

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

**Analisando as interações e combinando redes: plantas e polinizadores
em uma área de Cerrado**

Bianca Bonami Rosa

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE
RECURSOS NATURAIS

**Analisando as interações e combinando redes: plantas e polinizadores em uma área
de Cerrado**

Bianca Bonami Rosa

Orientador: Dr. Paulo Eugênio de Oliveira
Universidade Federal de Uberlândia

Co-orientador: Dr. Pietro Kiyoshi Maruyama
Universidade Federal de Minas Gerais

Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia
da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
como requisito para obtenção do título de mestre
em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Uberlândia, MG

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R788a

Rosa, Bianca Bonami, 1995

2019

Analisando as interações e combinando redes [recurso eletrônico] :
plantas e polinizadores em uma área de Cerrado / Bianca Bonami Rosa. -
2019.

Orientador: Paulo Eugênio de Oliveira.

Coorientador: Pietro Kiyoshi Maruyama.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1335>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. 2. Polinização. 3. Ecossistemas. 4. Análise de redes
(Planejamento). I. Oliveira, Paulo Eugênio de, 1959, (Orient.). II.
Maruyama, Pietro Kiyoshi, 1985, (Coorient.). III. Universidade Federal
de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação
de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

Bianca Bonami Rosa

**Analisando as interações e combinando redes: plantas e
polinizadores em uma área de Cerrado**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia
da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
como requisito para obtenção do título de mestre
em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

em 26 de Abril de 2019

Uberlândia

Abril de 2019

Agradecimentos

Quero agradecer à minha querida família que me ajudou e apoiou no meu percurso, pelos momentos tanto alegres quanto dificeis, e nunca desistiram de mim.

À minha mãe pela força e apoio, meu pai pelos sábios conselhos e sugestões, e minha irmã por ter caminhado ao meu lado nessa luta por um objetivo semelhante. E também por aguentarem as várias horas de músicas relaxantes.

Agradeço aos meus amigos, que ouviram minhas reclamações e me encorajaram, e trouxeram alegria àquelas noites dificeis em que não consegui escrever ou dormir, e também por acreditarem em mim quando nem eu acreditava.

Agradeço a todos os funcionários do instituto pela paciência e compreensão quando eu aparecia no instituto para pedir informações, aos professores pelos novos conhecimentos e aos colegas de mestrado que me acompanharam nessa luta.

Agradeço ao meu orientador Paulo por todo o carinho, paciência e compreensão, pois tenho ciência que não fui sua aluna mais fácil, e também ao meu co-orientador Pietro por todos os conselhos e dicas para manusear os programas necessários.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Uberlândia e à CAPES pela bolsa que me possibilitou a realização desse projeto durante os últimos anos.

Muito obrigada!

Lista de figuras

Figura 1: Imagem aérea da área da Estação Ecológica do Panga, delimitada pela margem amarela. Origem: Google Earth Pro.	15
Figura 2: Detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 1.	22
Figura 3: Detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 2.	22
Figura 4: Detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 3.	23
Figura 5: Detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 4.	25
Figura 6: Detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 5.	26
Figura 7: Detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 6.	26
Figura 8: Rede de interações entre planta-polinizador da Estação Ecológica do Panga, representando a organização de todas as 247 espécies compiladas, sendo os pontos denominados L a espécies da flora, e os pontos denominados V polinizadores.	29

Lista de tabelas

Tabela 1: compilação de todos os trabalhos analisados para a pesquisa, citando o autor(a), ano de publicação e tema da pesquisa. Todos os trabalhos foram realizados na Estação Ecológica do Panga.	17
Tabela 2: Tabela de valores de conectância para as rede de Apidae, Throchilidae e Shyngidae, apresentando a distribuição de ligações, agregação e sua inferências e sobreposição de nichos. Higher level (HL) represente as colunas (polinizadores) e Lower level (LL) representa as espécies vegetais.....	28
Tabela 3: Módulos identificados na Estação Ecológica do Panga, espécies inseridas e seus respectivos valores C-Z e degree. As espécies sublinhadas são aquelas consideradas conectoras, que possuem $c>0,620$ e $z<2,500$	45

Lista de termos e acrônimos

EEP – Estação Ecológica do Panga

Pajek – Ambiente de interação baseado em Teoria de Grafos

R – Linguagem R

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

HL – *Higher level* (nível superior – colunas da matriz)

LL – *Lower level* (nível inferior – linhas da matriz)

FES – Floresta Estacional Semidecidual

Sumário

Resumo.....	9
Abstract.....	10
Introdução.....	11
Materiais e métodos.....	14
Área de estudo.....	14
Trabalhos analisados.....	16
Métricas analisadas.....	18
Ferramentas.....	18
Resultados.....	21
Discussão.....	28
Conclusão.....	34
Referências.....	35
Anexos.....	43

Resumo

A perda de biodiversidade por muito tempo foi avaliada pela perda de espécies individuais, mas estudos em comunidades e ecossistemas levaram a uma visão mais ampla sobre as funções do ecossistema e as espécies relacionadas. A polinização é uma função de extrema importância para o meio, e um estudo mais profundo das interações inerentes à função é importante para entender a organização do ecossistema. O estudo de redes de interações permite a visualização e análise das comunidades, mas esse tipo de estudo nos trópicos não é amostrado o suficiente fora de grupos funcionais determinados, sendo a “construção” de redes combinadas uma abordagem interessante proposta recentemente, mas para frugivoria. O objetivo deste trabalho foi reproduzir essa metodologia para a rede de polinização de uma área bem estudada de cerrado, a Estação Ecológica do Panga, uma importante área de pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia, MG. Utilizando trabalhos prévios sobre interações de polinização realizados lá, uma matriz adjacente foi construída e usada como base para montar a rede. A métricas analisadas foram a modularidade, comparando a rede principal com três redes menores dos grupos de polinizadores mais relevantes e estudados previamente em nível de comunidades: Apidae, Throchilidae e Sphingidae, e conectância. Foram compiladas 247 espécies, das quais 109 são plantas e 138 são polinizadores. A matriz adjacente contendo todas as espécies possui um valor de modularidade igual a 0,51, descrevendo-a como uma rede parcialmente modular que se subdivide em 6 módulos, cada qual com um grupo de polinizadores dominante, com valor de *niche overlap* de 0,078 e 0,083. Os três grupos separados apresentaram $Q < 0,35$, apresentando menor modularidade. A maioria das espécies apresentou pouca interação fora de seus próprios módulos, mas foram identificados 15 conectores na rede conjugada: as plantas *Caryocar brasiliense*, *Vochysia cinnamomea*, *Byrsonima intermedia*, *Vernonia polyanthes* e *Bidens gardneri*, e os polinizadores *Centris nitens*, *Aellopus fadus*, *Xanthepeicharis bicolor*, *Megachile paulistana*, quatro espécies do gênero *Xylocopa* e duas do gênero *Triepicharis*. A partir deste trabalho, é possível visualizar a maneira como uma análise de rede permite o reconhecimento de espécies com potencial de restauração ecológica e também que, apesar da abundância de polinizadores, a rede de polinização do Estação Ecológica do Panga possui pouca sobreposição de nichos, logo, possui pouca redundância funcional.

Palavras-chave: análise de rede, redes de polinização, comunidade e ecossistema, modularidade

Abstract

The biodiversity loss for a long time was evaluated through the loss of individual species, but community and ecosystem studies guided us to a broader viewpoint about environmental functions and the related species. The pollination is a function of extreme importance to the environment, and a more profound inquiry about the inherent interactions is important in order to understand the organization of the ecosystem. The research on interaction networks allows the preview and analyses of communities, but this type of research is not sampled enough outside determined functional groups, being the “construction” of complete networks a rather recent proposal, although focused on frugivory. The objective of this study was to reproduce this methodology to a pollination network in a Cerrado area, the Estação Ecológica do Panga (EEP), and important research ground for Universidade Federal de Uberlândia, MG. Utilizing eight works about pollination and related interactions done in there, an adjacent matrix was built and used as a base to form the network. The analysed metrics were modularity, that by itself can demonstrate the complexity of the environment, comparing the main network to three smaller ones of the most relevant pollinators: Apidae, Throchilidae e Sphyngidae, and connectance. The R Languange was the one used to evaluate the modularity and Pajek Program was the one used to assemble the network. From the eight works, 247 species were compiled, of which 109 are plant species while 138 are pollinators. The adjacent matrix that contains all the species harbors a modularity value of 0.507, describing it as partially modulated network that subdivides into 6 modules, each one with a dominant group of pollinators and a *niche overlap* value of 0,078 and 0,083. The three separated groups had a $Q < 0,350$ and therefore are lowly or non modulated. Most species presented little interaction outside their own modules, however 15 connector species were identified in the network: the plants *Caryocar brasiliense*, *Vochysia cinnamomea*, *Byrsonima intermedia*, *Vernonia polyanthes* and *Bidens gardneri*, and the pollinators *Centris nitens*, *Aellopus fadus*, *Xanthepeicharis bicolor*, *Megachile paulistana*, four species of the genus *Xylocopa* and two from the genus *Triepicharis*. Through this work, it's possible to visualize how a network analyses allows identifying the species with ecological restoration potential, and also that, albeit having a abundance of pollinators, the Panga Ecological Station possess little niche overlap, and therefore, little functional redundancy.

Keywords: network analyses, pollination networks, community and ecosystem, modularity

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é uma consequência que assombra a humanidade desde muito tempo, mas nunca considerada relevante. Em prol da sobrevivência, o ser humano dizimou florestas, caçou animais até a extinção e poluiu fontes de água sem nunca reparar nos danos ecológicos intensos que repercutem na sobrevivência não somente nossa, mas do planeta também, e somente nas últimas décadas essas consequências começaram a ganhar algum destaque na forma de perda de espécies (Primack e Rodrigues, 2001).

Durante muito tempo, a perda de biodiversidade foi avaliada pela extinção pontual de espécies da fauna e flora, e entender os fatores causadores desta perda tem sido a maior incumbência dos pesquisadores ao redor do mundo (Valiente-Banuet *et al.* 2015). Entretanto, os estudos contínuos de comunidades e ecossistemas levaram a uma mudança desse foco nas últimas décadas, e hoje existe um grande apelo na conservação das funções ecossistêmicas (Heleno, Devoto e Pocock, 2012), serviços e interações ecológicas de grande importância para a saúde do meio ambiente, que podem ser afetados pelos processos de degradação antes mesmo da própria riqueza de espécies e que repercutem grandemente no bem estar da população.

O funcionamento de ecossistemas depende de inúmeras interações entre organismos, tanto positivas quanto negativas, e a perda dessas interações pode levar ao desaparecimento das espécies envolvidas e perda de serviços ecossistêmicos (Valiente-Banuet *et al.* 2015). Dentre esses serviços, a polinização é um dos mais importantes, sendo responsável pela reprodução vegetal e que sustenta diversas outras funções na natureza, inclusive a produtividade de agroecossistemas da qual os humanos dependem para sobreviver (Imperatriz-Fonseca, 2012). Em ambientes tropicais, associados a uma maior diversidade tanto de plantas quanto de animais, existe uma maior dependência das plantas em relação aos polinizadores bióticos, tanto invertebrados quanto vertebrados (Maués *et al.* 2012, Ollerton *et al.* 2012). A partir da avaliação dessas interações entre plantas e polinizadores em um contexto de comunidades é possível determinar como parte do ecossistema se organiza e origina redes complexas de interações que possuem padrões e estruturas ocasionadas por diversos fatores, redes com propriedades diferentes, inclusive no que diz respeito a resiliência ou resistência

aos processos de modificação e degradação ambiental (Kaiser-Bunbury e Blüthgen, 2015).

A utilização das redes de interações em estudos de ecologia de comunidades permitiram a visualização e a análise de diversas comunidades investigando como ocorre a estruturação e as interações dentro delas (Kaiser-Bunbury e Blüthgen, 2015). Em anos recentes, as redes começaram a ser utilizadas em esforços de conservação e também restauração, por exemplo, identificando o papel de espécies ameaçadas dentro de comunidades (Vidal *et al.* 2014, Ramirez-Burbano *et al.* 2017), os tipos de padrões biológicos resultantes destas interações (Vázques, Chacoff e Cagnolo, 2009) e definindo como as invasões biológicas podem afetar o funcionamento ecossistêmico e mostrando empiricamente o resultado de processos de restauração (Kaiser-Bunbury *et al.* 2017).

Apesar dos grandes avanços promovidos pelo estudo das redes de interações mutualísticas, a amostragem de todas as espécies que interagem dentro de uma comunidade, mesmo limitada a um tipo de interação ou a uma determinada área, sofre com dificuldades associadas a amostragem, especialmente nos Trópicos (Vizentin-Bugoni *et al.* 2018), e também à variabilidade de uma rede quando aplicada a diferentes escalas espaço temporais (Freitas *et al.* 2014). Dada a grande diversidade de espécies, a maioria dos estudos das redes de interações entre plantas e polinizadores nas regiões tropicais são redes “parciais”, ou seja, incluindo apenas determinados grupos funcionais de polinizadores ou plantas (*e.g.*, Maruyama *et al.* 2014, Mesquita-Neto *et al.* 2018), e/ou focados apenas no pico de floração das comunidades (*e.g.* Carstensen *et al.* 2014). Mesmo quando há tentativas de realizar amostragens mais completas e descrever redes “compreensivas” (*e.g.* Souza *et al.* 2018), ainda assim a descrição de redes de interações é não-completa, pois geralmente não se considera simultaneamente as fases temporais de atividade dos polinizadores (Knop *et al.* 2017).

