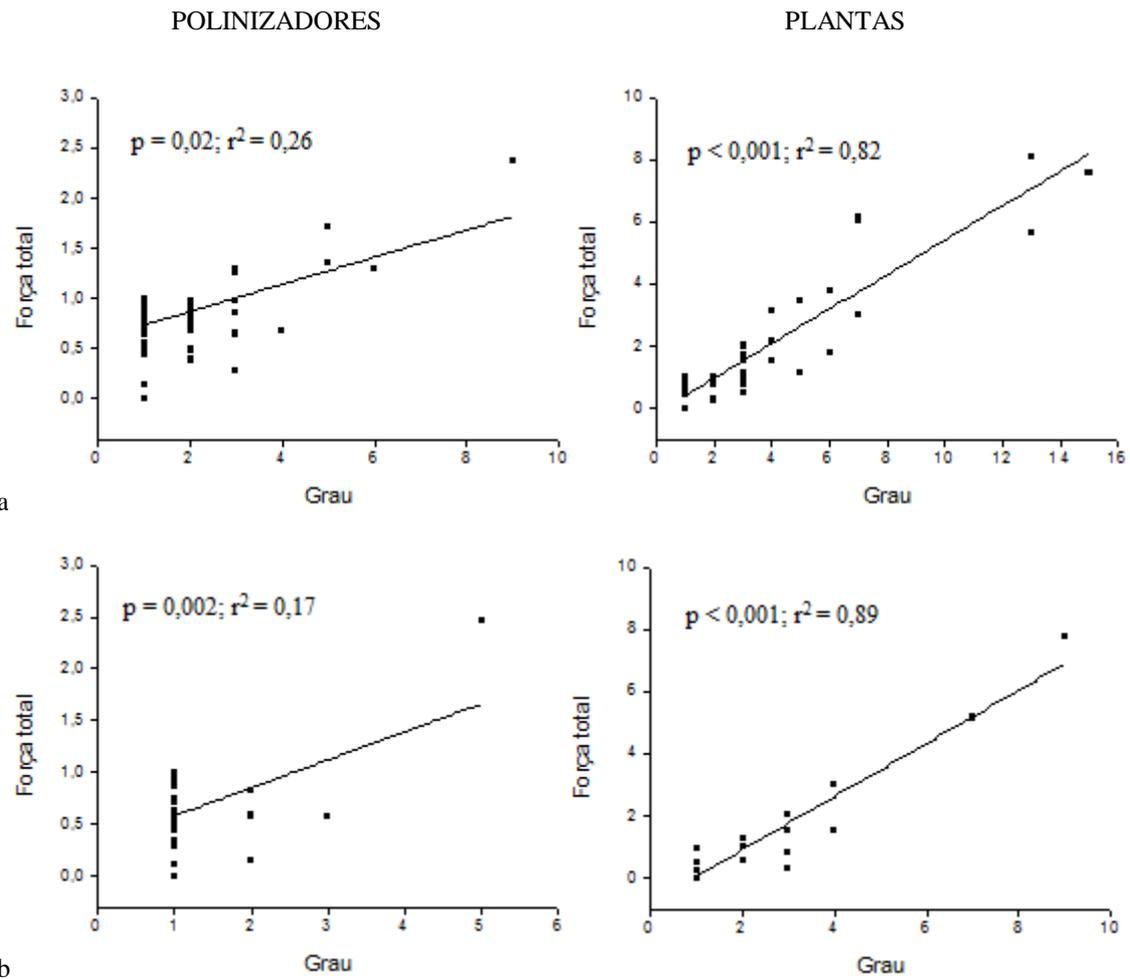


Figura 8. Efeito do grau (k) sobre a força total para redes de interação no cerrado rupestre (a) e na mata de galeria (b).

Tabela 1. Espécies de plantas, registro no herbário CGMS, grau, força total, centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC) e centralidade por intermédio (BC), além do código dos polinizadores (conforme tabela 2) que visitou cada espécie de planta do cerrado rupestre.

