

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



KAROLINE COUTO ARAUJO

**O QUE FAZ A POLINIZAÇÃO SER “O MENOR DOS MUNDOS”? UMA ANÁLISE
A PARTIR DE ESTUDOS DE CASO**

RECIFE

2018

KAROLINE COUTO ARAUJO

**O QUE FAZ A POLINIZAÇÃO SER “O MENOR DOS MUNDOS”? UMA ANÁLISE
A PARTIR DE ESTUDOS DE CASO**

| Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a Dr^a Elisangela Lucia de Santana Bezerra

RECIFE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A663q Araújo, Karoline Couto
 O que faz a polinização ser “o menor dos mundos”? uma
 análise a partir de estudos de caso / Karoline Couto Araújo. –
 2018.
 25 f.: il.

 Orientadora: Elisangela Lucia de Santana Bezerra.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências
 Biológicas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
 Departamento de Biologia, Recife, BR-PE, 2018.
 Inclui referências.

 1. Polinizadores 2. Fertilização de plantas 3. Polinização por
 insetos 4. Fertilização de plantas por insetos 5. Relação inseto-
 planta 6. Mata Atlântica 7. Rede de polinização I. Bezerra,
 Elisangela Lucia de Santana, orient. II. Título

CDD 574

KAROLINE COUTO ARAUJO

**O QUE FAZ A POLINIZAÇÃO SER “O MENOR DOS MUNDOS”? UMA ANÁLISE
A PARTIR DE ESTUDOS DE CASO**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em 31/08/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof^aDr^aElisangela Lucia de Santana Bezerra
Departamento de Biologia - UFRPE

Prof^aDr^aAna Virgínia de Lima Leite
Departamento de Biologia - UFRPE

Mestra Bruna Yvila Melo Santos
Departamento de Biologia - UFRPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que é a causa primária de todas as coisas na minha vida, pela oportunidade que ele me deu de vivenciar uma das melhores experiências que pude vivenciar.

Sou grata do fundo do meu coração, a Professora Elisangela Bezerra, pela dedicação e apoio que me deu para que esse trabalho fosse realizado.

A minha mãe Rosimeri Gomes por ser a melhor mãe, uma amiga incrível, uma conselheira sensata, uma professora inspiradora, e uma profissional de sucesso, obrigada por ser o melhor exemplo que eu tenho na minha vida. Grata ao meu pai, José Domingos que se empenhou durante toda a sua vida para que nunca me faltasse conhecimento, Grata as minhas almas gêmeas, meus irmãos Jonatas Couto e Kaenedi Couto por serem os melhores companheiros e amigos que uma irmã caçula pode ter, eterna gratidão a irmã que Deus me deu Myrcea Carla, por ser essa pessoa incrível e sempre me aconselhar da melhor maneira possível. E agradeço ao meu companheiro, namorado e amigo Rodolfo Augusto por sempre estar ao meu lado, me incentivando a nunca desistir, por sempre me ajudar como pode e sempre acreditar em mim. Grata ao meu sobrinho João Pedro Couto por ser essa criança curiosa que me instiga a compartilhar meus conhecimentos. Família vocês foram o remo que me guiou nessa jornada, muito obrigada.

Grata aos incríveis amigos que fiz nesse meu caminhar, e que fizeram tudo isso ser maravilhoso, Edpo Silva, Isadora Neves, Cinthia Rocha, Gustavo Aires, Flávia Ribeiro, Luiz Marcos, Paula Eduarda, Gabrielle Cristina, Geisiane Arruda, Caroline Gomes. Thaysa Gomes. E em especial Anderson Braz com quem compartilhei os momentos mais intensos nessa jornada, ao meu braço direito minha eterna gratidão, acredito que estávamos destinados a nos conhecer.

Minha mais sincera gratidão ao Diretório Acadêmico de Bacharelado em Ciências Biológicas, por me presentear com conhecimentos além das Ciências biológicas, por despertar o senso em mim de coletividade, vocês foram a causa de uma das melhores transformações na minha vida, obrigada Leandro Augusto, Samantha Amorim, José Neto, Manolo.

Por fim grata aos meus professores por compartilharem um pouco dos seus conhecimentos para formar não apenas uma bióloga, mais uma cidadã.

Sempre grata a Universidade Federal Rural de Pernambuco por ser tornar mais que uma Instituição de Ensino Superior, ser meu lar nessa jornada, já mais será esquecida.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	9
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
Polinização	10
Polinização e sua importância em serviços ecossistêmicos	10
Agentes polinizadores e suas síndromes	11
Polinização biótica	12
Rede de interações planta x polinizadores	13
3. OBJETIVOS	14
Objetivo geral	14
Objetivos específicos	14
4.MATERIAL E MÉTODOS	14
Coleta de dados	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6. CONCLUSÃO	16
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