Considerando as dificuldades de “construir” redes de interações mais completas em áreas biodiversas envolvendo diferentes grupos de organismos, uma abordagem de combinar diferentes fontes de informações para áreas relativamente bem estudadas foi proposta recentemente (Almeida e Mikich 2018). Neste trabalho, as autoras conduziram uma extensa revisão de literatura sobre as interações entre plantas e animais frugívoros na região Neotropical, tendo recuperado informações suficientes para descrever as estruturas das redes de interações para 17 áreas de estudos. Uma tentativa semelhante para as interações entre plantas e polinizadores, no entanto, inexiste, mesmo

considerando que tal abordagem oferece perspectivas interessantes de realizar análises mais compreensivas das interações a nível de comunidades, tirando vantagem de trabalhos anteriores conduzidos exaustivamente (Almeida e Mikich 2018).

Neste trabalho foram combinadas as informações disponíveis sobre a interação entre plantas e polinizadores para uma área de Cerrado no Brasil Central, onde esta interação vem sendo estudada nas últimas décadas por pesquisadores de diversas partes do país. Para tanto, foram compiladas as informações contidas em trabalhos publicados e não publicados, combinando estudos conduzidos com diferentes plantas e seus polinizadores com atividades predominantemente diurnas ou noturnas. Especificamente, avaliamos como as interações descritas para diferentes subgrupos se sobrepõe numa grande rede combinada, analisando a estrutura da rede de interação, esperando determinar as espécies com maior nível de interação e que apresentam potencial tanto de conservação quanto de restauração. Além disso, foram identificadas as espécies que possuem um papel importante na estrutura da comunidade da Estação Ecológica do Panga, apontando as características mais marcantes de cada grupo.

MATERIAIS E MÉTODOS

I) Área de estudo

A Estação Ecológica do Panga é uma área de conservação e de estudos biológicos pertencente à Universidade Federal de Uberlândia que tem sido protegida de ações antrópicas agressivas (e.g. queimadas, desmatamento, extrativismo) nos últimos 27 anos. É uma área de 403,85 hectares que abrange diversas fitofisionomias recorrentes do domínio Cerrado, dentre elas campo sujo, cerradão, veredas, mata de galeria e floresta estacional semideciduosa (Carvalho, 1990; Cardoso *et al.* 2009), sendo assim um importante recipiente de uma grande diversidade animal e vegetal. Como é uma área há muito tempo protegida, tendo sido afetada por fogo poucas vezes no passado, a área de estudo experimentou um enriquecimento de espécies arbóreas e de interações nos últimos 20 anos (Deus e Oliveira, 2016). É sabido que nos últimos anos as áreas de campo sujo, vereda e cerradão têm diminuído com o avanço da floresta (Cardoso *et al.* 2009), mas as espécies residentes e suas interações foram pouco influenciadas por esses eventos. Da mesma maneira, as pesquisas, que são de grande importância para o entendimento da dinâmica de comunidades do Cerrado, puderam ser realizadas em condições relativamente estáveis.

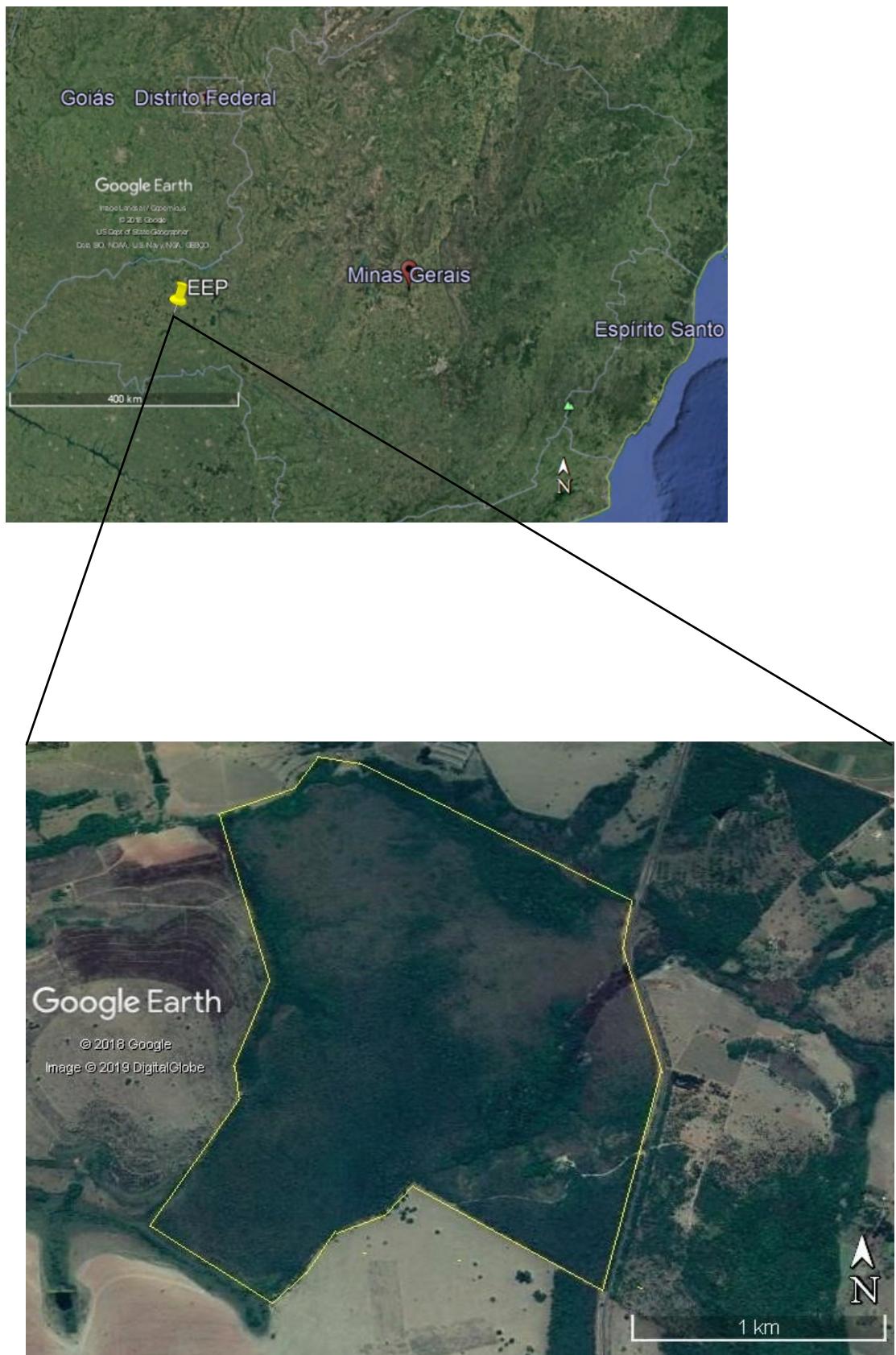


Figura 1: Imagem aérea da Estação Ecológica do Panga, delimitada pela margem amarela. Origem: *Google Earth Pro*

II) Trabalhos analisados

O Instituto de Biologia tem pesquisado na área de estudo há mais de 25 anos, e com isso foram coletados uma diversidade de dados relacionados as interações planta-polinizador, que resultaram em muitas teses, dissertações e artigos científicos. Diversos trabalhos foram selecionados para montar uma Matriz binária, na qual 1 representa a presença da interação e 0 é a ausência dessa, que podem ser observados na Tabela 1. Foram compiladas as principais interações planta-polinizador registradas, podendo os vetores serem vertebrados ou invertebrados. Essas obras datam desde 1990 até os mais recentemente realizados, e o principal critério de avaliação foi a área de ocorrência do estudo, focando naqueles que foram feitos a nível de comunidade.

Tabela 1: compilação de todos os trabalhos analisados para a pesquisa, citando o autor(a), ano de publicação e tema da pesquisa. Todos os trabalhos foram realizados na Estação Ecológica do Panga.

AUTOR	ANO	TEMA DE PESQUISA E NÚMERO DE ESPÉCIES ENCONTRADAS
Carvalho	1990	Levantamento da fauna apícola e a sua utilização de recursos no cerrado e a distribuição sazonal dessas espécies. Compiladas 128 espécies de abelhas e 75 espécies vegetais.
Barbosa	1997	Estudo de correlação entre a morfologia floral das espécies que ocorrem em campo sujo com os respectivos visitantes florais. Compiladas 204 espécies vegetais.
Amorim	2008	Estudo descritivo extenso sobre a assembleia de Esfingídeos do Triângulo Mineiro, sendo que apenas os dados do Panga foram utilizados. Foram compiladas 52 espécies de Esfingídeos e 46 espécies vegetais.
Silva	2009	Avaliar a composição florística do cerrado do Triângulo Mineiro, sendo que somente dados da EEP foram utilizados e a distribuição espaço – temporal dos

		recursos utilizados por quatro espécies do gênero <i>Xylocopa</i> . Foram compiladas 112 espécies vegetais.
Araújo	2010	Analise da composição florística, fenologia e atributos florais de espécies visitadas por beija-flores do Panga. Foram compiladas 46 espécies vegetais
Machado	2012	O estudo aborda a interação de beija-flores e em três áreas de cerrado, sendo que somente os dados da EEP foram utilizados, e como a rede de interação se organiza. Foram compiladas 26 espécies vegetais e 13 espécies de beija-flores.
Maruyama, Amorim e Oliveira	2010	Estudo da morfologia floral e do sistema de polinização de <i>Faramea cyanea</i> (atualizada para <i>Faramea hyacinthina</i>).
Melazzo e Oliveira	2012	Estudo do sistema de polinização e reprodução de <i>Cuphea melvilla</i> . Foram compiladas cinco espécies de beija-flores.

Na matriz de interações resultante, as espécies vegetais foram organizadas em linhas, enquanto os polinizadores foram organizados em colunas. A fim de manter a matriz o mais comprehensível possível, os polinizadores que foram identificadas somente até o nível de gênero foram compilados em uma única coluna como spp. quando do mesmos gêneros, já que os dados originaram de trabalhos distintos e não foi possível averiguar se tratam de espécies diferentes ou não.

III) Métricas analisadas

Para averiguar a organização de redes de interações, várias métricas podem ser utilizadas para entender diferentes aspectos do conjunto estudado. No presente trabalho, foi analisada a modularidade.

Modularidade é uma característica das redes de interações que podem se subdividir em módulos compostos por espécies com mais afinidades entre si (Olesen *et al.* 2007; Bascompte e Jordano, 2014), ou simplesmente *clusters* ricos em ligações. É uma métrica essencial para melhor se entender a complexidade da comunidade e pode ser facilmente obtida a partir de uma matriz adjacente (Dormann e Strauss, 2014). Além disso, a modularidade reflete a heterogeneidade do ecossistema, permitindo a identificação de grupos chaves para a manutenção do ambiente, quais grupos ou espécies são redundantes e quais são especialistas (Dormann e Strauss, 2014).

Para permitir uma comparação mais aprofundada do sistema total, essa métrica foi testada em três matrizes separadas dos principais polinizadores identificados e que foram estudos a nível de comunidades anteriormente na área de estudo: Apidae, Throchilidae e Sphingidae. A Rede principal foi testada e então subdividida para ser comparada em relação às matrizes anteriores.

A outra métrica analisada foi a Conectância da rede, que permite calcular a porcentagem de interações presentes em uma rede em relação ao conjunto de interações possíveis e possibilita medir de maneira abrangente a generalização da rede (Jordano, 1987). A partir disso, pode se dizer se existe ou não redundância funcional no sistema e imaginar como mudanças ambientais podem afetá-lo.

IV) Ferramentas

As duas ferramentas (Linguagem R e o Pajek) utilizadas fazem uso da Teoria de Grafos para representar relacionamentos entre entidades, isto é, no caso deste trabalho, Plantas e Polinizadores. A Teoria dos Grafos é uma área da matemática discreta que estuda as relações entre entidades de um dado conjunto e seguindo a equação da Figura 2. Para tal são empregadas estruturas chamadas de Grafos, representado por $G(V, E)$, onde V é um conjunto não vazio de objetos denominados Vértices, Nós ou Pontos e E é um subconjunto de relações (pares não ordenados) do conjunto V . Essas relações são chamadas de Arestas, Arcos ou Linhas.

IV.a) Linguagem R

Para compreender a organização da presente matriz foi utilizado a Linguagem R (versão 3.5.1), pela interface gráfica de programação RStudio, usando as respectivas funções para análise de modularidade em redes do pacote *Bipartite: specieslevel, metaComputeModules, czvalues* e *listModuleInformation*. Através dessas funções, foi possível determinar o nível de modularidade, o impacto de cada espécie listada e seus respectivos módulos.

Há alguns valores dignos de nota quando se fala de modularidade: o *species degree*, o *d* e *c/z values*. O *species degree*, ou apenas *degree*, é a soma de ligações por espécie, ou seja, a quantidade de interações que uma espécie da matriz possui.

Já os valores *c* e *z* correspondem à maneira como cada espécie está interligada à outra em função dos módulos da rede uma vez que ela esteja organizada. Como é próprio de uma rede, a maioria ou todas as espécies estão interligadas entre si de uma maneira ou de outra, ligando os módulos consequentemente, e esses valores são o que determinam quais espécies ligam um módulo ao outro.