Espécie de planta	Registro CGMS	Grau	Força total	DC	CC	BC	Código da espécie de polinizador
ANNONACEAE							
<i>Annona coriacea</i> Mart.	33293	1	0,00	0,00028	0	0	71
ASTERACEAE							
<i>Vernonia</i> cf. <i>bardanoides</i> Less.	33260	1	0,00	0,00028	0	0	13, 69
<i>Vernonia</i> sp Burmeist.	33333	1	0,98	0,00028	0,03284	0	69
<i>Viguiera</i> sp Kunth	33265	3	0,47	0,00084	0,03425	0,07542	38, 54, 55
CARYOCARACEAE							
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	33285	13	5,62	0,00364	0,04626	0,18236	16, 26, 34, 39, 40, 55, 64, 69, 72, 73, 78, 79, 81, 82
CHRYSOBALANACEAE							
<i>Licania</i> sp Martinov	33297	3	0,72	0,00084	0,03213	0,00147	77, 81, 82
CONNARACEAE							
<i>Connarus</i> sp L.	33326	1	0,00	0,00028	0,000	0,000	4
DILLENIAEAE							
<i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil	33320	2	0,26	0,00056	0,03849	0,02754	31, 69
EUPHORBIACEAE							
<i>Dalechampia</i> sp L.	33264	1	0,57	0,00028	0,02807	0	55
FABACEAE							
<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.)Yakovlev	33253	7	6,00	0,00196	0	0	5, 6, 7, 8, 46, 66, 91
<i>Bauhinia</i> sp L.	33304	5	1,15	0,00140	0,04237	0,04472	16, 31, 48, 64, 81
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	33261	4	3,13	0,00112	0,03637	0	16, 24, 56, 57
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby	33258	3	1,49	0,00084	0,02560	0	53, 62, 63,
<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	33262	6	3,77	0,00168	0,03637	0	16, 50, 57, 58, 59, 68
GENTIANACEAE							
<i>Deianira nervosa</i> Cham. & Schltldl.	33254	1	0,40	0,00028	0,02207	0	54

ICACINACEAE

Emmotum nitens (Benth.) 33259 1 0,77 0,00028 0,02913 0 49
Mierosa

LAMIACEAE

Ocimum sp L. 1 0,80 0,00028 0,02472 0 2

LYTHRACEAE

Cuphea sp P. Browne 33257 3 2,00 0,00084 0 0 37, 42, 88

Lafoensia pacari A. St.-Hil. 33319 3 1,73 0,00084 0,03743 0,00669 15, 16, 76

MALPIGHIACEAE

Byrsonima intermedia A. Juss. 33274 15 7,56 0,00420 0,04167 0,13559 17, 19, 21, 26, 28,
32, 33, 41, 44, 49,
51, 52, 69, 71, 77

Byrsonima pachyphylla A. Juss. 33247 6 1,78 0,00168 0,04520 0,16480 16, 32, 38, 43, 44,
49

Heteropterys cf. *campestris* A. Juss. 33307 2 0,74 0,00056 0,02472 0 28, 29

MARCGRAVIACEAE

Norantea guianensis Aubl. 33249 3 0,90 0,00084 0,03001 0,00065 25, 35, 39

MELASTOMATACEAE

Miconia albicans (Sw.) Triana 33288 1 0,94 0,00028 0,03213 0 32

MYRTACEAE

Myrcia sp DC. 33299 3 1,14 0,00084 0,03407 0,00596 26, 31, 36

OCHNACEAE

Ouratea cf. *spectabilis* (Mart. ex Engl.) Engl. 33298 3 1,99 0,00084 0 0 65, 74, 75

POLYGALACEAE

Polygala cf. *angulata* D.C. 33322 4 1,53 0,00112 0,03107 0,00122 15, 38, 92, 93

PROTEACEAE

Roupala brasiliensis Klotzsch 33252 7 2,97 0,00196 0,03884 0,10969 32, 47, 52, 53, 60,
69, 71

RUBIACEAE

Alibertia sessilis (Vell.) K. Schum. 33295 2 0,96 0,00056 0,04131 0,03212 16, 31

Palicourea rigida Kunth 33289 3 0,49 0,00084 0,03602 0,07971 1, 2, 31

SAPINDACEAE

Magonia sp A. St.-Hil. 33317 3 2,00 0,00084 0 0 12, 14, 90

Matayba guianensis Aubl. 33316 7 6,13 0,00196 0,03637 0 16, 30, 45, 61, 67,
80, 73