RESUMO

Redes de interação planta-polinizador expressam uma estrutura típica, marcada pela forte conectância, grau de dependência e seu tamanho. A modularidade pode ser também caracterizada neste sistema, especialmente quando se trata de síndromes especializadas, que envolvam parceiros com certas especificidades e habilidades mais derivadas. Destacam-se flores poricidas e abelhas vibráteis, flores de óleo e abelhas coletoras de óleos florais, flores de resina e Euglossini, flores tubulosas e seus polinizadores correlatos, que vão das abelhas de língua longa ou beija-flores específicos a morcegos e esfingídeos. Desta forma, objetivamos apresentar uma breve análise para tentar retratar o sistema biológico que envolve a rede de polinizadores num cenário fragmentado de Mata Atlântica. A coleta de dados foi realizada através de levantamento bibliográfico a partir de estudos de caso desenvolvidos no PEDI. Os trabalhos foram coletados na base de dados Pergamum e Google Acadêmico, sendo utilizadas teses, dissertações e artigos científicos. As palavras-chave utilizadas na busca foram *polinização*, *biologia reprodutiva* e *biologia floral* (*pollination*, *reproductive biology* e *floral biology*). Foi extraído dos trabalhos as seguintes informações para a confecção da rede: I - nome das espécies de plantas, II - nome dos polinizadores identificados nas interações. Em seguida, a matriz binária foi aplicada ao Programa R para confecção da rede de interação em forma de grafo. O tamanho da rede encontrada no PEDI foi igual a 60 (49 espécies de polinizadores, sendo eles abelhas, moscas e beija-flores e 11 espécies de plantas). O grafo bipartido apresentou conectância heterogênea, grande parte das interações foi simples, onde muitas espécies interagiram com poucos parceiros. Na perspectiva dos polinizadores, apenas *Phaethornis ruber* fez interações generalistas (4). Entre as plantas, a espécie *Byrsonima sericea* foi a que apresentou mais conexões (17). O presente trabalho concluiu que a rede de interação apresentou características que confirma os padrões esperados para redes de polinização, especialmente para síndromes especializadas.

Palavras-Chave: interação planta-polinizador, Mata Atlântica, rede de polinização.

ABSTRACT

Plant-pollinator interaction networks express a typical structure, marked by strong connectivity, degree of dependence and its size. Modularity may also be characterized in this system, especially when it comes to specialized syndromes, involving partners with certain more specific specificities and abilities. Particularly noteworthy are poricidal flowers and vibrating bees, oil flowers and bees collecting floral oils, resin flowers and Euglossini, tubular flowers and their related pollinators, ranging from long-tailed bees or specific hummingbirds to bats and sphingids. In this way, we aim to present a brief analysis to try to portray the biological system that involves the pollinator network in a fragmented Atlantic Forest scenario. Data collection was done through a bibliographic survey based on case studies developed in the PEDI. The works were collected in the database Pergamum and Google Scholar, using theses, dissertations and scientific articles. The keywords used in the search were pollination, reproductive biology and floral biology (pollination, reproductive biology and floral biology). The following information was extracted from the works for the construction of the network: I – name of plant species, II- name of the pollinators identified in the interactions. Then, the binary matrix was applied to Program R for the creation of the network of interaction in graph form. The size of the net found in the PEDI was equal to 60 (49 species of pollinators, being bees, flies and hummingbird and 11 species of plants). The bipartite graph presented heterogeneous connectivity, most interactions were simple, where many species interacted with few partners. From the perspective of pollinators, only *Phaethornis ruber* made generalist interactions (4). Among the plants, the *Byrsonima sericea* species presented the most connections (17). The present work concluded that the interaction network presented characteristics that confirm the expected patterns for pollination networks, especially for specialized syndromes.

Key-words: Atlantic Forest, plant-pollinator interaction, pollination networks.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica é um ecossistema de extrema importância, sendo uma das maiores reservas da biodiversidade mundial (Brasil 2002). Sua cobertura vegetal já cobriu cerca de 1.315.460 km ao longo de 17 estados, abrangendo diferentes tipos de vegetação, como florestas ombrófilas densas, aberta e mista; floresta estacional decidual e semidecidual; campos de altitude, mangues e restingas (SOS Mata Atlântica 2013). Seu processo de fragmentação é reflexo de várias ações desordenadas do uso de seus recursos e/ou da ocupação dos domínios florestais, que resultaram em diminuição da vegetação natural. Problemas oriundos do crescente processo de fragmentação das áreas de florestas nativas causam grande impacto na manutenção dos ciclos biológicos das espécies ocorrentes, como por exemplo, a polinização e a dispersão, e também os nichos alimentar e reprodutivo dos animais (Atmar e Patterson 1993). Isso pode ser verificado na reserva de Mata Atlântica localizada no Parque Estadual de Dois Irmãos, onde diversas espécies não encontram os polinizadores efetivos, devido à ausência ou redução de diversidade de polinizadores (I.C Machado, A.V Lopes, K.C Porto 1998).

No que se refere aos sistemas de polinização registrados no PEDI, são relatadas diversas sindormes onde as mais ocorrentes são Melitofilia, Ornitofilia e a Miiofilia, onde moscas das espécies *Syrphidae* polinizavam ativamente flores de *Cordia multispicada* e *Borreia alata*. A Melitofilia foi à síndrome de maior diversidade em estratégias de reprodução e de polinização. *Vismia guianensis* é polinizada por abelhas do gênero *Augochloropsis*, *Megachile*, *Hylaeus* além de vespas do gênero *Polybia*. As flores de *Centrosema spp.* apresentaram polinizadores de espécies de *Xylocopa*, já as flores de *Rauvolfia grandiflora* foram polinizadas por *Exaerete smaragdina*, todas as flores citadas detêm do néctar, o principal recurso floral como recompensa aos polinizadores. Em relação às flores de pólen, foram descritas *Henriettea succosa*, sendo polinizada por *Xylocopa*, *Eulaema* e *Melipona Scutellaris*; *Senna latifolia* por *Xylocopa* e *Eulaema* e *Solanum* por espécie de *Centris*, *Xylocopa* e *Eulaema*. Se tratando da Ornitofilia, foram registradas diversas espécies de flores tipicamente polinizadas por beija flores, como *Canistrum aurantiacum*, *Bromelia plumieri*, *Cenotropogon cornutus*, *Lundia cordata* e *Souroubea guianensis*(sensu Machado e Lopes 1998).