Espécies com ambos valores baixos são as espécies periféricas, aquelas com valor *c* alto e valor *z* baixo são as que ligam vários módulos, espécies com baixo valor *c* e alto valor *z* ligam as espécies dentro do próprio módulo somente e por último as espécies com ambos os valores altos são espécies que ligam tanto outras espécies como outros módulos, recebendo o nome de *network hub* por isso. De acordo com Olesen *et al.* 2007, diferentes espécies apresentam funções distintas na rede dependendo do valor calculado *c* e *z*: com valores $c > 0,62$ e $z > 2,5$ seriam os *network hubs*; as espécies com $c < 0,62$ e $z > 2,5$ são chamadas de *module hubs*; espécies com $c > 0,62$ e $z < 2,5$ são as conectadoras e espécies com $c < 0,62$ e $z < 2,5$ são as espécies periféricas.

Para avaliar diversos aspectos da conectância, o comando utilizado foi o de *networklevel*, conseguindo a partir dele diversos dados de sobreposição de rede a partir do *niche overlap*, sendo que valores próximos de 1 indicam alta sobreposição enquanto 0 indica que não há uso comum de nichos. O *C score* corresponde ao valor de agregação das espécies em cada nível da matriz, sendo 1 alta desagregação e 0 a agregação delas (Stone and Roberts, 1990). Por último, tem-se o *V ratio* que especifica se a agregação é positiva, por valores maiores que 1, ou negativa se o valor estiver entre 0 e 1 (Schluter, 1984).

IV.b) Programa Pajek

Para melhor visualização das interações, a matriz foi importada para o programa Pajek64, um programa de computador específico para a montagem e visualização de Grafos. Grafo é uma estrutura matemática para representação de objetos (também denominados vértices, nós ou pontos) e suas interações (que podem ser chamados de arestas, arcos, linhas ou ligações) (Feofiloff, Kohayakawa e Kobayashi, 2011) e que é muito utilizada na organização de planilhas de interações entre espécies.

O Pajek permite importar uma matriz que especifica os vértices e as arestas que definem o Grafo de um Rede de Interações. A interseção das linhas com as colunas da matriz adjacente determina se há ou não interação entre os vértices, sendo 0 ausência de interação e 1 que há interação. As espécies vegetais foram escritas nas linhas, enquanto os polinizadores foram colocados em colunas, com ambos conjuntos formando os vértices da matriz.

RESULTADOS

Foram compiladas 247 espécies para a matriz binária, das quais 138 são visitantes (72 abelhas, 40 esfingídeos, 13 vespas, dez beija flores e três morcegos); e 109 são plantas. O índice de modularidade da matriz inteira é de 0,51, o que sugere uma rede parcialmente modular e está subdividida em seis módulos (Anexo – Tabela 1); enquanto os índices das redes para Apidae, Throchilidae e Sphingidae são todos menores que 0,35, indicando baixa modularidade. As características de modularidade das redes são discutidas em detalhe abaixo, inicialmente para os módulos da rede geral e depois para as três redes específicas.

O Módulo 1 da rede geral (Figura 3) é composto por 41 espécies, sendo 29 plantas e 12 polinizadores. As espécies polinizadoras são principalmente os beija-flores e secundariamente indivíduos da tribo Centridinae, com espécies vegetais variando de espécies arbóreas a herbáceas, podendo ser reconhecida como a área de transição de cerrado para sub-bosque da mata de galeria do Panga, devido às espécies *Bowdichia virgiliooides* e *Dyckia leptostachya* ocorrerem em áreas de cerrado (Saueressig, 2014;), *Qualea multiflora* que ocorre em áreas de cerrado e em florestas estacionais (Saueressig, 2014), *Cuphea melvilla* que ocorre em bordas de mata de galeria (Melazzo e Oliveira, 2012) e *Costus spiralis* que ocorre tanto em savanas quanto em matas de galeria (Maas, 1972) . A maioria das espécies possui um valor *c* baixo e um valor *z* mediano, porém há uma espécie que pode ser considerada um *conector*, que é *Centris nitens* com valores *c* e *z* de 0,656 e 0,577 respectivamente.

O Módulo 2 (Figura 4) é composto por 51 espécies, sendo 19 plantas e 42 polinizadores. Destes, os principais são esfingídeos, mas há também três morcegos, e a maioria das espécies vegetais visitadas varia de árvores a arbustos, com espécies que ocorrem tanto em mata de galeria como em áreas de cerrado aberto, sendo isso representado por *Qualea grandiflora*, que ocorre em áreas de cerrado aberto; *Caryocar brasiliense*, característico de cerrado senso estrito (Carvalho, 2008); *Luehea divaricata*, que ocorre em Floresta Estacional Semidecidual e em florestas úmidas (Carvalho, 2003) e *Hedychium coronarium*, uma planta de áreas úmidas que ocorre em matas de galeria, apesar de exótica (Santos, Pedralli e Meyer, 2005). Neste módulo também há um *conector* pela espécie *Caryocar brasiliense* (L23), com valores *c* e *z* de 0,62 e 1,9 respectivamente.

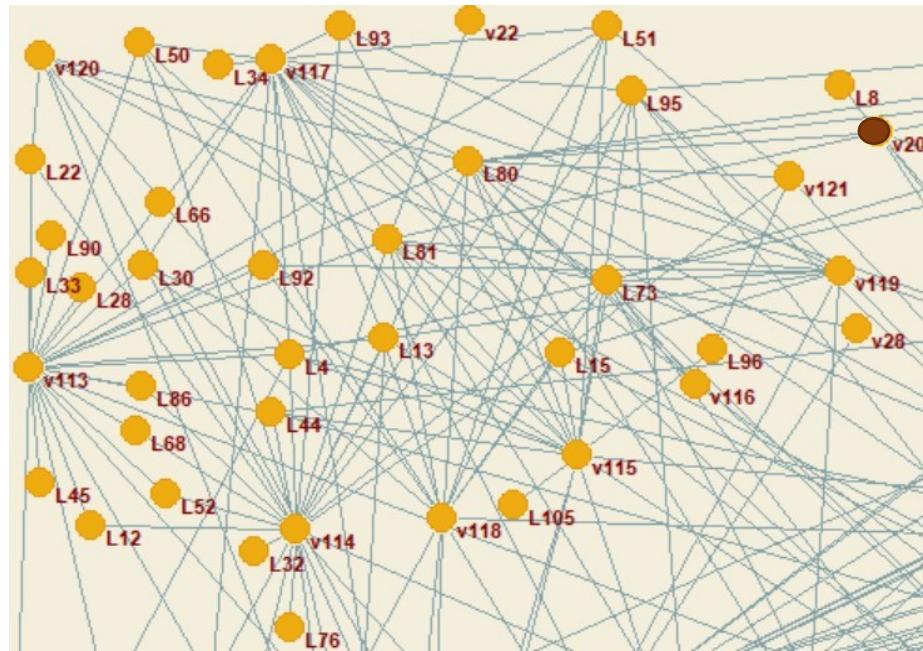


Figura 2: detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 1. O ponto mais escuro representa a espécie conectora *Centris nitens*.

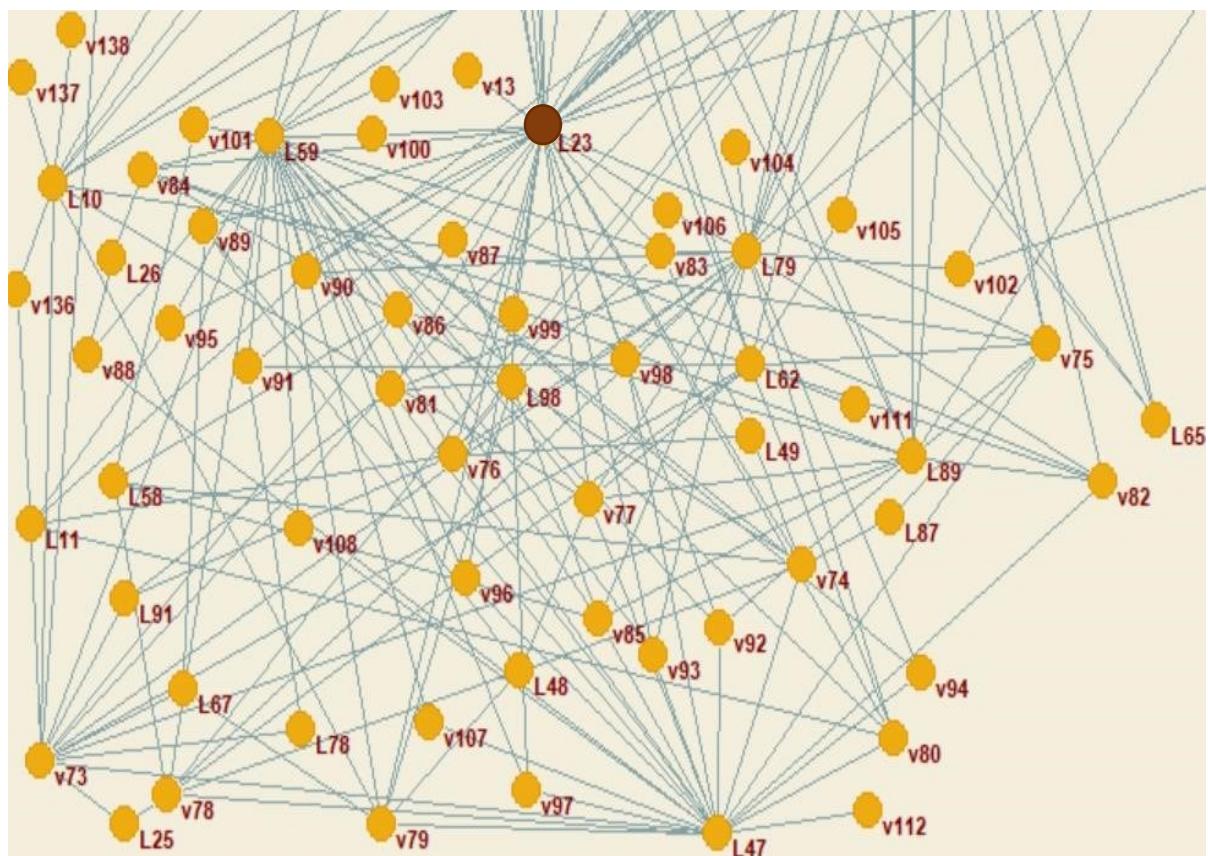


Figura 3: detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 2. O ponto mais escuro representa a espécie conectora *Caryocar brasiliense*.

O Módulo 3 (Figura 5) é composto por 71 espécies, das quais 28 são espécies da flora e 43 são polinizadores. As espécies vegetais são principalmente de pequeno a médio porte e que ocorrem em áreas de transição de cerrado e mata de galeria, como sugere a presença de *Vochysia tucanorum*, que ocorre em áreas tanto de cerrado como florestas de solo bem drenado; *Byrsonima verbascifolia*, que ocorre em áreas de cerrado e cerradão; *Matayba guianensis*, que ocorre tanto em cerrado como em formações florestais (Saueressig, 2014) e *Eugenia involucrata*, que ocorre apenas em ambientes fluviais e ripários (Carvalho, 2008). Já os polinizadores, são todos do grupo Apidae, variando de espécies coletooras de óleo como as do gênero *Euglossa* sp, à espécies sem ferrão da tribo Meliponini. O módulo apresentou uma espécie conectora, *Xanthepeicaris bicolor*, com valores c e z 0,625 e 0 respectivamente.

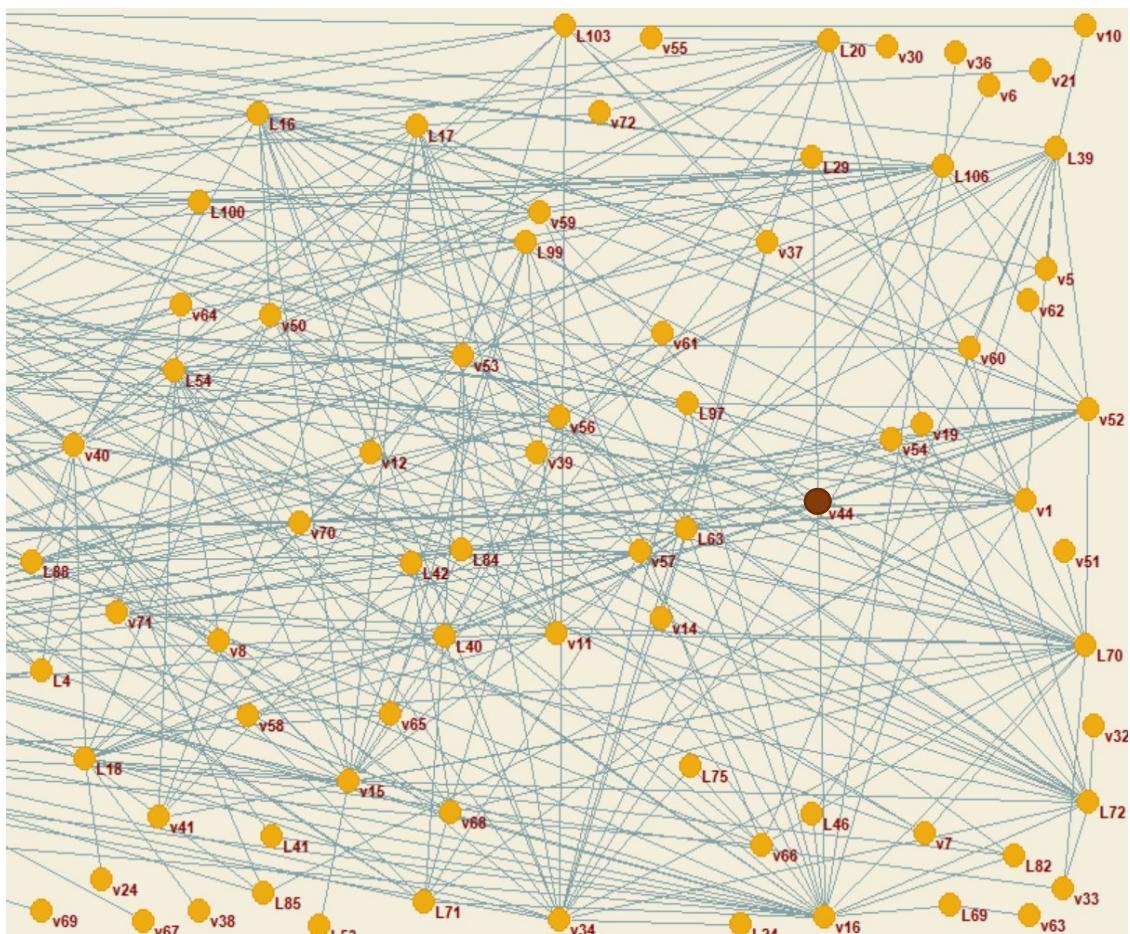


Figura 4: detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 3. O ponto mais escuro representa a espécie conectora *Xanthepeicaris bicolor*.