SCROPHULARIACEAE

<i>Buchnera longifolia</i> Kunth	33292	2	1,00	0,00056	0	0	18, 85
----------------------------------	-------	---	------	---------	---	---	--------

SIMAROUBACEAE

<i>Simaba</i> cf. <i>ferruginea</i> A. St.-Hil.	33296	3	2,01	0,00084	0	0	10, 11, 70
---	-------	---	------	---------	---	---	------------

VOCHYSIACEAE

<i>Callisthene</i> cf. <i>minor</i> Mart.	33300	1	0,56	0,00028	0,03213	0	32
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	33268	4	2,16	0,00112	0,03814	0,02972	27, 31, 35, 77
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	33287	5	3,43	0,00140	0,02948	0,02224	2, 9, 53, 86, 87
<i>Vochysia cinnamomea</i> Pohl	33290	13	8,11	0,00364	0,04273	0,08011	1, 16, 20, 22, 23, 35, 38, 78, 79, 83, 84, 89, 94

Tabela 2. Código do polinizador, espécies de polinizadores, grau, força total, centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC) e centralidade por intermédio (BC) da área de cerrado rupestre. As espécies sublinhadas co-ocorreram nas duas áreas estudadas.

Código	Espécie de polinizador	Grau	Força total	DC	CC	BC
	APODIFORMES					
	TROCHILIDAE					
	TROCHILINAE					
1	<i>Chlorostilbon aureoventris</i> (Orbigny and Lafresnaye, 1838)	2	0,72	0,00056	0,01539	0,02578
<u>2</u>	<i>Chrysolampis mosquitus</i> (Linnaeus, 1758)	3	1,25	0,00084	0,01237	0,02774
	COLEOPTERA					
	SCARABAEIDAE					
	DYNASTINAE					
	Cyclocephalini					
3	<i>Cyclocephala</i> sp (Dejean, 1821)	1	0,00	0,00028	0	0
4	<i>Dynophtalma</i> sp	1	0,00	0,00028	0	0
	DIPTERA					
5	Diptera sp1	1	0,83	0,00028	0,00236	0
6	Diptera sp2	1	0,80	0,00028	0,00236	0
	STRATIOMYIDAE					
7	Stratiomyidae sp	1	0,80	0,00028	0,00236	0
	SYRPHIDAE					
	ERISTALINAE					
	Ceriodini					
<u>8</u>	<i>Polybiomyia</i> sp	1	0,90	0,00028	0,00236	0
	HYMENOPTERA					
	APOIDEA					
	APIDAE					
9	Apidae sp1	1	0,73	0,00028	0,01014	0
10	Apidae sp2	1	0,55	0,00028	0,00079	0
11	Apidae sp3	1	0,82	0,00028	0,00079	0
12	Apidae sp4	1	0,56	0,00028	0,00079	0
13	Apidae sp5	1	0,00	0,00028	0	0
14	Apidae sp6	1	0,45	0,00028	0,00079	0
15	Apidae sp7	2	0,49	0,00056	0,01279	0,00685
	APINAE					
	Apini					
16	<u><i>Apis mellifera</i></u> (Linnaeus, 1758)	9	2,36	0,00252	0,02145	0,29943
	Centridini					
17	<i>Epicharis analis</i> (Lepelletier, 1841)	1	0,76	0,00028	0,01417	0
18	<i>Epicharis bicolor</i> (Smith, 1854)	1	0,50	0,00028	0,00039	0