Com o avanço das análises de abordagem ecológica em grande escala, as relações entre plantas e polinizadores podem ser melhores compreendidas através das redes de interações mutualísticas (Bascompte e Jordano 2007; Lewinsohn et al. 2006). A história natural do sistema proporciona dados que permitem, por exemplo, realizar extrapolações através de análises métricas envolvendo dependência e risco de extinção, robustez de um sistema e grau de resiliência das espécies (Jordano 1987; Memmott et al. 2004). Sendo assim, é

necessário o aprimoramento de tais informações, especialmente em ambientes com fragilidades ambientais, a fim de promover a conservação das relações entre plantas e polinizadores que são de grande importância para manutenção dos ecossistemas.

Diante do que foi exposto, o presente trabalho tem o objetivo de trazer informações relevantes sobre redes de polinização no Parque Estadual de Dois Irmãos, a fim de contribuir com a compreensão dessas relações ecológicas e sua importância, para avaliar a estrutura da rede de polinização em uma área fragmentada, se as diferentes síndromes e especializações apresentadas apontam interações mutualísticas, e quais fatores estariam agindo na ocorrência desses padrões, para o PEDI (Parque Estadual de Dois Irmãos).

2 Fundamentação Teórica

POLINIZAÇÃO

Polinização é o termo dado ao processo de reprodução sexual em plantas, em que uma célula sexual masculina, o grão de pólen (gametófito) é transferido para uma flor do sexo feminino da mesma espécie, germinando no estigma receptivo e fertilizando o gametófito feminino (óvulo). Ao contrário dos animais, as plantas permanecem em um único lugar e, portanto dependem de agentes externos como o vento, água ou animais para mover o grão de pólen para as estruturas reprodutivas de outras plantas (Woodcock 2012; Winfree 2010; Evert e Eichhorn 2014).

Apesar de a polinização ser uma interação ecológica, a planta e o polinizador compartilham uma relação mutualística, sendo assim a planta utilizará seus recursos para manipular o visitante, a fim de que ele lhe sirva como polinizador, e o visitante procurará extrair os recursos florais de acordo com a sua necessidade, independente do sucesso reprodutivo resultante da planta (Westerkamp e Webber 2008). Muitos animais utilizam diversos recursos florais como fonte de alimento, sendo os principais néctar e pólen, ricos em açúcares e aminoácidos, respectivamente (I.C Machado, A.V Lopes, K.C Porto 1998). Esses recursos geralmente estão localizados em lugares estratégicos nas plantas, onde os visitantes terão que entrar em contato com as partes reprodutivas para ter acesso a eles, ocasionando a deposição dos grãos de pólen nos sítios específicos de deposição, permitindo assim a reprodução dos vegetais (Woodcock 2012; ECPA 2013)

POLINIZAÇÃO E SUA IMPORTÂNCIA EM SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Ollerton e colaboradores (2011) encontraram, dentre as plantas com flores, que 87,5% destas são polinizadas por animais. Esse percentual aumenta ainda mais nos ecossistemas tropicais, onde 94% apresentaram relação de dependência com vetores de polinização. Nesse sentido, Costa e Oliveira (2013) corroboram tais índices, ressaltando que um número significativamente expressivo de plantas que precisam dos polinizadores para sua reprodução, principalmente nas florestas tropicais, onde a biodiversidade é maior, não apenas em riqueza de espécies, mas também na diversidade de mecanismos específicos de polinização.

Costa e Oliveira (2013) apontam as interações mutualísticas entre plantas e polinizadores como um importante mecanismo ecológico frente aos enormes serviços ambientais que prestam. Estes serviços ecossistêmicos são a base para a sobrevivência dos organismos no planeta e fundamentais para a o bem-estar humano Constanza *et al.* (1997), sendo a polinização biótica o mecanismos chave na manutenção e equilíbrio dos ecossistemas Klein *et al.* (2007).

AGENTES POLINIZADORES E SUAS SÍNDROMES

Agentes polinizadores podem ser classificados como abióticos (água e vento) e bióticos (vertebrados: aves - principalmente beija-flores, morcegos e outros mamíferos não voadores; invertebrados – especialmente abelhas (Ribeiro 2012). Para que a polinização seja bem sucedida é necessário que os polinizadores tenham habilidades cognitivas que os possibilite reconhecer as flores (Rech *et al.* 2014). Dentre essas habilidades cognitivas as principais são o olfato, que apresenta um papel muito importante nas reações instintivas de muitos animais e a visão onde os meios de atração são as cores, formas e tamanhos. As plantas que utilizam o olfato dos polinizadores como atrativo cognitivo gastam uma grande quantidade de energia química na produção desses odores, No entanto para as que usam a visão como atrativo cognitivo, o padrão indica que quanto maior e mais contrastante com o ambiente for os órgãos das plantas polinizadoras mais eficiente para a polinização segundo Faegri e van der Pijl (1979). Sabe-se que cores e perfumes são os traços florais mais importantes na atração dos polinizadores (Rech *et al.* 2014).

A relação entre flor e visitante é estabelecida em sua maioria por meio de um atrativo (recurso). Para ser efetivo, um recurso deve satisfazer uma necessidade. As três principais necessidades são alimentação, reprodução e construção de ninho. O pólen, néctar, óleo e água, satisfazem a necessidade de alimentação que é responsável pela maioria das visitas às flores (Faegri e van der Pijl 1979).

der Pijl 1979; Rech *et al.* 2014). Polinizadores em geral podem ter preferências por sinais atrativos, e esses sinais podem ser inatos ou aprendidos e mudar de acordo com o cenário em disponibilidade (Rech *et al.* 2014). Os atrativos atuam de maneira a contribuir com a constância floral dos visitantes e facilitar a diferenciação entre espécies distintas, permitindo que flores com poucos ou nenhum recurso recebam visitas (Rech *et al.* 2014). Acredita-se que quando a interação de informações visuais e olfativas favorece o reconhecimento rápido e a memorização de recursos pelos animais, com relação aos atrativos eles têm a capacidade de atuar como filtros, selecionando os polinizadores de uma respectiva planta a partir de um pool de visitantes florais e herbívoros (Rech *et al.* 2014).