O Módulo 4 (Figura 6) é composto por 40 espécies, sendo 18 espécies vegetais e 22 espécies de polinizadores. Destes, são basicamente abelhas de diversos grupos dentro de Apidae, mas principalmente abelhas solitárias como as dos gêneros *Xylocopa* e *Centris*, três esfingídeos e três vespas. As espécies vegetais desse módulo ocorrem em mais de um ambiente, sugerindo uma área de transição entre campo sujo e mata de galeria, como indica a presença das espécies *Kielmeyera coriacea*, que ocorre em cerradão e em áreas abertas (Saueressig, 2014); *Roupala montana*, que ocorre em cerrado senso estrito (Carvalho, 2008); os indivíduos do gênero *Hyptis*, que costumam ocorrer em área de cerrado; enquanto espécies do gênero *Protium* ocorrem em florestas (Souza e Lorenzi, 2012). O Módulo apresenta dois compartimentos que não possuem ligação alguma com as outras espécies, representando dois conjuntos fechados e especializados, o primeiro formado pelas espécies *Hyptis virgata* (L57), *H. nudicaulis* (L56), *H. interrupta* (L55), *Polystes geminatus* (V130), o outro por *Zornia virgata* (L109), *Z. reticulata* (L108), *Trimeria americana* (V134) e o último por *Protium ovatum* (L77), *Zethus* sp. (V135). Em contrapartida, é o módulo que apresenta o maior número de espécies conectoras, sendo elas as plantas *Vernonia polyanthes* ($c=0,66$ e $z=0$; código L102), *Vochysia cinnamomae* ($c=0,768$ e $z=0$; código L104) e *Byrsonima intermedia* ($c=0,667$ e $z=1,095$, código L19). Dentre os polinizadores temos como conectores o esfingídeo *Aellopus fadus* ($c= 0,667$ e $z=0$; código V102), e abelhas dos gêneros *Xylocopa* ($c>0,710$ e $z<1,400$; códigos V45, V46, V47 e V48) e *Trepicharis* ($c>0,620$ e $z=0$; códigos V42 e V43) e as espécie *Megachile paulistana* (V65) com valores c e v 0,667 e 0 respectivamente.

O Módulo 5 (Figura 7), contendo 22 espécies das quais nove são espécies de planta e 13 polinizadores, é composto principalmente por abelhas e também por vespas. Entretanto, o módulo contém poucas espécies de plantas em comparação aos outros, sendo estas principalmente espécies arbustivas e herbáceas que ocorrem em áreas de transição do campo para a borda da mata, como representa *Vernonia brevipetiolata* e as lianas de borda *Ipomoea procurrens* e *Cissus erosa* (Souza e Lorenzi, 2012). Além disso, também apresenta dois compartimentos separados do restante da rede, sendo esses compostos por *Peltodon tomentosus* (L74), *Larrini* sp. (V125), *Astata* sp. (V122) e *Achyrocline saturioides* (L1), *Cissus erosa* (L27), *Brachygastra angustula* (V123), *Polybia occidentalis* (V127), *Polystes subsericeus* (L131), *Eumenidae* sp. (V124). O

módulo apresenta apenas uma espécie conectora: *Bidens gardneri* (L14) com valores c e z 0,625 e 0 respectivamente.

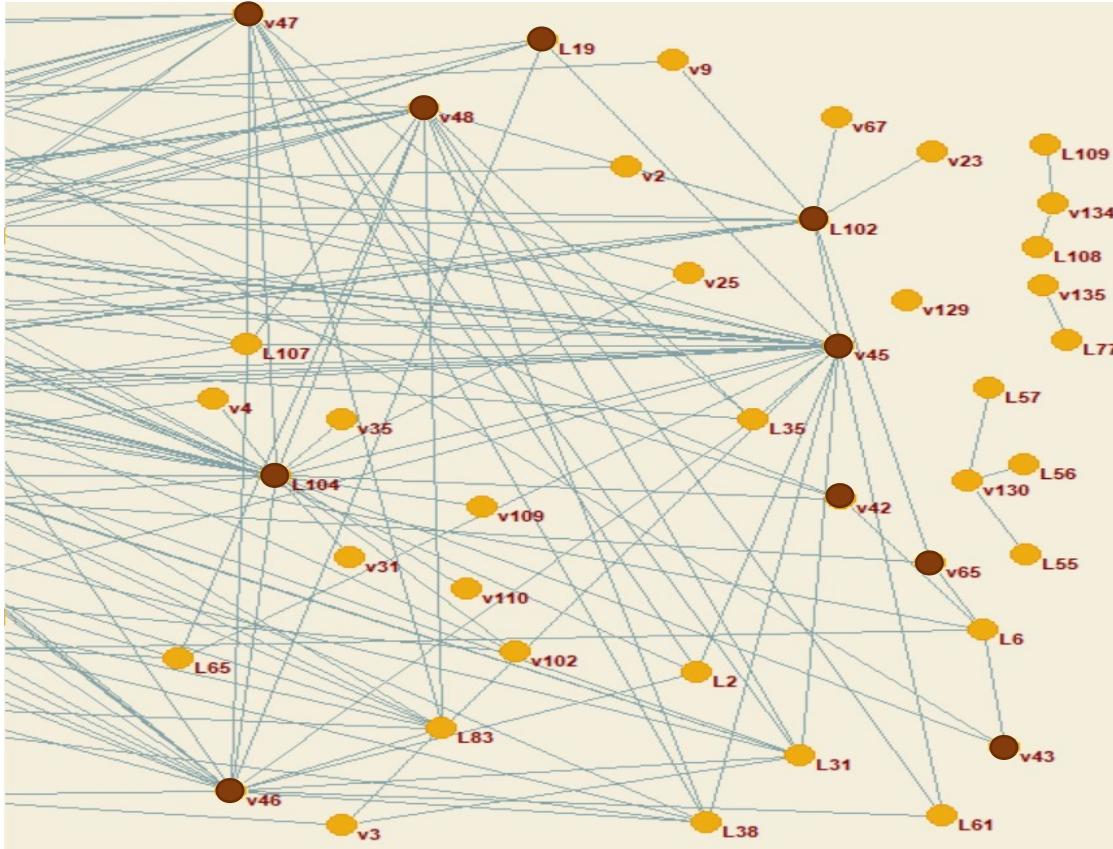


Figura 5: detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Panga, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 4. Os pontos mais escuros representam as espécies conectorasconectoras *Vernonia Polyanthes*, *Vochysia cinnamomae*, *Byrsonima intermedia*, *Aellopus fadus*, *Xylocopa spp.*, *Trepicharis sp* e *Megachile paulistana*.

Por último, o Módulo 6 (Figura 8) é relativamente pequeno, com três espécies de polinizadores e quatro espécies vegetais. As quatro plantas lianas ou de pequeno porte e que se encontram principalmente em áreas aberta, que é o caso de *Aspilia* sp. e *Erythroxylum campestris*, enquanto que a liana *Evolvulus glomeratus* ocorre na borda da mata (Souza e Lorenzi, 2012) e *E. deciduum* cresce em áreas de sub-bosque (Felfili *et al.*, 2001). Enquanto isso, os polinizadores são basicamente uma abelha e duas vespas. Possui um compartimento que contém a maior parte das espécies, sendo estas *E. deciduum* (L36), *E. campestris* (L37), *Polybia liliácea* (V126) e *Scolia* sp. (V132). O módulo apresenta somente espécies periféricas.

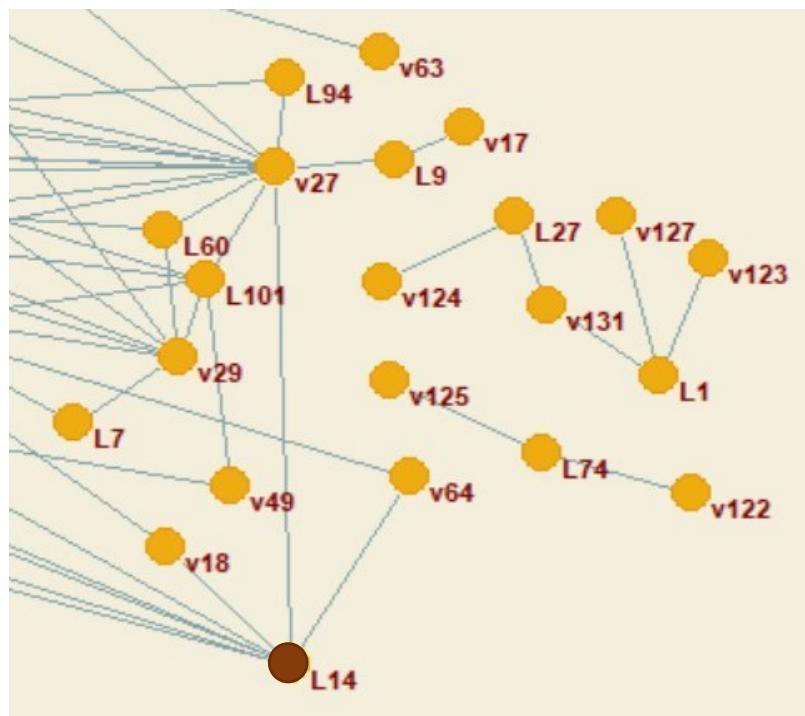


Figura 6: detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Pangue, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 5. O ponto mais escuro representa a espécie conectora *Bidens gardneri*.

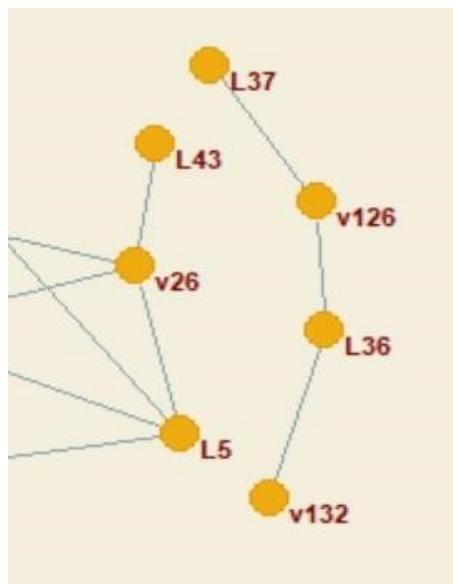


Figura 7: detalhe da Rede de Interações da Estação Ecológica do Pangue, organizada de maneira a deixar claro o Módulo 6.

A conectância da rede completa é de 0,052; com o *C score* tanto do conjunto de espécies vegetais, quanto de animais possui um valor alto de 0,809 e 0,817 respectivamente, demonstrando altos níveis de agregação. O *V ratio* da rede é de 7,440 para os polinizadores e de 8,630 para a flora, e o *niche overlap* é de 0,078 e de 0,083 respectivamente, ou seja, as espécies sobrepõe-se pouco e desta forma afirmam pouca redundância na funcionalidade da rede. Separadamente, as redes apresentam valores distintos (Tabela 1), que é um reflexo do tamanho das redes separadamente.

Tabela 2: Tabela de valores de conectância para as rede de Apidae, Throchilidae e Sphingidae, apresentando a distribuição de ligações, agregação e sua inferências e sobreposição de nichos. *Higher level* (HL) represente as colunas (polinizadores) e *Lower level* (LL) representa as espécies vegetais.

	Rede de Apidae	Rede de Throchilidae	Rede de Sphingidae
Connectance	0,100	0,351	0,173
C score – HL	0,705	0,227	0,433
C score – LL	0,627	0,323	0,586
V ratio – HL	8,442	8,903	2,884
V ratio – LL	5,919	2,807	10,738
Niche overlap – HL	0,109	0,408	0,316
Niche overlap – LL	0,167	0,403	0,166

Do lado dos polinizadores os graus de ligação variaram de 1 a 27, sendo que as espécies *Xylocopa frontalis*, *Thaulurania furcata*, *Phaetornis pretrei*, o gênero *Paratetrapedia* e *Trigona spinipes* foram as que apresentaram o maior grau (26, 26, 24, 24 e 25 respectivamente). Paralelamente, as espécies vegetais variaram de 1 a 43, sendo que as espécies com maior grau de ligação foram *Caryocar brasiliense*, *Inga vera*, *Vochysia cinnamomae*, *Qualea grandiflora*, *Matayba guianensis* (43, 32, 28, 23 e 23 respectivamente).