19	<i>Epicharis cockerelli</i> (Friese, 1900)	1	0,98	0,00028	0,01417	0
20	<u><i>Epicharis flava</i> (Friese, 1900)</u>	1	0,83	0,00028	0,01453	0
21	<i>Epicharis</i> sp (Klug, 1807)	1	0,94	0,00028	0,01417	0
Euglossini						
22	<i>Euglossa melanotricha</i> (Moure, 1967)	1	0,97	0,00028	0,01453	0
23	<i>Eulaema nigrita</i> (Lepeletier, 1841)	1	0,97	0,00028	0,01453	0
Meliponini						
24	<i>Cephalotrigona capitata</i> (Smith, 1854)	1	0,91	0,00028	0,01220	0
25	<i>Frieseomelitta varia</i> (Lepeletier, 1836)	1	0,50	0,00028	0,01096	0
26	<i>Leurotrigona muelleri</i> (Friese, 1900)	2	0,38	0,00056	0,01476	0,00945
27	<i>Melipona rufiventris</i> (Lepeletier, 1836)	1	0,93	0,00028	0,01201	0
28	<u><i>Plebeia</i> cf. <i>catamarcensis</i> (Holmberg, 1903)</u>	2	0,39	0,00056	0,01437	0,02217
29	<i>Plebeia</i> sp (Schwarz, 1938)	1	0,67	0,00028	0,00915	0
30	<u><i>Scaptotrigona depilis</i> (Moure, 1942)</u>	1	0,94	0,00028	0,01279	0
31	<u><i>Tetragona</i> cf. <i>quadrangula</i> (Lepeletier, 1836)</u>	6	1,30	0,00168	0,01555	0,04139
32	<i>Tetragonisca fiebrigi</i> (Schwarz, 1938)	5	1,71	0,00140	0,01745	0,06395
33	<i>Trigona</i> (<i>Tetragonisca</i>) sp (Jurine, 1807)	1	0,86	0,00028	0,01417	0
34	<i>Trigona branneri</i> (Cockerell, 1912)	1	0,96	0,00028	0,01522	0
35	<u><i>Trigona</i> cf. <i>fulviventris</i> (Guérin-Méneville, 1844)</u>	3	0,85	0,00084	0,01627	0,02898
36	<i>Trigona hypogea</i> (Silvestri, 1902)	1	0,80	0,00028	0,01086	0
37	<i>Trigona recursa</i> (Smith, 1863)	1	0,86	0,00028	0,00079	0
38	<i>Trigona</i> sp (Jurine, 1807)	4	0,67	0,00112	0,01725	0,07326
39	<i>Trigonisca</i> cf. <i>intermedia</i> (Moure, 1989)	2	0,73	0,00056	0,01568	0,01139
40	<i>Trigonisca</i> sp (Moure, 1950)	1	0,98	0,00028	0,01522	0
Tapinotaspidini						
41	<i>Paratetrapedia punctifrons</i> (Smith, 1879)	1	0,98	0,00028	0,01417	0
42	<i>Paratetrapedia</i> sp (Moure, 1941)	1	0,71	0,00028	0,00079	0
43	<i>Tropidopedia flavolineata</i> (Aguiar & Melo, 2007)	1	0,88	0,00028	0,01391	0
44	<i>Xanthopedia larocai</i> (Moure, 1995["1992"])	2	0,83	0,00056	0,01647	0,02538
COLLETIDAE						
HYLAEINAE						
Hylaeini						
45	<i>Hylaeus</i> sp (Fabricius, 1793)	1	0,96	0,00028	0,01279	0