Faegri e van der Pijl (1979), assim como outros autores, estabeleceram classificações para as síndromes florais e suas características, sendo elas: 1) Anemofilia- polinização pelo vento, cuja principal característica é grande produção de pólen; 2) Melitofilia - polinização por abelhas, marcada pela presença de odor (nem sempre perceptível ao olfato humano), antese diurna e cores conspicuas, tendo como recurso néctar escondido, secretado em pequenas quantidades e com grande concentração de açúcar, pólen, óleo ou resina floral. 3) Psicofilia – polinização por borboletas, cuja corola tubulosa apresenta-se extremamente delgada, dispondo de plataforma de pouso e néctar diluído como recurso exclusivo. 4) A Esfingofilia tem como representante os esfingídeos e outras mariposas. Flores polinizadas por esse grupo de insetos apresentam antese e liberação de odor noturno. 5) Na Miofilia – polinização por moscas, a flor apresenta-se de forma aberta e frequentemente com armadilhas que mantêm as moscas presas. 6) Cantarofilia - polinização por besouros, cujas flores geralmente apresentam antese noturna ou crepuscular, sem coloração específica, ofertando como recurso partes florais, pólen ou apenas abrigo térmico e local de cópula. 7) Na Ornitofilia - polinização por aves, as flores geralmente se apresentam em forma de tubo, pincel ou goela, pendentes e com ausência de odor. Por fim, 8) Quiropterofilia - polinização realizada por morcegos, onde as flores apresentam antese noturna, coloração branca ou inconspícua, néctar volumoso e fluido (Rech *et al.* 2014).

POLINIZAÇÃO BIÓTICA

No processo de polinização, a polinização biótica introduz na sequência de eventos um segundo organismo, o agente polinizador ou vetor do pólen, esse por sua vez estabeleceu uma relação com a flor a ser polinizada. O polinizador deve visitar essa flor regularmente, e essas visitas (qualquer que seja a sua causa e resultado) constituem uma parte regular da atividade de vida do animal. Em geral esse relacionamento é estabelecido por meio de algum tipo de atrativo direto (recursos nutritivos, como néctar e pólen) (Faegri e van der Pijl 1979).

A polinização é geralmente considerada uma interação mutualística, proporciona benefícios para os participantes, aumentando o valor adaptativo de ambos. Nessa relação os parceiros tentam maximizar sua sobrevivência e o sucesso reprodutivo, por sua vez exige um equilíbrio entre custos e recursos (Rech *et al.* 2014). Acredita-se que hoje, todas as espécies da terra possuem algum tipo de relação mutualística com outros organismos, como exemplo as florestas tropicais que dependem de animais para a polinização e dispersão de sementes, outro levantamento aponta que mais de 80% de todas as plantas com flores estão envolvidas em mutualismo com benefícios de fungos micorrízicos que vivem em suas raízes (Bronstein *et al.* 2006).

REDES DE INTERAÇÃO PLANTA X POLINIZADOR

As interações mutuamente benéficas entre plantas e animais polinizadores e dispersores é um fator importante para a geração da biodiversidade na Terra (Bascompte e Jordano 2007). Tais mutualismos envolvem um grande número de espécies que formam complexas redes de interdependência (Bascompte *et al.* 2003). Sua estrutura tem implicações importantes para a coexistência e estabilidade das espécies, bem como para o entendimento dos processos coevolutivos, podendo retratar a arquitetura da biodiversidade (Bascompte e Jordano 2007).

Trabalhos recentes chegaram à conclusão que as redes de interação são muito heterogêneas, onde a maior parte das espécies tem poucas interações (Dunne *et al.* 2002; Montoya e Solé 2002). No entanto, determinados sistemas podem se apresentar mais conectados do que o esperado; aninhados, constituindo redes coesas ou ainda, uma hierarquia mais complexa, “mundos dentro de mundo” (Newman, Barabasi e Watts 2006) ou “módulos mutualísticos” (Jordano 1987).

Em seu trabalho, Olesen *et al.* (2006) apontaram várias peculiaridades em redes de polinização, trazendo abordagens ecológicas dessa relação mutualística que a caracterizaria como sendo “o menor dos mundos” (*e.g.* alta coesão, caminhos curtos, nível de dependência e tamanho da rede). Em 2009, Bezerra e colaboradores correlacionaram o padrão encontrado na rede de flores de óleo Malpighiaceae/Centridini com os descritos nas redes mais amplas de polinização. Os autores constataram alta coesão; maior resistência à perturbações no tocante aos polinizadores, onde a perda de uma abelha mutualista é logo compensada por outro parceiro e ainda espécies-chave que concentram muitas conexões.

Desta forma, levantamos os seguintes questionamentos: como se apresenta a estrutura da rede de polinização em um cenário fragmentado? As diferentes síndromes e suas especializações amostradas na comunidade

formam módulos mutualísticos? Quais fatores poderiam estar pressionando a ocorrência desses padrões?

3 Objetivos

OBJETIVOS GERAIS

Descrever a rede de interações entre plantas e polinizadores do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), com o intuito de avaliar os níveis de relação entre esses organismo e sua relevância para o equilíbrio do fragmento em questão.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Gerar a rede de interações plantas x polinizadores;
- Avaliar a conectância das interações;
- Estimar o grau de importância dessas interações.