DISCUSSÃO

Ao analisar os resultados, pode se perceber que há uma contínua interação entre as áreas de cerrado e de mata de galeria e da Floresta Estacional Semidecidual (FES), demonstrando a permeabilidade da paisagem que permite tal fluxo de indivíduos (Shackelford *et al.* 2013), no caso os polinizadores, e consequentemente de pólen. Em um estudo feito por Tokumoto (2015) na Mata Atlântica, foi constatado que em uma paisagem mais diversa as redes de interações tornam-se mais modulares, ou seja, a heterogeneidade do meio é algo que influencia fortemente a estrutura das redes.

O índice de modularidade Q não é diretamente uma medida de uma qualidade ecológica, mas sim uma medida do quanto as ligações e interações de uma rede de uma certa comunidade podem ser separadas em módulos (Allesina, 2009). Assim, ao dizer que a rede da Estação Ecológica do Panga possui um índice de modularidade de 0.5074, isso sugere que essa pode ser separadas em módulos funcionais, sem no entanto definir como é a compartimentalização, ou seja, qual a quantidade de grupos que podem ser separados na comunidade como um todo (Dormann e Strauss, 2014). No caso da rede da EEP, é possível notar uma separação desses módulos a partir dos principais polinizadores, sendo Beija-Flores para o Módulo 1, Esfingídeos para o Módulo 2, Apidae no Módulo 3 ainda que permeando os outros conjuntos, e assim sucessivamente (Anexo I).

Por outro lado, as três redes analisadas separadamente para Apidae, Throchilidae e Sphingidae sugere pouco ou nenhuma modularidade, e o motivo para a isso pode ser o tamanho da rede, já que estas possuem um número de vértices bem menor que na matriz completa, ou então pela possibilidade de serem subconjuntos da rede de interação completa (Bezerra, Machado e Melo, 2009). No trabalho de Olesen *et al.* (2007) as redes analisadas que continham mais que 150 espécies eram claramente modulares, enquanto que as redes com menos de 50 espécies eram não – modulares, que é o caso das três matrizes dessas três redes. Por outro lado, isso sugere que as redes em separado possuem pouca especialização de seus componentes, com requerimentos alimentares semelhantes no uso dos recursos florais. No entanto, quando colocadas em conjunto com outras espécies de polinizadores na rede geral, essa especialização torna-se mais visível. A própria existência de modularidade parcial sugere que algumas dessas espécies tenham algum grau de especialização e não interagem entre si, nem de maneira aleatória (Dormann e Strauss, 2014).

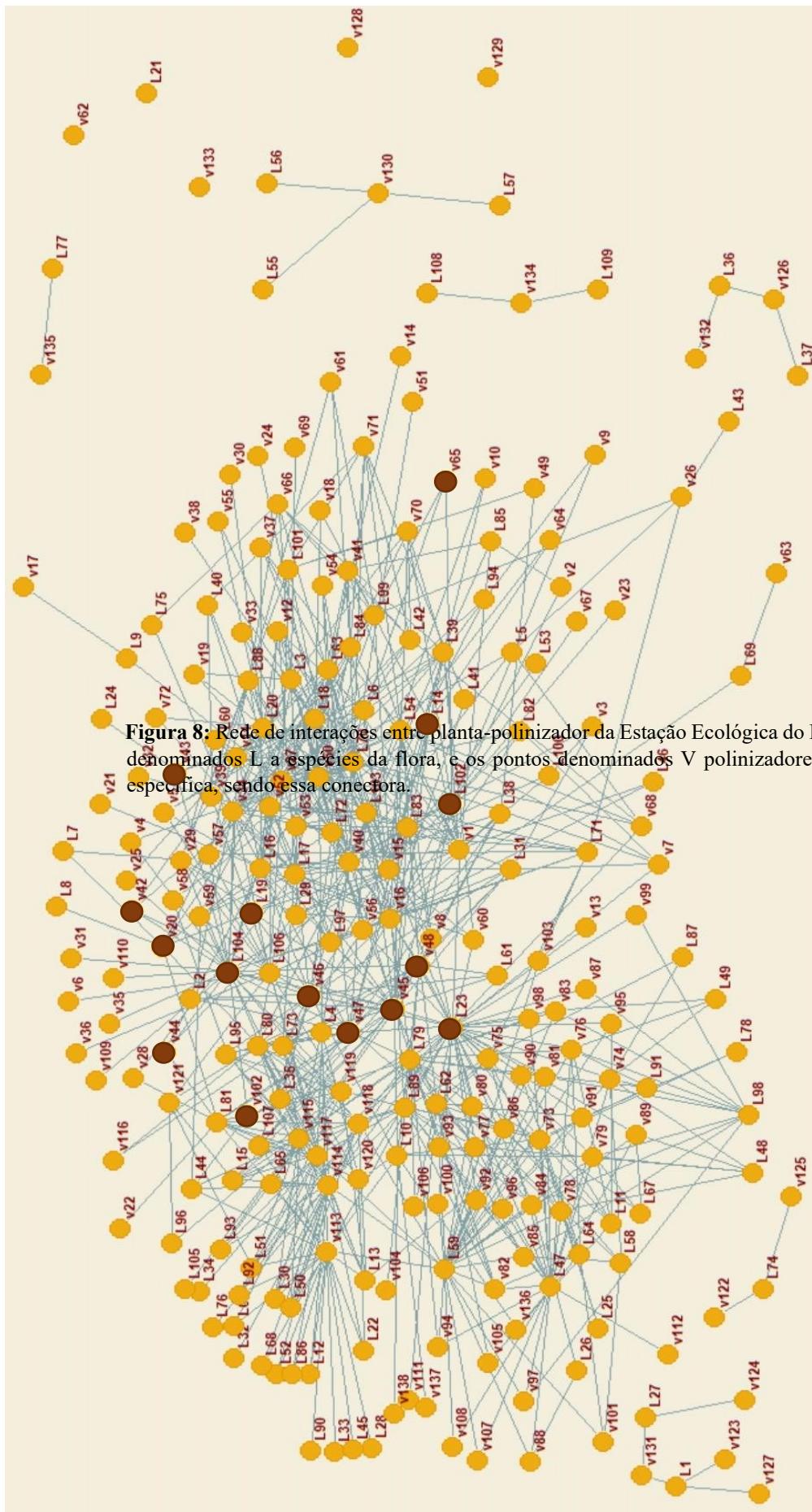


Figura 8: Rede de interações entre planta-polinizador da Estação Ecológica do Panga, representando a organização denominados L a espécies da flora, e os pontos denominados V polinizadores. Os pontos coloridos de maneira específica, sendo essa conectora.

Como pode ser visto na Figura 9, a rede de maneira geral é muito bem conectada, possuindo vários módulos distintos, porém com algumas espécies isoladas, sendo estas: *Polybia sericea* (V128) e *Polistes geminatus* (L129). Consequentemente, esses são as espécies mais especializadas, e de um ponto de vista ecológico, seriam os grupos mais suscetíveis a serem afetados por degradação ambiental, já que não possuem uma ligação com a rede principal, mas que ainda assim apareceram nas listas de espécies vegetais que ocorrem no Panga. Além disso, a rede possui uma grande quantidade de espécies periféricas e, desta forma, potencialmente vulneráveis. Por outro lado, há algumas espécies que se destacam não só pela quantidade de ligações na rede, mas pelos valores c e z .

Em uma rede extensa como as analisados por Olesen *et al.* (2007), algumas espécies podem ser destacadas, possuindo funções ecologicamente importantes, como por exemplo a de um *network hub*, ou então um *module hub*, espécies que conectam diversos módulos uns aos outros. Entretanto, como pode ser averiguado na Tabela 2, a rede da Estação Ecológica do Panga não apresenta nenhum *network* ou *module hub*, mas por outro lado possui várias espécies *conectoras*, sendo essas: *Caryocar brasiliense*, *Vochysia cinnamomea*, *Byrsonima intermedia*, *Vernonia polyanthes*, *Bidens gardneri*, *Centris nitens*, *Xanthebicaris bicolor*, *Triepicharis cf. analis*, *T. schrottky*, *Xylocopa frontalis*, *X. grisescens*, *X. hisurtissima*, *X. suspecta* e *Megachile paulistana*.

As espécies conectoras

Como pode ser visto na Figura 2, *Caryocar brasiliense* possui diversas conexões não só dentro do próprio módulo, mas também fora dele, e possui um valor z relativamente alto (1,816), mas é afinal uma *conectora*. Como bem se sabe, *C. brasiliense* é uma espécie do cerrado com ampla distribuição (Ratter *et al.* 1996) de alto valor econômico e social no sudeste (Caldeira-Júnior *et al.* 2007), sendo fonte de renda e alimento a diversas famílias da região e por isso ser uma espécie protegida por lei e imune ao corte. Entretanto, é também uma espécie extremamente importante ecologicamente, pois a sua flor grande em pincel e o néctar e pólen em abundância garantem o sustento de diversos visitantes florais, desde os pilhadores como abelhas pequenas e outros insetos de pequeno porte, a polinizadores efetivos como morcegos

nectarívoros, beija-flores e abelhas *Xylocopa* sp. (Dias, 2017). Durante as épocas de seca, há pouca disponibilidade de recursos florais, especialmente em áreas de campo, obrigando animais nectarívoros a se abrigarem em áreas florestadas (Silva Júnior *et al.* 2001). Mas *C. brasiliense* é uma árvore que floresce na época de seca, e desta forma, representa uma fonte importante de alimento durante esse período de pouco recurso, especialmente para beija-flores já que eles necessitam uma grande quantidade de alimento para sobreviver. Ainda, em outras regiões do país, como descrito por Dias (2017), a espécie se subdivide em subespécies de menor porte, com inflorescências menores e de fácil acesso para pequenos polinizadores, demonstrando uma rara troca de polinizadores de acordo com as condições ambientais e uma importante fonte de recursos para uma maior variedade de visitantes florais.

Vochysia cinnamomea, assim como vários membros da família Vochysiaceae, é uma arvoreta que ocorre em cerrados abertos e campos, com floração no final da estação chuvosa, ou seja, em uma época em que recurso alimentar começa a ficar limitado, e é polinizada principalmente por abelhas de grande porte, e secundariamente por beija-flores e borboletas, o que é permitido devido à flor grande e de fácil acesso (Santos, Afonse e Oliveira, 1997). Além disso, como é relativamente comum em espécies do cerrado, *V. cinnamomea* é uma espécie cuja ocorrência não é afetada pelo fogo (Oliveira, 2013), e assim, é de grande importância na manutenção de animais nectarívoros após queimadas.

Apesar de ser uma espécie com floração na estação chuvosa, como é comum no cerrado, *Byrsonima intermedia* apresenta um importante papel na transição de polinizadores, principalmente abelhas coletoras de óleo e de pólen, do cerrado aberto para as áreas úmidas e de veredas, aonde ocorre com poucas variações na sua morfologia floral, além de ser uma espécie com frutos atrativos para a fauna (Rocha Filho e Lomônaco, 2006; Oliveira *et al.* 2007). Por possuir uma flor de pólen e de óleo, *B. intermedia* representa uma importante fonte de recursos para abelhas, principalmente à aquelas dos gêneros *Epicharis* e *Centris*, mas é importante apontar que dentre as diversas espécies vegetais que ocorrem no cerrado, aquelas dentro do gênero *Byrsonima* representam uma fonte de alimento não só para a fauna, mas também para os humanos, sendo popularmente conhecida como Murici e muito consumida no campo e também usada na medicina popular (Santos *et al.* 2018), sendo assim não só um conector ecológico, mas também um conector com as pessoas.

Vernonia polyanthes é uma espécie ruderal da família Asteraceae com poucos estudos sobre sua fenologia, mas ainda assim representa uma importante conectora na EEP. Por ser uma espécie arbustiva e anemocórica, ela ocorre com muito frequência nos campos abertos do cerrado, e ainda floresce durante a estação seca e apresentando uma grande quantidade de recursos por inflorescência, evitando que abelhas visitantes apresentam pouco comportamento agressivo (Alves, 2015). Consequentemente, por ser uma espécie melífera muito visitada por diversas espécies de abelhas, ela funciona também como um atrativo para áreas degradadas, onde abelhas nativas são mais escassas, favorecendo o ecossistema em recuperação. Outra espécie ruderal de cerradão que pode ser caracterizada como conectora no Panga é *Bidens gardneri*. Assim como *V. polyanthes*, pertence à família Asteraceae, e dessa forma, é uma espécie melífera e generalista anual e que funciona como um bioindicador de qualidade do solo (Klein, 1991). *B. gardneri* ocorre naturalmente, além de áreas degradadas, em campo sujo, cerrado ralo, borda de cerradão e vereda (Hattori e Nakajima, 2011), sendo assim uma espécie importante na transição de polinizadores nesses ecossistemas, sendo eles principalmente pequenas abelhas (Silva, Araújo e Oliveira, 2012; Deus, 2014).

Em se tratando de polinizadores, não é novidade que Apidae é um dos grupos mais importantes para a reprodução vegetal na maioria das comunidades (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2011), e o grupo é particularmente diverso com mais de 16000 espécies, variando de pequenas abelhas eussociais à grandes abelhas solitárias (Pinheiro *et al.* 2014), sendo esse o caso do gênero *Xylocopa*, um dos principais gêneros polinizadores do maracujá – amarelo, uma espécie comercial importante para o país, além de outras plantações (Camillo, 2003; Senapathi *et al.* 2015). Entretanto, as espécies desse grupo não polinizam apenas plantas comerciais, são espécies coletores de pólen generalistas com altos níveis de interação em ambientes naturais, desde áreas urbanas à caatinga à florestas úmidas (Kleinert e Giannini, 2012), ou seja, interagem com uma grande quantidade de plantas e transitam por diversos meios e dessa forma permitem o deslocamento de material genético para áreas mais distantes, propiciando maior diversidade genética da comunidade, como por exemplo *Xylocopa frontalis* que apresentou interação com 21% das espécies vegetais registradas no Panga (Tabela 2). Contudo, mesmo sendo um grupo tão importante, a degradação ambiental afeta negativamente suas populações já que elas dependem de áreas florestadas para se reproduzir.