CRABRONIDAE
BEMBICINAE

Bembicini

46	<i>Hoplisoides</i> sp (Gribodo, 1884)	1	0,87	0,00028	0,00236	0
PHILANTHINAE						
Philanthini						
47	<i>Philanthus</i> sp (Fabricius, 1790)	1	0,87	0,00028	0,01273	0
HALICTIDAE						
HALICTINAE						
Augochlorini						
48	<i>Augochlora</i> sp2 (Smith, 1853)	1	0,56	0,00028	0,01283	0
49	<i>Augochloropsis callichroa</i> (Cockerell, 1900)	3	1,30	0,00084	0,01647	0,02538
50	<i>Augochloropsis</i> sp1 (Cockerell, 1897)	1	0,94	0,00028	0,01260	0
51	<u><i>Augochloropsis</i> sp2 (Cockerell, 1897)</u>	1	0,98	0,00028	0,01417	0
52	<u><i>Augochloropsis</i> sp3 (Cockerell, 1897)</u>	2	0,85	0,00056	0,01516	0,00889
53	<i>Augochloropsis</i> sp4 (Cockerell, 1897)	3	0,66	0,00084	0,01397	0,08499
54	<i>Pseudaugochlora graminea</i> (Fabricius, 1804)	2	0,47	0,00056	0,01119	0
Halictini						
55	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp (Curtis, 1833)	3	0,97	0,00084	0,01575	0,01047
MEGACHILIDAE						
MEGACHILINAE						
Anthidiini						
56	<u><i>Anthodioctes camargoi</i> (Urban, 1999)</u>	1	0,98	0,00028	0,01220	0
57	<i>Anthodioctes megachiloides</i> (Holmberg, 1903)	2	0,92	0,00056	0,01299	0,00130
Megachilini						
58	<u><i>Megachile (Ptilosarus)</i> sp (Latreille, 1802)</u>	1	0,68	0,00028	0,01260	0
59	<i>Megachile zaptlana</i> (Cresson, 1878)	1	0,78	0,00028	0,01260	0
SPHECIDAE						
SCELIPHRINAE						
Podiini						
60	<i>Penepodium</i> sp	1	0,87	0,00028	0,01273	0
XYLOCOPINAE						
Ceratinini						
61	<i>Ceratina chloris</i> (Fabricius, 1804)	1	0,97	0,00028	0,01279	0
Xylocopini						
62	<i>Xylocopa frontalis</i> (Olivier, 1789)	1	0,43	0,00028	0,00925	0
63	<i>Xylocopa grisescens</i> (Lepeletier, 1841)	1	0,87	0,00028	0,00925	0
64	<i>Xylocopa hirsutissima</i> (Maidl, 1912)	2	0,77	0,00056	0,01581	0,00348
65	<i>Xylocopa</i> sp (Latreille, 1802)	1	0,13	0,00028	0,00079	0
VESPOIDEA						
EUMENIDAE						
DISCOELIINAE						
Zethini						
66	<i>Zethus romandinus</i> (Saussure, 1852)	1	0,90	0,00028	0,00236	0
EUMENINAE						

67	<i>Hypancistrocerus dentiformis</i> (Fox, 1902)	1	0,99	0,00028	0,01279	0
68	<i>Pachodynerus grandis</i> (Willink & Roig-Alsina, 1998)	1	0,99	0,00028	0,01260	0
FORMICIDAE						
FORMICINAE						
Formicini						
69	<i>Formica</i> sp (Linnaeus, 1758)	5	1,35	0,00140	0,01935	0,14067
Camponotini						
70	<i>Camponotus sericeiventris</i> (Guerin-Meneville, 1838)	1	0,64	0,00028	0,00079	0
MYRMICINAE						
Cephalotini						
71	<i>Cephalotes</i> sp (Latreille, 1802)	2	0,73	0,00056	0,01516	0,00889
PONERINAE						
Ectatommini						
72	<i>Ectatomma</i> sp (Smith, 1858)	1	0,71	0,00028	0,01522	0
PSEUDOMYRMECINAE						
Pseudomyrmecini						
73	<i>Pseudomyrmex</i> sp (Lund, 1831)	2	0,95	0,00056	0,01621	0,01773
VESPIDAE						
74	Vespidae sp1	1	0,93	0,00028	0,00079	0
75	Vespidae sp2	1	0,93	0,00028	0,00079	0
76	Vespidae sp3	1	0,95	0,00028	0,01214	0
POLISTINAE						
Epiponini						
77	<i>Agelaia</i> sp (Lepelletier)	3	0,64	0,00084	0,01588	0,02298
78	<i>Polybia ignobilis</i> (Haliday, 1836)	2	0,97	0,00056	0,01745	0,01600
79	<i>Polybia occidentalis</i> (Olivier, 1791)	2	0,95	0,00056	0,01745	0,01600
Polistini						
80	<i>Polistes lanio</i> (Fabricius, 1775)	1	0,97	0,00028	0,01279	0
SCOLIIDAE						
CAMPSOMERINAE						
Camsomerini						
81	<i>Campsomeris</i> sp1 (Guérin, 1838)	3	0,27	0,00084	0,01601	0,00572
82	<i>Campsomeris</i> sp2 (Guérin, 1838)	2	0,67	0,00056	0,01548	0,00175
LEPIDOPTERA						
HESPERIIDAE						
83	Hesperiidae sp 3	1	0,97	0,00028	0,01453	0
84	Hesperiidae sp 4	1	0,99	0,00028	0,01453	0
85	Hesperiidae sp 5	1	0,99	0,00028	0,00039	0
86	Hesperiidae sp 6	1	0,43	0,00028	0,01014	0
87	Hesperiidae sp 7	1	0,99	0,00028	0,01014	0
88	Hesperiidae sp 8	1	0,43	0,00028	0,00079	0

