

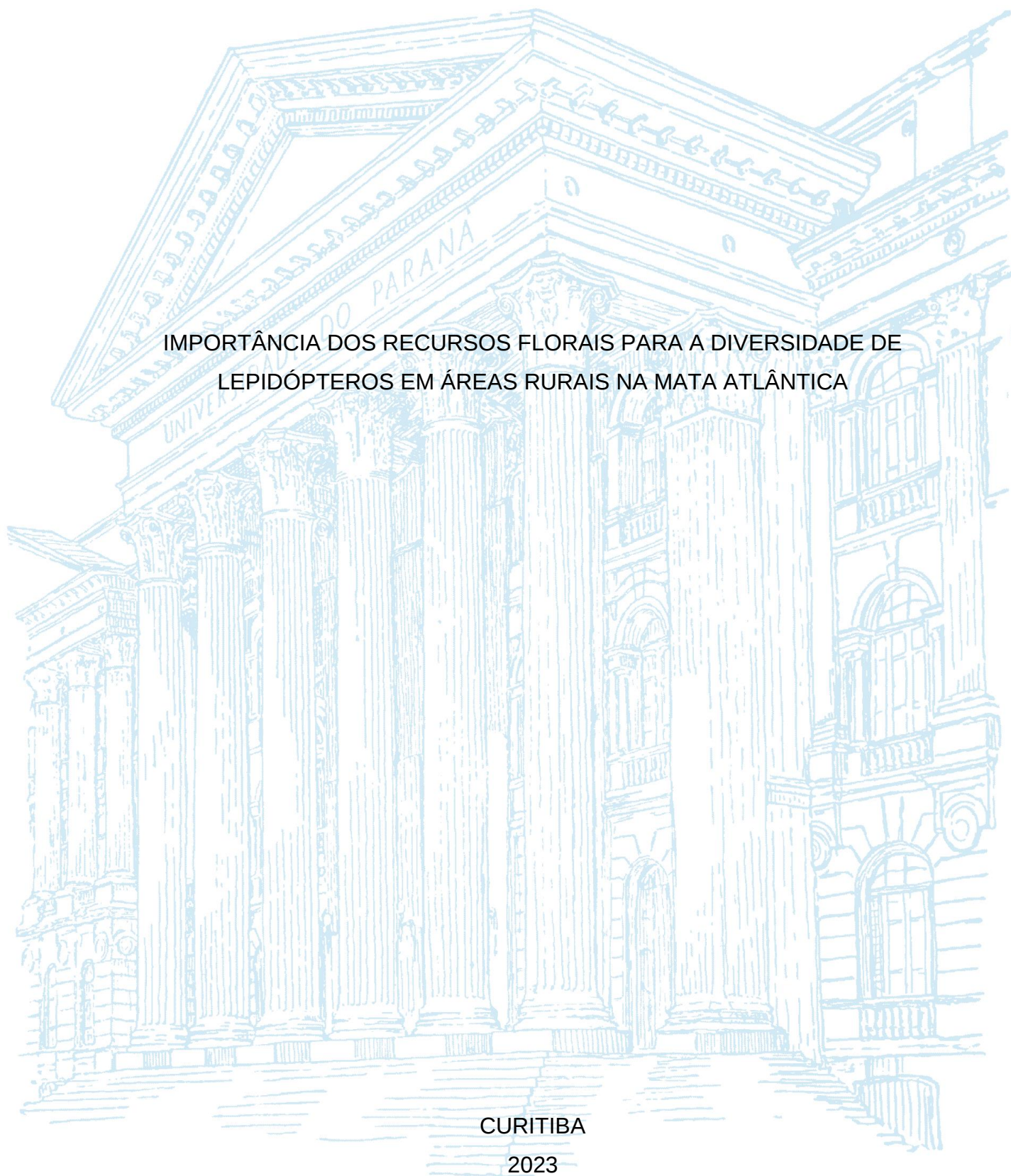
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALESSANDRA MIKICH

IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS FLORAIS PARA A DIVERSIDADE DE
LEPIDÓPTEROS EM ÁREAS RURAIS NA MATA ATLÂNTICA

CURITIBA

2023



ALESSANDRA MIKICH

IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS FLORAIS PARA A DIVERSIDADE DE
LEPIDÓPTEROS EM ÁREAS RURAIS NA MATA ATLÂNTICA

Monografia apresentada à disciplina BIO027 – Estágio Supervisionado em Biologia, como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Ciências Biológicas no curso de graduação em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Carneiro dos Santos

CURITIBA

2023

AGRADECIMENTOS

A todas e todos que me apoiaram durante a minha jornada acadêmica e que, de certa forma, contribuíram para que esse trabalho pudesse ser finalizado, assim como parte da minha graduação.