Ao se tratar de modularidade em uma rede de interação, presume-se que ocorra especialização na comunidade a partir de diversos fatores, e dentre eles, a coevolução é um importante fator de estruturação (Olesen *et al.* 2007; Mello, Bezerra e Machado 2013). Os gêneros *Centris* e *Epicharis*, que pertencem à tribo Centridini, são dois grupos de grande riqueza na savana brasileira e polinizadores de grande importância para a família Malpighiaceae, mas que também podem apresentar o papel de conectores (e às vezes de *hubs* no caso de *Centris*), em outros estudos de redes, comportando-se como especialistas ao se considerar a rede inteira, mas generalistas dentre as abelhas coletooras de óleo devido à necessidade de visitar mais de um tipo floral a fim de também coletar pólen (Mello, Bezerra e Machado, 2013; Pinheiro *et al.* 2014). Acredita-se que interação da família Malpighiaceae e da tribo Centridini é resultado de um processo de coevolução muito refinado, resultando em uma subrede mais coesa e resiliente que uma rede em grande escala (Bezerra, Machado e Mello; 2009).

Em Amorim *et al.* (2009), foi constatado que o hábito de forrageamento da maioria dos esfingídeos está intimamente ligada à sazonalidade, sendo o pico durante a estação chuvosa, ou seja, a atividade deste grupo mingua durante os meses de seca. Entretanto, como foi dito anteriormente, a Estação Ecológica do Panga possui tanto área de cerrado e campo sujo quanto de mata de galera, e essa disposição geográfica favorece a sobrevivência do grupo, inclusive a da espécie conectora *Aellopos fadus*, permitindo-a transitar entre a floresta e o cerrado em época de chuva. Diferente de muitos esfingídeos, as espécies que compõem o gênero *Aellopos* têm hábito diurno a crepuscular (Amorim, 2008) e desta forma forrageiam em flores não só com características esfingófilas, mas também ornitófilas, deixando os indivíduos susceptíveis a potencial competição. Por outro lado, isso também aumenta a probabilidade de polinização dessas flores, como por exemplo *Vochysia cinnamomea*, no sentido que *Aellopos fadus* não só é mais um polinizador efetivo, mas também potencialmente poderá se deslocar para áreas mais distantes devido ao comportamento territorialista de alguns polinizadores (como beija-flores), otimizando a troca de genes dessa maneira.

CONCLUSÃO

Quando se trata de conservação e/ou restauração ecológica, diversos desafios são encontrados, dentre eles a falta de informação sobre a efetividade das ações tomadas frente à degradação ambiental (Kaiser – Bunbury e Blüthgen, 2015). Nesse aspecto, a utilização de redes de interações permite a visualização da comunidade estudada como um todo, como é o caso deste trabalho. A partir da análise de rede, foi possível determinar as espécies mais importantes na teia de interações, e consequentemente a composição de espécies deixa de ser somente um objetivo e torna-se uma ferramenta que permite tornar o meio mais resiliente (Shackelford *et al.* 2013). No caso do Panga, várias dessas espécies são plantas herbáceas e arbustivas, espécies de crescimento rápido que muitas vezes passam despercebidas em grandes projetos de restauração, que tendem a focar em árvores. Embora árvores de grande porte tenham grande apelo ambiental, comercial e visual, muitas têm crescimento lento e nem todas contribuem para a atração de polinizadores para a área restaurada, resultando em uma tentativa falha de restauração ecológica. Ao se utilizar de estudos de rede, é possível determinar quais espécies têm os melhores resultados para determinados objetivos, principalmente se o projeto de restauração engloba não só a diversidade de espécies, mas também a diversidade de funções e interações, aspectos de grande importância para a saúde do ecossistema.

Entretanto, embora a rede ecológica do Panga tenha demonstrado uma quantidade razoável de espécies conectadoras, tanto vegetais quanto animais, que possibilitam a estabilidade e coesão da rede, percebe-se que ainda assim há uma grande quantidade de espécies periféricas, indivíduos com poucas interações até mesmo dentro do próprio módulo. Porém os valores de *niche overlap* apontam para uma direção diferente: há pouca sobreposição de nichos e, consequentemente, não há redundância funcional, o que coloca o ecossistema em risco no caso de alguma degradação intensa. Desta maneira, mesmo que área esteja protegida de atividades antrópicas intensas, é recomendável estudar de maneira mais profunda a rede de polinização da Estação Ecológica do Panga, não só através das várias pesquisas das últimas décadas, mas também através de esforços empíricos futuros.

REFERÊNCIAS

- ALLESINA, S. **Cycling and cycling índices**. Ecosystem, Ecology, pp. 50 – 57, 2009. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00681-9>
- ALMEIDA, A. D., MIKICH, S. B. **Combining plant – frugivore networks for describing the structure of network communities**. Oikos, v. 127, n. 2, pp. 184-197, 2018. <https://doi.org/10.1111/oik.04774>
- ALVES, L. H. S. **Abelhas visitantes florais de Vernonia polyanthes Less (Asteraceae), em Valença-RJ**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015. <https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/1515>
- AMORIM, F. W. **A comunidade de esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e plantas esfingófilas numa área de cerrado no sudeste do Brasil: biogeografia e associações mutualísticas**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, 2008. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13288>
- AMORIM, F. W. *et al.* **A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado**. Journal of Biogeography, v. 36, n. 4, pp. 662 – 674, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.02033.x>
- ARAÚJO, F. P. **A comunidade de plantas ornitófilas da Estação Ecológica do Panga: o fluxo de pólen intermediado pelo beija-flor Phaethornis pretrei (Phaethornithinae)**. Tese de Doutorado em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 2010. <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/316121>
- BARBOSA, A. A. A. **Biologia reprodutiva de uma comunidade de campo sujo, Uberlândia/MG**. Tese de Doutorado em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 1997. <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/316111>

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P. **Mutualistic Networks**. Princeton University Press, New Jersey, 208 pp., 2014.
<https://doi.org/10.23943/princeton/9780691131269.001.0001>

BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C.; MELLO, M. A. R. **Pollination networks of oil-flowers: a tiny world within the smallest of all worlds**. *Journal of Animal Ecology*, v. 78, pp. 1096 – 1101, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01567.x>

BLÜTHGEN, N., MENZEL, F. AND BLÜTHGEN, N. **Measuring specialization in species interaction networks**. *BMC Ecology*, v. 6, n. 12, 2006.
<https://doi.org/10.1186/1472-6785-6-9>

BOSCH, J. *et al.* **Plant – pollinator networks: adding the pollinator's perspective**. *Ecology Letters*, v. 12, pp. 409 – 419, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01296.x>

CALDEIRA-JÚNIOR, C. F. *et al.* **Ecogeografia e etnobotânica do *Caryocar brasiliense* no Norte de Minas Gerais**. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, pp. 477 – 479, 2007

CAMILLO, E. **Polinização do maracujá**. Holos Editora, Ribeirão Preto, São Paulo, 44 p., 2003.

CARDOSO, E. *et al.* **Mudanças fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG**. Caminhos de Geografia, v. 10, n.32, 2009.

CARVALHO, A. M. C. **Estudo das interações entre a apifauna e a flora apícola em vegetação de cerrado – Reserva Ecológica do Panga – Uberlândia – MG**. Dissertação de Mestrado pela Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 125 pp., 1990.

CARVALHO, A. M. C.; BEGO, L. R. **Seasonality of dominant species of bees in the Panga Ecological Reserve, Cerrado, Uberlândia, MG**. Sociedade de Entomologia do Brasil, n. 24, v. 2, pp. 327 – 329, 1995.

CARVALHO, A. M. C.; BEGO, L. R. **Studies on Apoidea fauna of cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil**. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 40, n. 2, pp. 147 – 156, 1996.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras, volume 1.** Embrapa, Brasília, Distrito Federal, pp. 1039, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras, volume 2.** Embrapa, Brasília, Distrito Federal, pp. 627, 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras, volume 3.** Embrapa, Brasília, Distrito Federal, pp. 593, 2008.

CRONK, Q., OJEDA, I. **Bird pollinated flowers in a evolutionary and molecular contexto.** Journal of Experimental Botany, v. 59, n. 4, pp. 715 – 727, 2008.
<https://doi.org/10.1093/jxb/ern009>

DEL-KLARO, K.; BERTO, V.; RÉU, W. **Effect of herbivore deterrence by ants on the fruit set of an extrafloral nectary plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae).** Journal of Tropical Ecology, v. 12, n. 6, pp. 887 – 892, 1996.
<https://doi.org/10.1017/S0266467400010142>

DEVOTO, M. *et al.* **Understanding and planning ecological restoration on plantpollinatiood networks.** Ecology Letters, n. 15, p. 319 – 328, 2012.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01740.x>

DEUS, F. F. **Sucessão, composição florística e biologia da polinização de uma comunidade vegetal do cerrado, Uberlândia, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós – graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, 2014.
<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13418>

DEUS, F. F., OLIVEIRA, P. E. **Changes in floristic composition and pollination systems in a “Cerrado” community after 20 years of fire suppression.** Brazilian Journal of Botany, v. 39, n. 4, pp. 1051 – 1063, 2016. <https://doi.org/10.1007/s40415-016-0304-9>

DIAS, A. B. **Ecologia da polinização e troca de polinizadores de *Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Caryocaraceae), em área meridional do cerrado.** Dissertação de Mestrada, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal de São Paulo, Botucatu – SP, 2017. <http://hdl.handle.net/11449/150857>

DORMANN, C. F.; STRAUSS, R. **A method for detecting modules in quantitative bipartite networks.** Methods in Ecology and Evolution, v. 5, pp. 90–98, 2014. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12139>

DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R. **Phytosociology and structure of a frequently burnt cerrado vegetation in SE-Brazil.** Flora, v. 189, pp. 153 – 160, 1996. [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30582-0](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30582-0)

FELFILI, J. M. *et al.* **Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central.** In: RIBEIRO, J. F., FONSECA, C. E. L., SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria.** Embrapa, Planaltina, Distrito Federal, 899 p., pp. 195 – 263, 2001.

FEOFILOFF, P., KOHAYAKAWA, Y., WAKABAYASHI, Y. **Uma introdução sucinta à teoria dos grafos.** São Paulo, 2011.

FREITAS, L. *et al.* **Interações planta-polinizador e a estruturação das comunidades.** In: RECH, A. R. *et al.* **Biologia da Polinização.** Projeto Cultural, Rio de Janeiro, 1^a edição, pp. 373 – 395, 2014

GUIMERÀ, R. *et al.* **The worldwide air transportation network: anomalous centrality, community structure and cities' global role.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, v. 102, pp. 7794 – 7799, 2005. <https://doi.org/10.1073/pnas.0407994102>

HARIDASAN, M. **Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil.** Plant and Soil, v. 65, pp. 265 – 273, 1982. <https://doi.org/10.1007/BF02374657>

HATTORI, E. K. O.; NAKAJIMA, J. N. **A família Asteraceae na Reserva Ecológica do Panga, Unerlândia, Minas Gerais, Brasil.** Hoehnea, v. 38, n. 2, pp. 165 – 214, 2011. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062011000200002>

HELENO, R.; DEVOTO, M.; POCOCK, M. **Connectance of species interaction networks and conservation value: is it any good to be well connected?** Ecological Indicators, v. 14, p. 7 – 10, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.032>

IMPERATRIZ – FONSECA, V. L. *et al.* **Checklist of bees and honey plants from São Paulo State, Brazil.** Biota Neotropica, v. 11, pp. 1 – 25, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000500029>

IMPERATRIZ – FONSECA, V. L. *et al.* **Polinizadores do Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.** Edusp, São Paulo, 485 pp., 2012.

JAFFÉ, R. *et al.* **Landscape genetics of a tropical rescue pollinator.** Conservation Genetics, v. 17, n. 2, pp. 267 – 278, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10592-015-0779-0>

JORDANO, P. **Pattern of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution.** The American Naturalist, v. 12, pp. 657 – 677, 1987. <https://doi.org/10.1086/284665>

KAISER-BUNBURY, C. N.; BLÜTHGEN, N. **Integrating network ecology with applied conservation: a synthesis and guide to implementation.** Journal AoB Plants, n. 7, v. 76, 2015. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv076>

KAISER-BUNBURY, C. N. *et al.* **Ecosystem restoration strengthens pollination network resilience and function.** Nature, v. 542, p. 223 – 229, 2017. <https://doi.org/10.1038/nature21071>

KLEIN, A. L. **Crescimento e floração de *Bidens gardneri* Baker.** Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 1991. <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/315064>

KLEINERT, A. M. P.; GIANNINI, T. C. **Generalist bee species on Brazilian bee – plant interaction networks.** Psyche, v. 2012, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/291519>

KNOP, E. *et al.* **Rush hours in flower visitors over a day–night cycle.** Insect Conservation and Diversity, v. 11, n. 3, pp. 267-275, 2018. <https://doi.org/10.1111/icad.12277>

MAAS, P.J.M. **Costoidae (Zingiberaceae).** Flora Neotropica, monograph 8. Hafner, New York, New York, 1972.