		HESPERIINAE						
89	Polites sp (Scudder, 1872)		1	0,86	0,00028	0,01453	0	
		PYRGINAE						
	Eudamini							
90	<i>Aguna</i> sp (Williams, 1927)		1	0,99	0,00028	0,00079	0	
		LYCAENIDAE						
91	Lycaenidae sp							
		POLYOMMATINAE						
	Polyommatini							
92	<i>Hemiargus hanno</i> (Stoll, 1790)		1	0,44	0,00028	0,01086	0	
		NYMPHALIDAE						
		SATYRINAE						
	Satyrini							
93	<i>Euptychoides castrensis</i> (Schaus, 1902)		1	0,50	0,00028	0,01086	0	
		RIODINIDAE						
		RIODININAE						
	Nymphidiini							
94	<i>Menander</i> sp Hemming		1	0,94	0,007	0,011	0,000	

Tabela 3. Espécies de plantas, grau, força total, centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC) e centralidade por intermédio (BC), além do código dos polinizadores (conforme tabela 4) que visitou cada espécie de planta da mata de galeria.

Espécie de planta	Registro CGMS	Grau	Força total	DC	CC	BC	Código da espécie de visitante
ACANTHACEAE							
<i>Justicia</i> sp L.	33245	1	0	0,00099	0	0	32
<i>Ruellia brevifolia</i> (Pohl) C. Ezcurra	33277	1	0,96	0,00099	0,10559	0	20
ARALIACEAE							
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. Planch	33279	1	0,5	0,00099	0,06832	0	24
ASTERACEAE							
<i>Baccharis vauthieri</i> DC.	33282	1	0	0,00099	0	0	25
<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.	33235	7	5,15	0,00692	0,03727	0	18, 22, 36, 40, 42, 43, 44
<i>Vernonia polyanthes</i> Less.	33275	4	3,01	0,00395	0	0	3, 4, 26, 38
BEGONIACEAE							
<i>Begonia</i> cf. <i>lindmanii</i> Brade	33246	3	2	0,00296	0	0	8, 16, 28
CHRYSOBALANACEAE							
<i>Hirtella burchellii</i> Britton	33314	1	0	0,00099	0	0	39
ZINGIBERACEAE							
<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe	33269	1	0	0,00099	0	0	15
MALVACEAE							
<i>Abutilon</i> sp Adans.	33236	3	0,31	0,00296	0,13043	0,53226	1, 19, 20
MELASTOMATACEAE							
<i>Clidemia</i> sp D. Don	33240	2	0,53	0,00198	0,03727	0	22, 27
PASSIFLORACEAE							
<i>Passiflora</i> cf. <i>quadrangulares</i> [Harms ex] Cusset	33234	2	1	0,00198	0	0	13, 14
PHYTOLACCACEAE							
<i>Rivina</i> cf. <i>humilis</i> L.	33329	1	0	0,00099	0	0	17
PIPERACEAE							
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	33276	1	0	0,00099	0	0	9
<i>Piper hispidum</i> Sw	33311	3	1,5	0,00296	0,08696	0	5, 7, 19
<i>Piper macedoi</i> Yunck	33310	2	1	0,00198	0	0	30, 6
POACEAE							
<i>Lasiacis sorghoidea</i> (Desv. ex Hamarela.) Hitchc.	33278	4	1,51	0,00395	0,11491	0,04839	10, 11, 19, 20