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha mãe, Sandra Bos Mikich. Eu sou extremamente grata por ter alguém tão incrível ao meu lado, que sempre me ofereceu suporte e me incentivou a realizar os meus sonhos, incluindo a minha graduação em ciências biológicas. Além disso, agradeço a parceria na realização desse projeto e por todas as sugestões. Te admiro muito como mãe e como pesquisadora!

Gostaria de agradecer também a todos os meus amigos, do curso, do colégio, do laboratório e da vida por ter tornado esses anos da graduação mais leves e prazerosos.

Ao meu orientador, Prof. Eduardo Carneiro, por todos os anos de orientação, aprendizado e convivência. Além de todas as correções e contribuições ao trabalho, especialmente nas análises estatísticas e na identificação do material.

Com relação à identificação do material, também gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Olaf H. H. Mielke, por ter tornado o trabalho possível, nos auxiliando na identificação dos Hesperiidæ. Ao Antônio Aparecido Carpanezzi, pesquisador da Embrapa Florestas, pela identificação de todo o material botânico.

Aos membros da banca, ambos profissionais que admiro muito, Prof. Dr. Rodrigo Feitosa e Dra. Mônica Piovesan, por terem aceitado o convite de contribuir e avaliar esse projeto.

Ao CNPq pela concessão das bolsas de iniciação científica e à UFPR por fornecer a estrutura e a formação acadêmica adequadas para a realização desse trabalho.

Por último, a todos os meus bichos de estimação, especialmente aos meus gatos que, mesmo não sabendo, me ajudaram muito a manter a calma nos meus momentos de maior ansiedade.

RESUMO

Muitas espécies de lepidópteros dependem de recursos florais como alimento principal em sua fase adulta, podendo atuar como polinizadores. Em ecossistemas tropicais, o conhecimento acerca dessas interações é escasso, especialmente para grupos megadiversos como Lepidoptera. Neste cenário, o presente estudo, conduzido em Morretes (PR), teve como objetivo identificar as espécies botânicas de maior relevância para a comunidade de visitantes florais, com base nas suas interações mutualísticas. A amostragem foi realizada ao longo de três anos (junho/2019 a maio/2022), totalizando 2.101 horas de coleta com rede entomológica em planta-focal. A suficiência amostral foi estimada com curvas de interpolação e extrapolação de riqueza de lepidópteros, plantas e interações. As ocorrências foram agrupadas mensalmente e ordenadas por meio de uma nMDS para verificar as dissimilaridades fenológicas entre os meses de amostragem. Além disso, diversos índices foram calculados e comparados a modelos nulos a fim de caracterizar a rede de interações. No total, 309 espécies de lepidópteros foram registradas visitando 104 espécies de plantas, embora outras 175 espécies de plantas tenham sido amostradas, sem registrar interações com esse grupo. A cobertura amostral da riqueza de lepidópteros (94,9%) e de plantas (95,1%) foi expressiva e superior àquela das interações (65,2%). O padrão fenológico dos lepidópteros foi distintamente representado pelo outono, período com maior número de registros de interações. A rede exibiu baixa conectância, média de 2,58 interações por planta, padrão significativamente aninhado, modularidade não significativa, especialização e robustez médias e grande número de interações raras, sendo que um terço das espécies visitantes eram *singletons*. As plantas que interagiram com maior número de espécies foram: *Bidens alba*, *Vernonanthura beyrichii* e *Stachytarpheta cayennensis*. Algumas plantas exercem um papel de destaque nas interações com lepidópteros, podendo ser utilizadas na conservação e restauração ecológica na Mata Atlântica.

Palavras-chave: Interação inseto-planta. Lepidoptera. Visitação Floral. Mata Atlântica.