MACHADO, A. O. **Diversidade de recursos florais para Beija-flores nos Cerrados do Triângulo Mineiro e região.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em

Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, 2012. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13271>

MARUYAMA, P. K., AMORIM, F. W., OLIVEIRA, P. E. **Night and day service: Distyly and mixed pollination system in *Faramea cyanea* (Rubiaceae).** Flora, n. 205, p. 818 – 824, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.01.004>

MELAZZO, A. F. O.; OLIVEIRA, P. E. ***Cuphea melvilla* Lindley (Lythraceae): uma espécie do cerrado polinizada por beija-flores.** Acta Botanica Brasilica, n. 26, v. 2, p. 281 – 289, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000200005>

MELLO, M. A.; BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I . C. **Functional roles of Centridini oil bees and Malpighiaceae oil flowers in Biome – wide Pollination Networks.** Biotropica, v. 45, n. 1, pp. 45 – 53, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00899.x>

OLESEN, J. M. *et al.* **The modularity of pollination networks.** Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America, v. 104, n. 50, p. 19891 – 19896, 2007. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706375104>

OLIVEIRA, M. I. B. *et al.* **Sistema reprodutivo e polinização de *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Malpighiaceae) em Mato Grosso do Sul, Brasil.** Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, n. 1, pp. 756 – 758, 2007.

OLIVEIRA, R. M. C. **Atributos ecológicos relacionados ao fogo de espécies lenhosas do cerrado sentido restrito.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, 2013. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13394>

PINHEIRO, M. *et al.* **Polinização por abelhas.** In: RECH, A. R. *et al.* **Biologia da Polinização.** Projeto Cultural, Rio de Janeiro, 1^a edição, pp. 205 – 233, 2014.

PRIMACK, R. B., RODRIGUES, E. **Biologia da conservação.** Editora PLANTA. 2001. 328 p.

RAMÍREZ-BURBANO, M. B. *et al.* **The role of the endemic and critically endangered Colorful Puffleg *Eriocnemis mirabilis* in plant-hummingbird networks of the Colombian Andes.** Biotropica, v. 49, n. 4, pp. 555-564, 2017.

SAUERESSIG, D. **Plantas do Brasil: árvores nativas.** Irati – PR. Editora Plantas do

Brasil. V. 1, 2014. 432 p. <https://doi.org/10.1111/btp.12442>

RATTER, J. A. *et al.* **Analyses of floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas.** Edinburgh Journal of Botany, v. 6, n. 1, pp. 57 – 109, 1996. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428603000064>

ROCCA, M. A.; SAZIMA, M. **Beyond hummingbird – flowers: the other side of ornithophily in Neotropics.** Oecologia Australis, v. 14, n. 1, pp. 67 – 99, 2010. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.03>

ROCHA FILHO, L. C., LOMÔNACO, C. **Variações fenotípicas de *Davilla elliptica* A. St. – Hil. (Dilleniaceae) e *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Malpighiaceae) em uma área de transição cerrado – vereda.** Acta Botanica Brasilica, v. 20, n. 3, pp. 719 – 725, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000300021>

SANTOS, M. L.; AFONSO, A. P.; OLIVEIRA, P. E. **Biologia floral de *Vochysia cinnamomea* Pohl (Vochysiaceae) em cerrados do Triângulo Mineiro, MG.** Revista Brasileira de Botânica, v. 20, n. 2, 1997. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041997000200003>

SANTOS, S. B., PEDRALLI, G.; MEYER, S. T. **Aspectos da fenologia de *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae) na estação ecológica do Tripuí, Ouro Preto – MG.** Planta daninha, v. 23, n. 2, pp. 175 – 180, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000200002>

SANTOS, R. C. *et al.* ***Byrsonima intermedia* A. Juss.** Medicinal and Aromatic Plants of South America, v. 5, pp. 145 – 152, 2018. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1552-0_12

SAZATORNIL, F. D. *et al.* **Beyond neutral and forbidden links: morphological matches and the assembly of mutualistic hawkmoth–plant networks.** Journal of Animal Ecology, v.85, n. 6, pp. 1586 – 1594, 2016. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12509>

SCHLUTER, D. **A variance test for detecting species associations, with some example applications.** Ecology, v. 65, n. 3, pp. 998 – 1005, 1984. <https://doi.org/10.2307/1938071>

SENAPATHI, D. *et al.* **Pollinator conservation – the difference between managing for pollination services and preserving pollinator diversity.** Current Opinion on Insect Science, v. 12, pp. 93 – 101, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.11.002>

SHACKELFORD, N. *et al.* **Primed for change: developing ecological restoration for the 21st century.** Restoration Ecology, v. 21, n. 3, p. 297 – 304, 2013. <https://doi.org/10.1111/rec.12012>

SILVA, C. I. **Distribuição espaço-temporal de recursos utilizados por espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Apidae) e interação com plantas do cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, 2009. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13251>

SILVA, C. I., ARAÚJO, G.; OLIVEIRA, P. E. **Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, v. 26, n. 4, pp. 748 – 760, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000400004>

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III.** Instituto Plantarum, 3^a ed., Odessa, São Paulo, 768 pp.

STONE, L., ROBERTS, A. **The checkerboard score and species distributions.** Oecologia, v. 85, pp. 74 – 79, 1990. <https://doi.org/10.1007/BF00317345>

TOKUMOTO, P. M. **Efeito da heterogeneidade da paisagem sobre Redes de Interações planta – polinizador.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Federal de São Paulo, Diadema – SP, 2015. <http://repositorio.unifesp.br/handle/11600/47083>

VALIENTE-BANUET, A. *et al.* **Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world.** Functional Ecology, v. 29, pp. 299 – 307, 2015. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12356>

VÁZQUEZ, D. P.; CHACOFF, N. P.; CAGNOLO, L. **Evaluating multiple determinants of the structure of mutualistic networks.** Ecology, v. 90, pp. 2039 – 2046, 2009. <https://doi.org/10.1890/08-1837.1>

VIDAL, M. M. *et al.* **Frugivores at higher risk of extinction are the key elements of a mutualistic network.** Ecology, v. 95, n. 12, pp. 3440-3447, 2014. <https://doi.org/10.1890/13-1584.1>

VIZENTIN-BUGONI, J. *et al.* **Plant-Pollinator Networks in the Tropics: A Review.** In: Dátilo W., Rico-Gray V. **Ecological Networks in the Tropics.** Springer, Cham, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0_6

WILMS, W. *et al.* **Resource partitioning between hightly eusocial bees and possible impact of the introduced africanized honey bee on native stingless bees in the Bazilian Atlantic Rainforest.** Studies on Neotropical Fauna and Environment, v. 31, pp. 137 – 151, 1996. <https://doi.org/10.1076/snfe.31.3.137.13336>.

ANEXOS

Tabela 3: Módulos identificados na Estação Ecológica do Panga, espécies inseridas e seus respectivos valores C-Z e *degree*. As espécies sublinhadas são aquelas consideradas conectoras, que possuem $c>0,620$ e $z<2,500$.

Código	Espécie	Valores <i>c</i>	Valores <i>z</i>	<i>Degree</i>
Módulo 1				
Flora				
L105	<i>Vochysia rufa</i>	0,000	0,604	1
L80	<i>Qualea multiflora</i>	0,602	2,255	16
L81	<i>Qualea parviflora</i>	0,485	2,255	13
L8	<i>Banisteriopsis campestris</i>	0,000	-0,730	1
L73	<i>Palicourea rigida</i>	0,569	1,445	12
L95	<i>Styrax ferrugineus</i>	0,568	0,636	9
L96	<i>Styrax pohlii</i>	0,000	-0,578	2
L33	<i>Dicliptera squarrosa</i>	0,000	-0,983	1
L45	<i>Geissomeria longiflora</i>	0,000	-0,983	1
L86	<i>Ruellia brevifolia</i>	0,000	-0,578	2
L66	<i>Mandevilla hirsuta</i>	0,000	-0,578	2
L76	<i>Prestonia coalita</i>	0,000	-0,983	1
L4	<i>Ananas ananassoides</i>	0,469	0,636	8
L34	<i>Dyckia leptostachya</i>	0,000	-0,983	1
L22	<i>Canna indica</i>	0,000	-0,173	3
L28	<i>Costus spiralis</i>	0,000	-0,983	1
L12	<i>Bauhinia rufa</i>	0,000	-0,578	2
L13	<i>Bauhinia ungulata</i>	0,245	1,041	7
L15	<i>Bowdichia virgilioides</i>	0,245	1,041	7
L32	<i>Deguelia hatschbachii</i>	0,000	-0,983	1
L92	<i>Sinningia elatior</i>	0,000	-0,173	3
L50	<i>Heliconia psittacorum</i>	0,000	0,636	5
L90	<i>Salvia scabrida</i>	0,000	-0,983	1
L30	<i>Cuphea melvilla</i>	0,000	0,636	5

L51	<i>Helicteres brevispira</i>	0,000	1,041	6
L52	<i>Helicteres saca-rolha</i>	0,000	-0,578	2
L44	<i>Faramea hyacinthina</i>	0,560	-0,173	5
L68	<i>Manettia cordifolia</i>	0,000	-0,578	2
L93	<i>Stachytarpheta gesnerioides</i>	0,000	0,231	4

Polinizadores

V20	<i>Centris nitens</i>	0,656	0,577	8
V22	<i>Centris mocsaryi</i>	0,000	-1,139	1
V28	<i>Epicharitides cockerelli</i>	0,500	-1,139	2
V113	<i>Phaetornis pretrei</i>	0,351	1,514	24
V114	<i>Thaulurania furcata</i>	0,435	1,514	26
V115	<i>Amazilia fimbriata</i>	0,427	0,777	19
V116	<i>Calliphlox amethystina</i>	0,000	-0,992	2
V117	<i>Chlorostilbon lucidus</i>	0,499	0,630	19
V118	<i>Eupetomena macroura</i>	0,480	0,188	15
V119	<i>Colibri serrirostris</i>	0,514	-0,107	12
V120	<i>Heliomaster squamosis</i>	0,449	-0,549	7
V121	<i>Lophornis magnificus</i>	0,320	-0,697	5

Módulo 2

Flora

L79	<i>Qualea grandiflora</i>	0,541	0,765	23
L89	<i>Salvertia convallariodora</i>	0,541	-0,088	14
L23	<i>Caryocar brasiliense</i>	0,620	1,861	43
L98	<i>Tocoyena formosa</i>	0,000	0,156	10
L47	<i>Guettarda virbunoides</i>	0,000	1,617	22
L62	<i>Lafoensia pacari</i>	0,355	0,156	13
L48	<i>Hancornia speciosa</i>	0,000	-0,453	5
L49	<i>Hedychium coronarium</i>	0,000	-0,697	3
L25	<i>Cestrum megalophyllum</i>	0,000	-0,819	2
L26	<i>Cestrum schlechtendalii</i>	0,000	-0,819	2

L67	<i>Mandevilla illustris</i>	0,000	-0,697	3
L78	<i>Pseudobombax tomentosa</i>	0,000	-0,819	2
L91	<i>Schubertia grandiflora</i>	0,000	-0,697	3

L87	<i>Ruellia humilis</i>	0,000	-0,819	2
L10	<i>Bauhinia brevipes</i>	0,000	1,488	12
L11	<i>Bauhinia holophyla</i>	0,278	-0,453	6
L58	<i>Inga laurina</i>	0,000	-0,453	5
L59	<i>Inga vera</i>	0,219	2,348	32
L65	<i>Luehea divaricata</i>	0,000	-0,088	8

Polinizadores

V13	<i>Partamona cf. cupira</i>	0,000	-1,229	1
V73	<i>Protambulyx strigilis</i>	0,255	3,087	14
V74	<i>Manduca sexta</i>	0,000	1,518	8
V75	<i>Xylophanes tersa</i>	0,406	0,733	8
V76	<i>Cocytius lucifer</i>	0,000	1,910	9
V77	<i>Isognathus caricae</i>	0,219	1,125	8
V78	<i>Erinnyis ello</i>	0,000	1,518	8
V79	<i>Manduca diffissa</i>	0,245	0,733	7
V80	<i>Enyo ocypete</i>	0,000	0,733	6
V81	<i>Manduca florestan</i>	0,000	0,733	6
V82	<i>Callionima parce</i>	0,000	0,733	6
V83	<i>Agrius ingulata</i>	0,000	0,341	5
V84	<i>Cocytius antaeus</i>	0,000	0,733	6
V85	<i>Erinnyis alope</i>	0,000	0,733	6
V86	<i>Isognathus menecus</i>	0,000	-0,052	4
V87	<i>Manduca contracta</i>	0,000	-0,836	2
V88	<i>Xylophanes pistacina</i>	0,000	-0,444	3
V89	<i>Eumorpha adamsi</i>	0,000	0,341	5
V90	<i>Eumorpha achemolus</i>	0,000	0,341	5
V91	<i>Erinnyis obscura</i>	0,000	-0,052	4

V92	<i>Erinnyis oenotrus</i>	0,000	-0,052	4
V93	<i>Xylophanes tyndarus</i>	0,000	-0,052	4
V94	<i>Manduca albipлага</i>	0,000	-0,444	3
V95	<i>Pachylia ficus</i>	0,000	-0,444	3
V96	<i>Xylophanes chiron</i>	0,000	-0,444	3
V97	<i>Eumorpha vitis</i>	0,000	-0,444	3