4 Material e Métodos

ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) localiza-se na cidade do Recife-PE. O parque possui uma área de 1.158,51 ha, estando inclusos o fragmento florestal denominado Mata de Dois Irmãos (com 384,42 ha, onde se insere o zoológico) e o fragmento da antiga Fazenda Brejo dos Macacos, com 774.09 ha, ao norte da Estrada dos macacos, que se encontra em processo de desapropriação (Semas 2014).

COLETA DE DADOS

Para o delineamento da rede de interação planta x polinizador, foi realizado levantamento bibliográfico a partir de trabalhos desenvolvidos no PEDI. As

informações foram obtidas na base de dados Pergamum e Google Acadêmico, sendo utilizadas teses, dissertações e artigos científicos. A busca nos sites mencionados foi realizada utilizando como palavras-chave os termos Polinização, Biologia Reprodutiva, Biologia Floral (*pollination*, *reproductive biology* e *floral biology*). Foi extraído dos trabalhos as seguintes informações para a confecção da rede: I - nome das espécies de plantas e síndrome de polinização correspondente, II - nome dos polinizadores identificados nas interações.

As informações foram plotadas no programa Excel®, criando uma matriz binária onde 0 (zero) significa ausência de interação e 1 (um), sua presença. Em seguida, os dados foram ordenados em ordem decrescente do grau (número de conexões observadas), tanto para o eixo das plantas quanto dos polinizadores. A partir desta matriz, foi aplicado o software R® (R Project for Statistical Computing), sendo gerado o grafo bipartido.

5 Resultados e Discussão

A rede de interações estabelecida na área de estudo a partir do levantamento dos dados apresenta tamanho igual a 60 (11 espécies de plantas e 49 espécies de polinizadores- (Tabela 1). Fazendo uma análise da comunidade amostrada, há representantes das síndromes da melitofilia, ornitofilia e miofilia. Ainda foram observados registros de borboletas polinizando *Sabicea cinerea*.

PLANTA	POLINIZADOR
MELITOFILIA	ABELHAS
<i>Byrsonima sericea</i>	<i>Apis mellifera</i>
<i>Cordia multispicata</i>	<i>Centris aenea</i>
<i>Clusia nemorosa</i>	<i>Centris flavifrons</i>
<i>Henriettea succosa</i>	<i>Centris fuscata</i>
<i>Ischnosiphon gracilis</i>	<i>Centris spilopoda</i>
<i>Sabicea cinerea</i>	<i>Centris analis</i>
<i>Vismia guianensis</i>	<i>Centris varia</i>
MIIOFILIA	<i>Centris frontalis</i>
<i>Borreria alata</i>	<i>Centris leprieuri</i>
ORNITOFILIA	<i>Centris maculata</i>
<i>Canistrum aurantiacum</i>	<i>Centris minuta</i>
<i>Psychotria barbiflora</i>	<i>Centris ptilotopus</i>
<i>Stromanthe porteara</i>	<i>Epicharis flava</i>
	<i>Epicharis bicolor</i>
	<i>Epicharis fasciata</i>
	<i>Epicharis ligulata</i>
	<i>Epicharis maculata</i>
	<i>Epicharis nigritia</i>
	<i>Eufriesea surinamensis</i>
	<i>Euglossa cordata</i>
	<i>Eulaema bombiformis</i>
	<i>Eulaema cingulata</i>

	<i>Eulaema nigrita</i>
	<i>Euplusia mussitans</i>
	<i>Euplusia iopyrrha</i>
	<i>Exaerete smaragdina</i>
	<i>Frieseomelitta fancoi</i>
	<i>Frieseomelitta flavicornis</i>
	<i>Melipona scutellaris</i>
	<i>Plebeia minima</i>
	<i>Plebeia poecilochroa</i>
	<i>Pseudaugochloropsis</i>
	<i>Tetragonisca angustula</i>
	<i>Trigona fulviventris</i>
	<i>Trigona spinipes</i>
	<i>Xylocopa suspecta</i>
	BEIJA-FLOR
	<i>Amazilia versicolor</i>
	<i>Chlorostilbon aureoventris</i>
	<i>Glaucis hirsuta</i>
	<i>Phaethornis pretrei</i>
	<i>Phaethornis ruber</i>
	<i>Thalurania watertonii</i>
	BORBOLETAS
	<i>Calpodes ethilius</i>
	<i>Urbanos proteus</i>
	MOSCAS
	<i>Ornidia Obesa</i>
	<i>Palpada furcata</i>
	<i>Palpada geniculata</i>
	<i>Palpada vinetorum</i>
	<i>Chrysomaya megacephala</i>

Dentre as espécies melitófilas, *Byrsonima sericea* destaca-se pelo número de interações (17) com os Centridini (Fig. 1). Esta é a única espécie de flor de óleo ocorrente no PEDI (*sensu* Machado e Lopes 1998; Teixeira e Machado 2000). Os aspectos deste refinado sistema de coevolução são bem descritos na literatura (Vogel 1990, Michener 2000), onde os óleos florais são utilizados na alimentação das larvas bem como na construção e impermeabilização dos ninhos subterrâneos das abelhas solitárias que coletam o recurso. *Byrsonima sericea* apresenta atributos que a tornam ainda mais relevante, sobretudo no PEDI: é uma espécie arbórea - que sofre pressão pela extração de sua madeira, autoincompatível e com padrão de floração intenso e de curta duração (dois a três meses, *sensu* Teixeira e Machado 2000).