ABSTRACT

Adult nectarivorous lepidopteran species depend on flowering plants as their main food source and may act as important pollinators of many plant species. In tropical ecosystems, studies on plant-pollinator interactions are scarce, especially regarding megadiverse insect taxa, such as Lepidoptera. Hence, the present study aimed to investigate these interactions and identify the most important plant species for Lepidoptera community persistence. In two rural areas located in Morretes (Paraná, Brazil), 2.101 hours of focal-plant observations were carried out and the flower visitors were collected using entomological nets. The sampling coverage was estimated using interpolation and extrapolation curves of Lepidoptera, plant, and interaction richness. The samples were grouped by months and scaled using an nMDS analysis to infer phenological differences between months. Moreover, network-level metrics were calculated and compared to null models to characterize network topology. In total, 279 plant species were monitored along three years (June/2019 – May/2022) and 309 lepidopteran species were collected interacting with 104 plant species. The sample coverage indices obtained for Lepidoptera (94.9%) and plant (95.1%) richness were higher than that of interaction richness (65.2%). Phenological patterns show that the highest visitation frequencies occurred in autumn, more specifically in March and April. Network-level metrics show a very low realized proportion of possible links (3.33%), a mean number of links of 2.58, a statistically significant nested topology, two non-significant modules, moderately specialized and robust interaction network. Roughly, a third of all flower-visiting species recorded were singletons. Based on the number of flower visitors each plant species interacted with, the following plants were the most important in this community: *Bidens alba*, *Vernonanthura beyrichii*, and *Stachytarpheta cayennensis*. In conclusion, some plant species were responsible for making up a more resilient lepidopteran community. Therefore, these species could be used in ecological restoration and conservation projects in the Atlantic Forest.

Keywords: Insect-plant interactions. Lepidoptera. Flower visitor. Atlantic Forest.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CURVA DE ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES DE VISITANTES FLORAIS PELO MÉTODO <i>COLLECTOR</i>	21
FIGURA 2: CURVA DE ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES DE VISITANTES FLORAIS PELO MÉTODO <i>RANDOM</i>	22
FIGURA 3: CURVA DE INTERPOLAÇÃO E EXTRAPOLAÇÃO PARA A RIQUEZA DE LEPIDÓPTEROS VISITANTES FLORAIS	23
FIGURA 4: CURVA DE INTERPOLAÇÃO E EXTRAPOLAÇÃO PARA A RIQUEZA DE PLANTAS QUE INTERAGIRAM COM LEPIDÓPTEROS	23
FIGURA 5: CURVA DE INTERPOLAÇÃO E EXTRAPOLAÇÃO PARA A RIQUEZA DE INTERAÇÕES ENTRE LEPIDÓPTEROS E PLANTAS	24
FIGURA 6: NÚMERO DE VISITANTES AMOSTRADOS POR MINUTO PARA CADA MÊS DE AMOSTRAGEM.....	27
FIGURA 7: INCIDÊNCIA REPLICADA DE VISITANTES FLORAIS PARA CADA MÊS DE AMOSTRAGEM	27
FIGURA 8: RIQUEZA DE LEPIDÓPTEROS VISITANTES FLORAIS PARA CADA MÊS DE AMOSTRAGEM.....	28
FIGURA 9: NÚMERO MÉDIO DE LEPIDÓPTEROS COLETADOS POR UNIDADE AMOSTRAL PARA CADA MÊS DE AMOSTRAGEM	28
FIGURA 10: ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO-NUMÉRICO (NMDS) DA COMPOSIÇÃO MENSAL DE VISITANTES FLORAIS EM FUNÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE PLANTAS AMOSTRADAS.	30
FIGURA 11: REDE QUANTITATIVA DE INTERAÇÕES ENTRE VISITANTES FLORAIS (AZUL) E AS PLANTAS (VERDE) AMOSTRADAS EM UMA PROPRIEDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE MORRETES, PARANÁ, ENTRE JUNHO DE 2019 E MAIO DE 2022.....	32
FIGURA 12: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS MODELOS NULOS E DOS VALORES REAIS (LINHA VERMELHA). ÁREA AZUL: <i>R2DTABLE</i> ; ÁREA PRETA: <i>R2DTABLE</i> LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A ABUNDÂNCIA DAS PLANTAS; E ÁREA AMARELA: <i>SHUFFLE.WEB</i>	33
FIGURA 13: WHITTAKER PLOT MODIFICADO REPRESENTANDO O NÚMERO DE ESPÉCIES COM QUE CADA ESPÉCIE DE AMBOS OS NÍVEIS TRÓFICOS INTERAGE (GRAU), SENDO QUE OS CÍRCULOS PRETOS REPRESENTAM AS PLANTAS E OS BRANCOS, OS VISITANTES.....	33