RUBIACEAE

<i>Pagamea</i> sp Aubl	33232	1	0	0,00099	0	0	23
<i>Palicourea marcgravii</i> A. St.-Hil	33249	2	1,24	0,00198	0,06832	0	2, 20, 33
<i>Pogonopus tubulosus</i> (A. Rich.) K. Schum	33280	3	0,79	0,00296	0,10248	0,41935	1, 2, 24
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq	33330	9	7,77	0,00889	0,10559	0	12, 20, 21, 29, 31, 34, 35, 37, 41
<i>Psychotria</i> sp L.	33248	1	0,25	0,00099	0,03727	0	22

SOLANACEAE

<i>Solanum</i> sp L.	33242	1	0,92	0,00099	0,10559	0	20
----------------------	-------	---	------	---------	---------	---	----

Tabela 4. Código do polinizador, espécies de polinizadores, grau, força total, centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC) e centralidade por intermédio (BC) da área de mata de galeria. As espécies sublinhadas co-ocorreram nas duas áreas estudadas.

Código	Espécie de visitante legítimo	Grau	Força total	DC	CC	BC
APODIFORMES						
TROCHILIDAE						
PHAETHORNITHINAE						
1	<i>Phaethornis pretrei</i> (Lesson and Delattre, 1839)	2	0,15	0,00198	0,04102	0,24138
TROCHILINAE						
2	<i>Thalurania furcata</i> (Gmelin, 1788)	2	0,58	0,00198	0,03125	0,09195
COLEOPTERA						
CHRYSOMELIDAE						
GALERUCINAE						
Alticini						
3	Alticini sp1 (Newman, 1835)	1	0,57	0,00099	0,01172	0
4	Alticini sp2 (Newman, 1835)	1	0,49	0,00099	0,01172	0
5	Alticini sp3 (Newman, 1835)	1	0,95	0,00099	0,02962	0
ELATERIDAE						
CARDIOPHORINAE						
Cardiophorini						
6	<i>Cardiophorus</i> sp (Eschscholtz, 1829)	1	0,11	0,00099	0,00391	0
DIPTERA						
7	Diptera sp3	1	0,29	0,00099	0,02962	0
8	Diptera sp4	1	0,86	0,00099	0,00781	0
SYRPHIDAE						
ERISTALINAE						
Volucellini						
9	<i>Copestylum</i> sp (Macquart, 1846)	1	0	0,00099	0,03678	0
SYRPHINAE						
Syrphini						
10	<i>Ocyptamus</i> sp (Macquart, 1834)	1	0,75	0,00099	0	0
Toxomerini						
11	<i>Toxomerus</i> sp (Macquart, 1855)	1	0,62	0,00099	0,03678	0
HYMENOPTERA						
APOIDEA						
APIDAE						
APINAE						
Apini						
12	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,97	0,00099	0,04525	0
Centridini						
13	<i>Epicharis fasciata</i> (Lepeletier and Audinet-	1	0,56	0,00099	0,00391	0