Assim como apontado por Bezerra et al. (2013), a perda de polinizadores para *Byrsonima sericea* (semelhante à projeção realizada para *Banisteriopsis muricata* no referido trabalho) não geraria grande impacto do ponto de vista da planta. Porém, no sentido contrário, o declínio populacional de *B. sericea*

desencadearia na extinção local de todos os Centridini registrados, visto ser o recurso floral essencial para a sobrevivência das proles destas abelhas.

Situação semelhante é retratada com *Clusia nemorosa*. Esta espécie também corresponde a uma síndrome especializada dentro da melitofilia – as flores de resina, cujo recurso é também utilizado na construção e impermeabilização dos ninhos subterrâneos das abelhas solitárias da tribo Euglossini. Assim como *Centris* e *Epicharis*, as euglossas, bombus, eulemas e eufriseas constituem os principais polinizadores do ecossistema em questão, sendo espécies-chave na reprodução de várias plantas, onde coletam ampla gama de recursos florais, nutritivos ou não. Além de *C. nemorosa*, *Dalechampia pernambucensis* também é encontrada no PEDI dentre as flores de resina (Bezerra e Machado dnp). Nestas espécies, a hercogamia (separação temporal dos órgãos reprodutivos) aumenta a necessidade para a planta de manter relações de fidelidade com seus polinizadores (Lopes e Machado 1998). Visitas aleatórias ou forrageamento amplo dos visitantes contribuiriam para a limitação polínica e possível diminuição do *fitness* reprodutivo da planta em questão. Diferentemente do apontado para *B. sericea*, a maior pressão no desequilíbrio desta interação mutualística se dá para o vegetal, cuja reprodução depende de seus polinizadores especializados, enquanto que estes podem obter resina em outras fontes não florais (e.g. seiva de árvores).

Sabicea cinerea apresentou o terceiro maior grau das plantas da rede do PEDI, com 12 conexões. A espécie é heterostílica (separação espacial dos verticilos reprodutivos), peculiaridade que a coloca em situação semelhante à *C. nemorosa* no tocante à fidelidade de seus polinizadores. Apenas abelhas de língua médio-longa são capazes de promover a polinização entre os morfos brevistilo e longistilo (Teixeira e Machado 2004). Desta forma, o sucesso reprodutivo está diretamente relacionado com a permanência dos polinizadores na área. Por outro lado, o padrão de floração contínuo de *S. cinerea* representa uma importante fonte alimentardurante o ano inteiro para os animais que se alimentamde néctar e de pólen.

Das espécies ornitófilas, *Canistrum aurantiacum* destacou-se também pelo número de interações apresentadas. apresentam este representante da família Bromeliaceae como uma das espécies de maior densidade no PEDI dentre a guilda das bromeliáceas, ainda mais quando se restringem às ornitófilas de hábito terrestre. Os autores apontam sua importância na manutenção de espécies de beija-flores residentes, incluindo espécies endêmicas da Floresta Atlântica Nordeste como *Thalurania watertonii* ouaquelas criticamente ameaçadas de extinção, como *Glaucis dohrnii* que poliniza espécies deBromeliaceae epífitas nas Florestas do Sul daBahia (Sick 1997).

Com relação aos polinizadores, podemos destacar a expressiva representatividade dos Centridini (*Centris* e *Epicharis* - Tabela 1). Seu papel na polinização não se restringe às flores produtoras de óleos florais. Plantas de

diferentes famílias, tais como Lecythidaceae, Bignoniaceae, Fabaceae e Plantaginaceae são fontes importantes de néctar para fêmeas e machos de Centridini em áreas de vegetação nativa, enquanto Solanaceae, Malpighiaceae, Fabaceae-Caesalpinoidea fornecem pólen (Teixeira & Machado 2000, Aguiar & Gaglianone 2003, Aguiar et al. 2003, Aguiar & Gaglianone 2008).

As grandes abelhas do gênero *Epicharis* nidificam preferencialmente em solo plano (Aguiar & Gaglianone 2003, Gaglianone 2005) e em barrancos, (Coville et al. 1983), enquanto que as de *Centris* nidificam em termiteiros ou tronco de árvores (Laroca et al. 1993, Gaglianone 2001). A conservação de suas populações, portanto, está associada ao uso e conservação do solo e ao correto manejo da paisagem, o que no status atual, dificulta seu manejo.

Um levantamento ornitófilo realizado no PEDI (Azevedo Júnio et al. 1998) registrou 14 espécies de beija-flores das 24 relacionadas para Pernambuco (Farias et al. 1995). Tem-se, portanto, em um fragmento relativamente pequeno cerca da metade das espécies (58,3%) ocorrentes no Estado. Apesar da riqueza de espécies de beija-flores na área (Azevedo Júnior et al. op.cit.), poucas espécies foram observadas visitando o conjunto de espécies ornitófilas, o que sugere se tratar de espécies migratórias, ao contrário de *P. ruber*, uma espécie residente (*sensu* Szilady 1995).