FIGURA 14: CENÁRIO DE EXTINÇÃO LOCAL DE ESPÉCIES DE PLANTA COM O MÉTODO <i>RANDOM</i>	36
FIGURA 15: CENÁRIO DE EXTINÇÃO LOCAL DE ESPÉCIES DE PLANTA COM O MÉTODO <i>ABUNDANCE</i>	37
FIGURA 16: CENÁRIO DE EXTINÇÃO LOCAL DE ESPÉCIES DE PLANTAS COM O MÉTODO <i>DEGREE</i>	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE LEPIDÓPTEROS POR FAMÍLIA E SUA REPRESENTATIVIDADE.....	19
TABELA 2: ÍNDICES CALCULADOS A NÍVEL DE REDE (NETWORKLEVEL) PARA REDE DE VISITAÇÃO FLORAL	32
TABELA 3: ESPÉCIES DE PLANTAS QUE INTERAGIRAM COM O MAIOR NÚMERO DE ESPÉCIES DE LEPIDÓPTEROS VISITANTES FLORAIS.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
1.2 OBJETIVOS	11
Objetivo geral	11
Objetivos específicos	11
2 METODOLOGIA	12
2.1 ÁREAS DE ESTUDO	12
2.2 COLETA DE DADOS	13
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	15
Análise da suficiência amostral e riqueza de visitantes florais	15
Sazonalidade.....	15
Redes de interações	16
Espécies botânicas importantes.....	17
Cenários de extinção.....	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 RIQUEZA DE VISITANTES FLORAIS	18
3.2 SUFICIÊNCIA AMOSTRAL	21
3.3 SAZONALIDADE.....	25
3.4 REDE DE INTERAÇÕES LEPIDÓPTEROS-PLANTAS.....	30
3.5 CENÁRIOS DE EXTINÇÃO	35
3.6 PLANTAS IMPORTANTES PARA A MANUTENÇÃO DA COMUNIDADE DE LEPIDÓPTEROS VISITANTES FLORAIS	38
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÊNDICE 1 – ESPÉCIES DE LEPIDÓPTEROS	49
APÊNDICE 2 – ESPÉCIES DE PLANTAS	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A ordem Lepidoptera é representada por borboletas e mariposas (RAFAEL et al., 2012), muitas vezes tratadas, respectivamente, como Heterocera e Rhopalocera, embora essa divisão não represente grupos monofiléticos (WAHLBERG et al., 2013). Mundialmente, os lepidópteros apresentam cerca de 160.000 espécies, sendo que apenas 20.000 são borboletas (STORK, 2018; KRISTENSEN et al., 2007). No Brasil, estima-se que haja, no mínimo, 25.000 espécies de mariposas e 8.000 de borboletas (BROWN, 1996), sendo que mais de 2.100 destas são encontradas em diversas áreas da Mata Atlântica (BROWN; FREITAS, 2000). No Paraná, estado onde foi conduzido o presente estudo, foram registradas 1.200 espécies de borboletas (MIELKE; CASAGRANDE, 2004).

No geral, as borboletas são diurnas, enquanto as mariposas, noturnas. No entanto, existem representantes de diversas famílias de mariposas que apresentam hábitos diurnos ou crepusculares (CAMARGO et al, 2018; RAFAEL et al., 2012) e borboletas de hábito crepuscular (DEVRIES, 1987; CASAGRANDE; MIELKE, 2003).

Os lepidópteros adultos, em sua maioria, estão divididos em duas guildas: frugívoros e nectarívoros (DEVRIES, 1987; RAFAEL et al., 2012), sendo estes um grupo funcional de visitantes florais e potenciais polinizadores (FENSTER et al., 2004; KEVAN; BAKER, 1983).

Aproximadamente 90% de todas as plantas com flores do mundo dependem de vetores bióticos para sua polinização (OLLERTON et al., 2011), sendo que, em florestas tropicais, onde lepidópteros são comuns e importantes visitantes florais, esse número pode chegar a 99% (BAWA, 1990). Embora muitas vezes as borboletas tenham um papel secundário na polinização quando comparado às abelhas, podem ser essenciais na ausência de polinizadores principais (ROSAS-GUERRERO et al., 2014), além de serem os únicos polinizadores efetivos em algumas espécies de plantas (DE ARAÚJO; QUIRINO; MACHADO, 2014).