	Serville, 1828)					
14	<i>Epicharis flava</i> (Friese, 1900)	1	0,44	0,00099	0,00391	0
	Euglossini					
15	<i>Euglossa imperialis</i> (Cockerell, 1922)	1	0	0,00099	0	0
	Exomalopsini					
16	<i>Exomalopsis analis</i> (Spinola, 1853)	1	0,57	0,00099	0,00781	0
	Meliponini					
17	<i>Plebeia cf. catamarcensis</i> (Holmberg, 1903)	1	0	0,00099	0	0
18	<i>Scaptotrigona depilis</i> (Moure, 1942)	1	0,99	0,00099	0,02539	0
19	<i>Tetragona cf. quadrangula</i> (Lepelletier, 1836)	3	0,57	0,00296	0,04427	0,19540
20	<i>Trigona cf. fulviventris</i> (Guérin-Méneville, 1844)	5	2,46	0,00494	0,05599	0,43678
	Tapinotaspidini					
21	<i>Paratetrapedia connexa</i> (Vachal, 1909)	1	0,95	0,00099	0,04525	0
22	<i>Paratetrapedia flaveola</i> (Aguiar & Melo, 2010)	3	0,57	0,00296	0,02734	0,03448
23	<i>Paratetrapedia lineata</i> (Spinola, 1851)	1	0	0,00099	0	0
24	<i>Trigona cf. fuscipennis</i> (Friese, 1900)	2	0,83	0,00198	0,02930	0
	CRABRONIDAE					
	PEMPHREDONINAE					
	Pemphredonini					
25	<i>Stigmus</i> sp (Panzer, 1804)	1	0	0,00099	0	0
	HALICTIDAE					
	HALICTINAE					
	Augochlorini					
26	<i>Augochlora</i> sp1 (Say, 1837)	1	0,96	0,00099	0,01172	0
27	<i>Augochloropsis</i> sp2 (Cockerell, 1897)	1	0,33	0,00099	0,01563	0
28	<i>Augochloropsis</i> sp3 (Cockerell, 1897)	1	0,57	0,00099	0,00781	0
	Halictini					
29	<i>Agapostemon semimelleus</i> (Cockerell, 1900)	1	0,97	0,00099	0,04525	0
	MEGACHILIDAE					
	MEGACHILINAE					
	Anthidiini					
30	<i>Anthodioctes camargoi</i> (Urban, 1999)	1	0,89	0,00099	0,00391	0
	Megachilini					
31	<i>Megachile (Ptilosarus)</i> sp (Latreille, 1802)	1	0,95	0,00099	0,04525	0
32	<i>Megachile paulista</i> (Schrottky, 1920)	1	0	0,00099	0	0
	XYLOCOPINAE					
	Ceratinini					
33	<i>Ceratina (Ceratinula)</i> sp (Latreille)	1	0,97	0,00099	0,02214	0
34	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp (Latreille)	1	0,97	0,00099	0,04525	0
35	<i>Exomalopsis</i> sp (Spinola, 1853)	1	0,93	0,00099	0,04525	0
	Nomadini					
36	<i>Nomada</i> sp (Scopoli)	1	0,11	0,00099	0,02539	0

VESPOIDEA					
SCOLIIDAE					
CAMPSOMERINAE					
Campsomerini					
37	<i>Campsomeris</i> sp1 (Guerin, 1838)	1	0,71	0,00099	0,04525 0
LEPIDOPTERA					
HESPERIIDAE					
38	Hesperiidae sp1	1	0,99	0,00099	0,01172 0
39	Hesperiidae sp2	1	0	0,00099	0 0
PYRGINAE					
Pyrgini					
40	<i>Gorgythion beggina</i> (Mabille, 1898)	1	0,99	0,00099	0,02539 0
RIODINIDAE					
41	Riodinidae sp	1	0,88	0,00099	0,04525 0
RIODININAE					
Nymphidiini					
42	<i>Synargis</i> sp (Hübner, 1819)	1	0,99	0,00099	0,02539 0
NYMPHALIDAE					
NYMPHALINAE					
Melitaeini					
43	<i>Tegosa claudina</i> (Eschscholtz, 1821)	1	0,96	0,00099	0,02539 0
HELICONIINAE					
Heliconiini					
44	<i>Dryas iulia</i> (Fabricius, 1775)	1	0,99	0,00099	0,02539 0

Tabela 5. Grupo de polinizadores, seus valores médios e desvio padrão das medidas de centralidade de grau (DC), centralidade de proximidade (CC), além da porcentagem de representantes de cada grupo que apresentou centralidade por intermédio (BC) maior que 0. N é o número de representantes de polinizadores de cada grupo amostrados nas áreas de cerrado rupestre e mata de galeria.

	DC	CC	BC > 0 (%)	N
Beija-flores	0,027 ± 0,012	0,025 ± 0,014	100	4
Abelhas	0,015 ± 0,014	0,015 ± 0,012	21,95	82
Formigas	0,014 ± 0,011	0,013 ± 0,007	60	5
Besouros	0,014 ± 0,006	0,009 ± 0,011	0	6
Moscas	0,013 ± 0,006	0,013 ± 0,016	0	9
Vespas	0,011 ± 0,006	0,014 ± 0,011	38,46	13
Borboletas	0,011 ± 0,006	0,014 ± 0,012	0	19