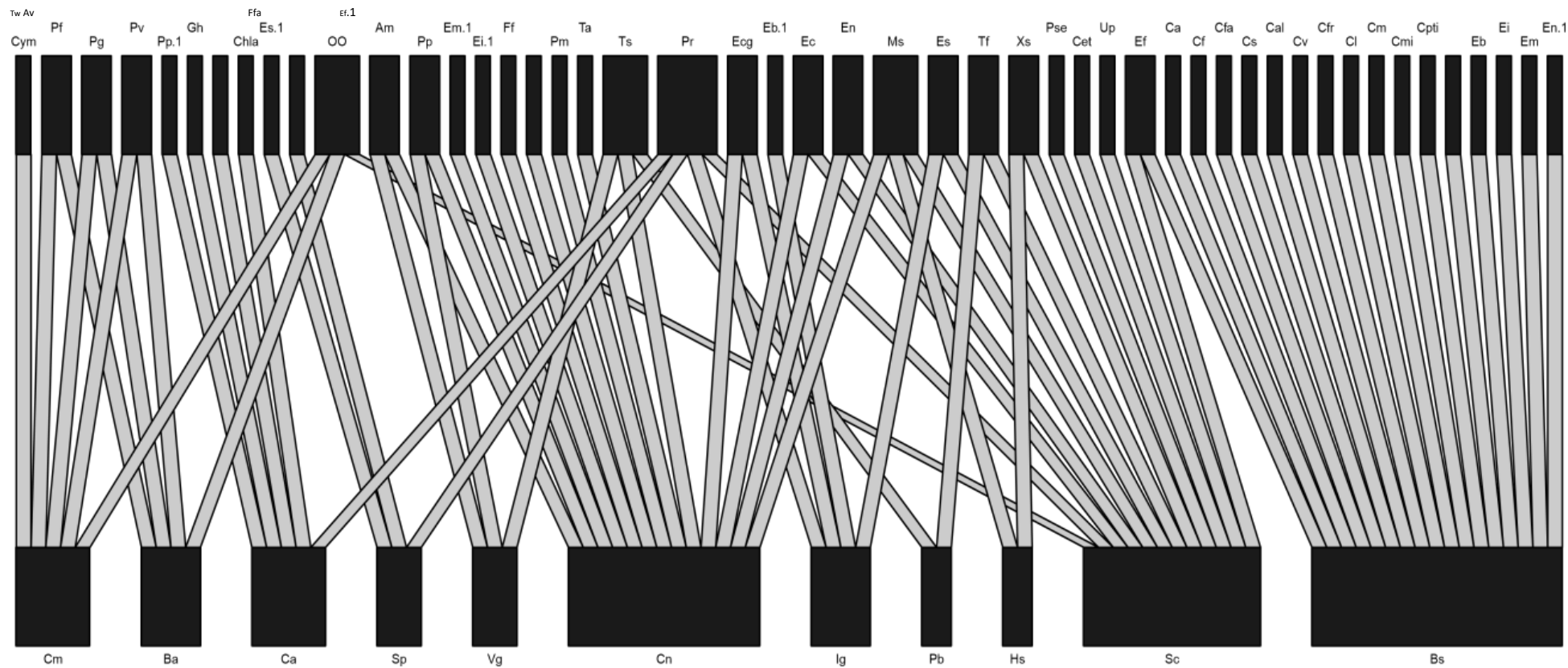


Fig 1: Rede de interação planta-polinizador obtida a partir da compilação dos dados de trabalhos realizados no Parque Estadual de Dois Irmãos. As barras representam os parceiros mutualísticos (animais acima e plantas abaixo). Destacam-se Pr (*P. ruber*) e Bs (*B. sericea*).

5 Conclusão

Neste trabalho foi possível concluir que a rede de interação parcialmente amostrada entre plantas e polinizadores do Parque Estadual de Dois Irmãos apresenta características que confirmam os padrões esperados para rede de polinização, especialmente quando envolvem síndromes especializadas. Em ambientes fragmentados, os planos de manejo e conservação devem visar à proteção não só das espécies-chave, mas também das que perpassam todo o sistema e mantêm os serviços ecológicos.

Estratégias ecológicas elaboradas, como as vistas em *B. sericea*, *C. nemorosa* e *S. cinerea* tornam-se mecanismos que alteram a assimetria das redes de polinização de comunidades tropicais, com módulos bem demarcados nas análises.

Por fim, assim como a limitação da oferta dos recursos florais, a perda da qualidade dos habitats e alterações nos padrões fenológicos podem promover a ocorrência de módulos cada vez mais coesos, podendo constituir processos coevolutivos alternativos em áreas fragmentadas. O presente trabalho expandiu o pequeno ecossistema da polinização, revelando de maneira a contriuiir com o tema abordar a complexidade das redes de interações. Nesse sentido a grande diversidade de agentes polinizadores, assim como atrativos, recursos e mecanismos de alta complexidade ecológica, juntamente com as interações ecológicas refletidas nas redes de interações justificam o por que da polinização ser o menor dos mundos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR.M et al. **Plantas Visitadas por Centris spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para Obtenção de Recursos Florais.** 32 Edição. Neotropical entomology. 2003 P 247-259.

AGUIAR. M, GANGLIOANONE. **Comunidade de Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro. 37 Edição. Neotropical entomology. 2008 P118-125

ATMAR, W. & PATTERSON, B.D. (1993) **The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat.** Oecologia, 96, 373– 382.

AZEVEDO JUNIOR. S. et al. **Reserva ecológica de dois irmãos: Estudo em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana-Recife-Pernambuco-Brasil.** Recife. Editora UFPE. 1998. P 326.

BASCOMPET. et al. **The nested assembly of plant–animal mutualistic networks.** 100º. Edição, Espanha.PNAS. 2003. P 5.

BASCOMPTE, J. & JORDANO, P. (2007) Plant–animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 38, 567–593.

BASCOMPET. J, JORDANO.P. **Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity.** Sevilla- Espanha. 38º Edição, Rev. Ecol. Evol. P30.

BEZERRA, L. MACAHADO, I. **Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* jacq. (solanaceae) em Remanescente de mata atlântica, pernambuco.** Recife. 17 Edição Acta bot. bras. 2003. P 247-257.