A composição da comunidade de lepidópteros depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de recursos florais e estes, por sua vez, respondem a fatores bióticos e abióticos, muitos deles sazonais (RATHCKE; LACEY, 1985). O número de espécies vegetais em floração não é constante ao longo do ano, variando

principalmente devido a fatores climáticos. Por sua vez, esses fatores afetam a dinâmica de interações de visitantes florais (MORENTE-LÓPEZ et al., 2018). Nas florestas tropicais sazonais, em geral, a época de floração está relacionada ao aumento da precipitação (RATHCKE; LACEY, 1985). Na Mata Atlântica, os padrões fenológicos são sazonais e o pico de floração de espécies geralmente ocorre no início da estação úmida (SCHWARTZ, 2011). Assim, espera-se uma relação positiva entre a diversidade de plantas em floração e a de visitantes florais.

As interações lepidópteros-flores são frequentemente mutualísticas, trazendo vantagens para ambas as espécies envolvidas (RICKLEFS, 2010) e são comumente retratadas por meio de redes de interações (BASCOMPTE et al., 2003). A teoria de redes complexas, quando empregada em estudos sobre ecossistemas naturais, possibilita a quantificação e comparação estatística dos padrões de redes (BASCOMPTE; JORDANO, 2006) e auxilia na compreensão do funcionamento (AMARAL; OTTIMO, 2004) e de diversos fatores ecológicos sobre as redes, como a resistência à extinção (MEMMOTT et al., 2004; KAISER-BUNBURY et al., 2010), a existência de subconjuntos de espécies com elevada importância ecológica na rede (MELLO et al., 2011), a correlação entre as síndromes de polinização e grupos funcionais de polinizadores (DANIELI-SILVA et al., 2012) e a identificação de polinizadores efetivos (BALLANTYNE et al., 2015).

A polinização representa um importante serviço ecológico, desempenhando um papel essencial no sucesso reprodutivo das plantas e na diversidade da comunidade (BASCOMPTE et al., 2003; BASCOMPTE; JORDANO, 2006; OLLERTON et al., 2011). O desaparecimento dos polinizadores pode resultar no desaparecimento subsequente das plantas com as quais interagem e vice-versa. Portanto, essas interações estão intimamente relacionadas à manutenção da biodiversidade (BENADI et al., 2013; DUNN et al., 2009), à resiliência da rede frente à perda de espécies e indica o comportamento da comunidade diante de extinções secundárias (DUNNE et al., 2002; BURGOS et al., 2007).

A riqueza, abundância e composição dos lepidópteros podem ser utilizadas como indicadores ambientais (RAFAEL et al., 2012), uma vez que são bastante sensíveis a perturbações ambientais, fragmentação e perda de áreas naturais (FREITAS, 2010). Por conseguinte, o conhecimento a respeito das interações interespecíficas de visitação floral e polinização pode ser usado para subsidiar estratégias de conservação. Contudo, essas informações ainda são escassas,

embora esforços nesse sentido já tenham sido realizados, inclusive na região do litoral do Paraná (e.g. DONATTI, 2010; SOUZA, 2013; RIBEIRO et al., 2018). No entanto, grande parte dos estudos de visitação floral e de transporte de pólen tendem a focar em abelhas e outros polinizadores, sendo este um dos primeiros estudos a priorizar os lepidópteros diurnos nessa região.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo geral explorar as interações lepidópteros-plantas e identificar espécies de plantas mais relevantes para a manutenção da diversidade desses visitantes florais em fragmentos de Mata Atlântica no Litoral do Paraná.

Objetivos específicos

Especificamente, os objetivos do trabalho foram: (1) estimar a riqueza de lepidópteros diurnos visitantes florais nas áreas de estudo, (2) avaliar o efeito da sazonalidade, em conjunto com a composição florística, sobre a composição de visitantes ao longo do período amostral, (3) descrever as interações entre os visitantes florais e as plantas amostradas, e (4) criar cenários de extinção local de plantas a fim de testar a resiliência da rede.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo estão localizadas na Serra do Mar do Paraná, onde está a maior área preservada de Mata Atlântica, bioma hoje representado por menos de 12% da sua área de cobertura original (RIBEIRO et al., 2009). Devido à sua exuberante riqueza de espécies, tanto de plantas como de animais, ao elevado grau de endemismo e vulnerabilidade, em função do desmatamento e fragmentação da área de cobertura original, a Mata Atlântica é considerada um hotspot para conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000; PEIXOTO et al., 2016), ficando entre os cinco principais hotspots do mundo (MORELLATO; HADDAD, 2000).