V98	<i>Manduca lefeburii</i>	0,000	-0,444	3
V99	<i>Manduca rustica</i>	0,000	-0,836	2
V100	<i>Protambulix astygonus</i>	0,000	-0,836	2
V101	<i>Pseudophinx tetrio</i>	0,000	-0,444	3
V103	<i>Eumorpha labruscae</i>	0,500	-1,229	2
V104	<i>Madoryx plutonius</i>	0,000	-1,229	1
V105	<i>Manduca hannibal</i>	0,000	-0,836	2
V106	<i>Manduca manduroides</i>	0,000	-0,836	2
V107	<i>Neogene dynaeus</i>	0,000	-0,836	2
V108	<i>Xylophanes anubus</i>	0,000	-0,836	2
V111	<i>Isognathus allamandae</i>	0,000	-1,229	1
V112	<i>Perigonia pallida</i>	0,000	-1,229	1
V136	<i>Anoura caudifer</i>	0,500	-0,876	2
V137	<i>Carollia perspicillata</i>	0,000	-0,876	1
V138	<i>Glossophaga soricina</i>	0,000	-0,876	1

Módulo 3

Flora

L106	<i>Vochysia tucanorum</i>	0,604	0,629	19
L16	<i>Byrsonima basiloba</i>	0,410	1,367	20
L18	<i>Byrsonima crassa</i>	0,282	1,552	19
L17	<i>Byrsonima coccobifolia</i>	0,338	0,813	15
L20	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	0,292	0,444	12
L4	<i>Alibertia obtusa</i>	0,133	0,998	14
L41	<i>Eupatorium horiminoides</i>	0,000	-1,032	2

L40	<i>Eupatorium barbacense</i>	0,000	-0,633	4
L42	<i>Eupatorium maximilliani</i>	0,000	0,075	8
L75	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	0,000	-1,033	2
L99	<i>Trichogonia salviaefolia</i>	0,197	0,075	9
L103	<i>Vernonia sp.</i>	0,397	0,075	11
L29	<i>Couepia grandifolia</i>	0,500	-0,663	2
L53	<i>Hirtella glandulosa</i>	0,000	-1,217	1
L63	<i>Licania humilis</i>	0,000	1,367	15

L85	<i>Rudgea virbuniooides</i>	0,375	-0,848	4
L88	<i>Sabicea brasiliensis</i>	0,197	0,075	9
L71	<i>Merremia tomentosa</i>	0,346	-0,110	9
L100	<i>Tristachya leiostachya</i>	0,375	-0,848	4
L24	<i>Cassia aff. Uniflora</i>	0,000	-1,217	1
L84	<i>Rourea induta</i>	0,000	0,444	10
L70	<i>Matayba guianensis</i>	0,162	2,474	23
L39	<i>Eugenia involucrata</i>	0,142	0,813	13
L97	<i>Tabebuia ochraceae</i>	0,320	-0,663	5
L82	<i>Rapanea guianensis</i>	0,000	-0,663	4
L72	<i>Miconia fallax</i>	0,346	1,182	18
L54	<i>Hyptis crenata</i>	0,304	1,182	17
L46	<i>Guapira graciliflora</i>	0,000	-1,032	2

Polinizadores

V1	<i>Apis mellifera</i>	0,457	1,597	18
V5	<i>Euglossa melanotricha</i>	0,000	-0,325	4
V6	<i>Euglossa decorata</i>	0,000	-0,966	1
V7	<i>Friesomelitta doederleine</i>	0,560	-0,539	5
V8	<i>Friesomelitta varia</i>	0,560	-0,539	5
V10	<i>Melipona rufiventris</i>	0,000	-0,752	2
V11	<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	0,349	0,529	10
V12	<i>Paratrigona lineata</i>	0,406	0,102	8

V14	<i>Scaptotrina cf. depillis</i>	0,000	-0,966	1
V15	<i>Tetragonista angustula</i>	0,425	2,024	20
V16	<i>Trigona spinepes</i>	0,611	2,024	25
V19	<i>Centris tarsata</i>	0,000	-0,539	3
V21	<i>Centris varia</i>	0,000	-0,966	1
V24	<i>Centris fuscata</i>	0,000	-0,966	1
V30	<i>Epicharitides minima</i>	0,000	-0,966	1
V32	<i>Exomalopsis aureopilosa</i>	0,000	-0,966	1
V33	<i>Exomalopsis cf. fulvipennis</i>	0,000	-0,539	3
V34	<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	0,204	2,237	18
V36	<i>Paratrapedia cf. maculata</i>	0,000	-0,966	1

V37	<i>Paratrapedia cf. velutina</i>	0,000	-0,325	4
V38	<i>Paratrapedia lineata</i>	0,000	-0,966	1
V39	<i>Paratrapedia Tropidopedia spp.</i>	0,000	0,102	6
V40	<i>Paratrapedia spp. *</i>	0,531	0,102	24
V41	<i>Tetrapedia cf. diversipes</i>	0,000	0,315	7
V44	<i>Xanthepecharis bicolor</i>	0,625	0,000	4
V50	<i>Augochlora esox</i>	0,272	1,170	13
V51	<i>Augochlora foxiana</i>	0,000	-0,966	1
V52	<i>Augochlora spp. *</i>	0,124	1,810	15
V53	<i>Augochloropsis aphrodite</i>	0,436	1,170	15
V54	<i>Augochloropsis callichroa</i>	0,000	-0,539	3
V55	<i>Augochloropsis cleopatra</i>	0,000	-0,752	2
V56	<i>Augochloropsis cupreola</i>	0,480	0,315	10
V57	<i>Augochloropsis cf. notophos</i>	0,219	0,315	8
V58	<i>Augochloropsis wallacei</i>	0,444	-0,752	3
V59	<i>Augochloropsis spp. *</i>	0,562	-0,112	8
V60	<i>Chloralictus spp. *</i>	0,375	-0,539	4
V61	<i>Ceralictus theius</i>	0,000	-0,539	3

V66	<i>Megachile curvipes</i>	0,000	0,315	7
V67	<i>Megachile cf. guaranitica</i>	0,320	-0,325	5
V68	<i>Megachile laeta</i>	0,000	-0,966	1
V69	<i>Megachile terrestris</i>	0,245	0,102	7
V70	<i>Megachile spp. *</i>	0,000	0,315	7
V71	<i>Oxae flavesiensis</i>	0,000	-0,752	2

Módulo 4

Flora

L104	<i>Vochysia cinnamomea</i>	0,768	0,000	28
L19	<i>Byrsonima intermedia</i>	0,667	1,095	6
L6	<i>Banisteria argyrophila</i>	0,480	0,000	5
L102	<i>Vernonia polyanthes</i>	0,663	0,000	13
L35	<i>Eriotheca gracilipes</i>	0,320	-0,087	5
L2	<i>Acosmium dasycarpuna</i>	0,375	-0,875	4

L31	<i>Davilla elliptica</i>	0,494	0,700	9
L61	<i>Kielmeyera coriacea</i>	0,000	-0,875	3
L55	<i>Hyptis interrupta</i>	0,000	0,000	1
L56	<i>Hyptis nudicaulis</i>	0,000	0,000	1
L57	<i>Hyptis virgata</i>	0,000	0,000	1
L38	<i>Erythroxylum suberosum</i>	0,408	0,700	7
L83	<i>Roupala montana</i>	0,496	0,700	11
L107	<i>Zeyheria montana</i>	0,490	-0,088	7
L65	<i>Luehea grandiflora</i>	0,000	-0,088	4
L77	<i>Protium ovatum</i>	0,000	0,000	1
L108	<i>Zornia reticulata</i>	0,000	-0,500	1
L109	<i>Zornia virgata</i>	0,000	-0,500	1

Polinizadores

V2	<i>Bombus atratus</i>	0,500	0,000	2
V3	<i>Cephalotrigona capitata</i>	0,444	-0,594	3
V4	<i>Euglossa cf. cordata</i>	0,500	0,000	2

V9	<i>Melipona quadrifasciata</i>	0,500	0,000	2
V23	<i>Centris cf. fluviatilis</i>	0,000	0,000	1
V25	<i>Centris bicolor</i>	0,500	0,000	2
V31	<i>Epicharitides obscura</i>	0,000	0,000	1
V35	<i>Hoplepicaris affinis</i>	0,000	0,000	1
V42	<i>Triepicharis cf. analis</i>	0,625	0,000	4
V43	<i>Triepicharis schrottky</i>	0,667	0,000	3
V45	<i>Xylocopa frontalis</i>	0,772	1,378	26
V46	<i>Xylocopa griseascens</i>	0,739	1,095	21
V47	<i>Xylocopa hirsutissima</i>	0,768	0,532	17
V48	<i>Xylocopa suspecta</i>	0,713	1,095	17
V65	<i>Megachile paulistana</i>	0,667	0,000	3
V67	<i>Megachile aff. curvipes</i>	0,000	0,000	1
V102	<i>Aellopos fadus</i>	0,667	0,000	3
V109	<i>Aleuron chloroptera</i>	0,000	0,000	1
V110	<i>Eupyrrhoglossum sagra</i>	0,000	0,000	1
V130	<i>Polystes geminatus</i>	0,000	0,000	3

V134	<i>Trimeria americana</i>	0,000	0,577	2
V135	<i>Zethus sp.</i>	0,000	0,000	1

Módulo 5

Flora

L7	<i>Banisteriopsis angustifolia</i>	0,000	1,095	2
L9	<i>Banisteriopsis sp.</i>	0,500	0,730	2
L14	<i>Bidens gardneri</i>	0,625	0,000	8
L101	<i>Vernonia brevipeciolata</i>	0,500	-0,663	6
L60	<i>Ipomoea procurrens</i>	0,444	-0,730	3
L94	<i>Stylosanthes guianensis</i>	0,000	-1,033	2
L1	<i>Achyrocline satureoides</i>	0,444	0,000	3
L74	<i>Peltodon tomentosus</i>	0,000	0,000	2
L27	<i>Cissus erosa</i>	0,000	0,000	2

Polinizadores				
V17	<i>Arhysoceble huberi</i>	0,000	-1,155	1
V18	<i>Centris aenea</i>	0,500	0,000	2
V27	<i>Ceratina spp.*</i>	0,436	1,170	15
V29	<i>Epicharitides iherengi</i>	0,594	0,577	8
V49	<i>Xylocopa subcyanea</i>	0,500	-0,876	2
V63	<i>Thectochlora alaris</i>	0,000	0,000	1
V64	<i>Hypanthidium cf. muscarium</i>	0,500	0,000	2
V122	<i>Astata sp.</i>	0,000	0,000	1
V123	<i>Brachygaster angustula</i>	0,000	0,000	1
V124	<i>Eumenidae sp.</i>	0,000	0,000	1
V125	<i>Larrini sp.</i>	0,000	0,000	1
V127	<i>Polybia occidentalis</i>	0,000	0,000	1
V131	<i>Polistes subsericeus</i>	0,500	0,000	2
Módulo 6				
Flora				
L5	<i>Aspilia sp.</i>	0,000	-0,663	4
L43	<i>Evolvulus glomeratus</i>	0,000	-1,217	1
L36	<i>Erythroxylum campestris</i>	0,000	1,500	2
L37	<i>Erythroxylum deciduum</i>	0,000	-0,500	1
Polinizadores				
V26	<i>Ceratina cf. maculifrons</i>	0,000	-0,325	4
V126	<i>Polybia liliaceae</i>	0,000	0,577	2
V132	<i>Scolia sp.</i>	0,000	-1,155	1

*As espécies inseridas no gênero não foram identificadas. Assim, para o melhor aproveitamento destas, elas foram compiladas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais**

Av. Pará, 1720, Bloco 2D, Sala 26 - Bairro Umuarama, Uberlândia-MG, CEP 38405-320

Telefone: (34) 3225-8641 - www.ppgeco.ib.ufu.br - ecologia@umuarama.ufu.br**Declaração**

Processo nº 23117.031150/2019-71

Interessado: Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira, Camila Silveira de Souza, Francismeire Jane Telles da Silva

Declaro que **Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira, Camila Silveira de Souza e Vinícius Lourenço Garcia de Brito** foram membros titulares da Comissão Examinadora da apresentação de dissertação intitulada “Analisando as interações e combinando redes: plantas e polinizadores em uma área de Cerrado”, de Bianca Bonami Rosa, ocorrida em 26 de abril de 2019.

Uberlândia, 26 de abril de 2019.

Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira

Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais do Instituto de Biologia

PORTRARIA SEI REITO Nº 320, DE 18 DE ABRIL DE 2018

 Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira, Coordenador(a)**, em 26/04/2019, às 13:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

 A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o Assinatura código verificador **1167757** e o código CRC **AD30E9E3**.

Referência: Processo nº 23117.031150/2019-71

SEI nº 1167757



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ATA DE DEFESA

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia e Conservação de Recursos Naturais				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico				
Data:	vinte e seis de abril de dois mil e dezenove	Hora de início:	09h	Hora de encerramento:	11h30
Matrícula do Discente:	11712ECR002				
Nome do Discente:	Bianca Bonami Rosa				
Título do Trabalho:	Analisando as interações e combinando redes: plantas e polinizadores em uma área de Cerrado				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Ecologia de comunidades e ecossistemas				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Padrões de biodiversidade e processos ecológicos em ecossistemas de Cerrado na região do Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás (sub-bacia do Rio Paranaíba)				

Reuniu-se na sala 14A, Bloco 2D, Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, assim composta pelos doutores: Camila Silveira de Souza - UFPR; Vinícius Lourenço Garcia de Brito - UFU; Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira - INBIO/UFU, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(à) discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira, Presidente**, em 26/04/2019, às 13:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Silveira de Souza, Usuário Externo**, em 26/04/2019, às 13:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vinicio Lourenço Garcia de Brito, Membro de Comissão**, em 26/04/2019, às 13:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1167648** e o código CRC **3BEB8EA8**.