BRONSTEIN.J. RUBEN.A., GEBER.M. **The evolution of plant–insect mutualisms.** 172º Edição. New Phytologist. 2006. P 412-428.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos sulinos.** Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Biodiversidade e Florestas **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros.** Brasília, DF, 2002.

CONSTANZA. R et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital.** 387º Edição Maryland. Nature. 1997. P 8.

COSTA.C, OLIVEIRA.F. **Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura.** 8º Edição. Mossoró-RJ. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. 2013 P10.

COVILLE et al. **Nets o Centris segregate (Hymenoptera:Anthophoridae) With a Review of the nesting Habits of the Genus.** Kansa. 56 Edição. Kansas. Journal of the entomological society 1983 P109-122.

DUNNE. J et al. **Food-web structure and network theory: The role of connectance and size.** 99 Edição. Pinas. 2002. P 6

ECPA. **Pollinators and agriculture.** União Europeia. 2013

EVERT.R., EICHORN.S. **Biologia Vegetal.** Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2014. P 1637.

FAEGRI, VAN DER PIJL. **The principles of pollination ecology.** Oxford. 1979. P 247.

FILHO, J.; MACHADO, I. **Biologia reprodutiva de *Canistrum Aurantiacum* E. Morren (bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlantica, nordeste do Brasil.** Recife. 15 Edição. Acta bot. Bras. 2001. P 427-443.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Relatório anual 2013. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2013/05/SOS-WEB.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2018

GANGLIANONE. M. **Nidificação e forrageamento de Centris (Ptilotopus) scopipes Friese (Hymenoptera, Apidae)**. São Paulo. 18 Edição. Revista brasileira de Zoologia. 2001. P 107-117.

JORDANO, P. (1987) Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal – connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *American Naturalist*, 129, 657–677

KLEIN, A. et al. **Importance of pollinators in changing landscapes for world crops**. 274ª Edição. The Royal Society Biological. 2007. P 303/313.

LAROCA. S, SANTOS. D. FILHO. D. **Observations on the nesting biology of three Brazilian centridine bees: *Melanocentris dorsata* (Lepeletier 1841), *Ptilotopus sponsa* (Smith 1854) and *Epicharitides obscura* (Friese 1899) (Hymenoptera Anthophoridae)**. Curitiba. 6 Edição. Tropical Zoology. 1993 P 153-163.

LEWINSOHN. T, LOYOLA, PRADO. P. **Matrizes, redes e ordenações: A detecção de estrutura em comunidades interativas**. 10ª Edição. Campinas, SP. Oecol. 2011. P 90-104.

LOPES. A, MACHADO. I **Floral biology and reproductive ecology of *Clusia nemorosa* (Clusiaceae) in northeastern Brazil**. Recife. 213 Edição. Plants Systematics and Evolution. 1998. P 71-90.

MACHADO. I, LOPES. A, PORTO. K. Reserva ecológica de dois irmãos: Estudo em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana-Recife-Pernambuco-Brasil. Recife. Editora UFPE. 1998. P 326.

MEMMOTT J. **The structure of a plant-pollinator food web**. 2ª Edição. Bristol UK. Ecology Letters. 1999 P 762- 280.

MEMMOTT. J. **The structure of plant- pollinator food web**. Bristol 2 Edição. **Ecology Letters**. 1999. P 276-280.

MEMMOTT, J., WASER, N.M. & PRICE, M.V. (2004) Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society London B*, 271, 2605–2611.

MICHENER. C. **The bees of the world**. 2000. P 1

MOTOYA. J. SOLÉ. R. **Small World Patterns in Food Webs**. Barcelona 22 Edição. *J. theor. Biol.* (2002) P 405-412.

NEWMAN, M., BARABASI, A.L.& WATTS,D.J. (2006)**The Structure and Dynamics of Networks**.PrincetonUniversityPress,Princeton.

NEWMAN. M, BARASÁBI.A, WATTS. D. **The structure dynamics of networks**. Oxford 2006.

OLLERTO.J; WINFREE.R; TARRANT .S. **How many flowering plants are pollinated by animals?**120º Edição. Oikos.2011 P 331-336.

OLESEN. J. **The smallest of all worlds: Pollination networks**. 240 Edição. Jornal Theoretical Biology. 2006. P 270-276.

REACH.A.R *et. al*.**Biologia da polinização**.Rio de Janeiro. Projeto Cultural, 2014. P 532.

RIBEIRO. M.O **Ano Internacional da Biodiversidade e a biodiversidade dos Polinizadores**. 2012.

SAZIMA. **The Saw-billed Hermit Ramphodon naevius and its Flowers in Southeastern Brazil**. São Paulo .1995. P12

SICK. H. **Ornitologia brasileira**. 1997. P 912.

SEMAS.**Plano de manejo parque estadual de dois irmãos**. Recife 2014.

TEIXEIRA.L.; MACHADO.I. **Sistema de polinização e reprodução de Byrsonima sericea dc (Malpighiaceae)**. Acta bot brasilia .14 Edição. Brasil 2000.P 347-357

VOGEL.F. **History of Malpigeaceae in the light of pollination ecology**. 55 Edição. Memories of the new York botanical garden.1990 P 130-142.

WESTERKAMP, CHRISTIAN &WEBER, A. (2008). **Keel flowers of the Polygalaceae and Fabaceae: A functional comparison**. Botanical Journal of the Linnean Society. 129. 207 - 221. 10.1111/j.1095-8339.1999.tb00501.x.

WINFREE.R. **The conservation and restoration of wild bees**. New Jersey. 2010. P 169-197.

WOODCOCK.T **.Pollination in the Agricultural Landscape**. Canadian PollinationInitiative. Guelph.2012.P 113.