A amostragem foi realizada na Estação Experimental da Embrapa Florestas (25°45'14,21" S, 48°87'28,6" O) e em uma propriedade privada denominada Chácara Tukani (25°27'42,9" S, 48°52'14,33" O), ambas localizadas na zona rural do município de Morretes, Paraná. Entre as duas áreas existe uma distância de aproximadamente 1 km e ambas estão interligadas por fragmentos de floresta primária e secundária. Dessa forma, os sítios amostrais não foram considerados independentes e os dados foram analisados conjuntamente. A área da Embrapa apresenta 96,08 ha, na sua maior parte recobertos por vegetação primária, principalmente nas encostas do Pico Marumbi, mas também há áreas de antigas pastagens e cultivos agrícolas na porção de planície, onde são desenvolvidas pesquisas sobre cultivos florestais e agroflorestais. Em sua totalidade, a Chácara Tukani possui 12,8 ha, sendo aproximadamente 9,8 ha de vegetação primária pouco perturbada, 1 ha de cultivo agrícola orgânico e o restante de outros usos. Atualmente, o principal cultivo da propriedade é de plantas tropicais das famílias Heliconiaceae e Zingiberaceae. No entanto, anteriormente a 2018, essa porção (1 ha) era empregada no cultivo agrícola tradicional, com o uso de agrotóxicos.

De acordo com ITCG (2009), a fitofisionomia vegetal predominante no município de Morretes é a Floresta Ombrófila Densa Submontana, uma das subformações da Mata Atlântica. O tipo de solo predominante na região de estudo é o Cambissolo háplico (CXbd19) (PDM, 2008). A região litorânea do Paraná, segundo à classificação climática de Köppen-Geiger, tem como tipo climático dominante o Cfa

- subtropical úmido com verão quente. A temperatura média anual varia entre 20,1 e 22 °C, a precipitação média anual entre 1.800 e 2.600 mm e a umidade relativa do ar anual entre 85,1 e 90% (NITSCHKE et al., 2019).

2.2 COLETA DE DADOS

Os visitantes florais foram capturados com auxílio de redes entomológicas utilizando-se o método de planta-focal, abaixo detalhado.

O período total de amostragem foi de três anos, de junho de 2019 a maio de 2022, ainda que na área da Embrapa as coletas tenham sido realizadas entre maio de 2020 e abril de 2021. As amostragens ocorreram, no mínimo, duas vezes por mês, tanto no período da manhã quanto no da tarde. As coletas foram realizadas entre 08:00 e 18:00, que engloba o período de maior atividade dos lepidópteros diurnos, que vai das 09:00 às 17:00 (POLLARD, 1977; POLLARD; YATES, 1993). As coletas foram realizadas em dias ensolarados, com temperaturas amenas (>13°C), ausência de chuva e de ventos fortes, conforme recomendado por Pollard (1977).

As plantas foram amostradas ao longo do estudo com base na disponibilidade de flores e indivíduos com boas condições de visibilidade e acessibilidade. Eventualmente uma escada foi empregada para facilitar o acesso a ramos floridos de até 4 metros de altura. Buscou-se amostrar o maior número possível de espécies, de todas as formas de vida, tanto nativas quanto exóticas, cultivadas ou não.

Material botânico de todas as espécies amostradas foi coletado e herborizado, sendo identificado por especialistas e depositado no Herbário da Embrapa Florestas. Além disso, a validade dos nomes científicos foi confirmada tendo como base o banco de dados do Flora do Brasil. No caso das seguintes espécies de plantas: *Celosia argentea* L., *Varronia polycephala* Lam. e *Ocimum basilicum* L., optou-se por amostrá-las e analisá-las separando-as em morfotipos devido a variações expressivas em sua morfologia, modo de vida, existência de variedades, fenologia de floração e padrão de visitação por lepidópteros. Para *C. argentea*, observou-se a existência de uma variedade com inflorescência em forma de crista de galo, que além dessa diferença morfológica, também apresentou um padrão de visitação distinto em relação ao outro morfotipo. Já *V. polycephala* foi encontrada na área amostral da Embrapa apresentando duas formas de vida, uma

lianosa e outra arbustiva. Os manjericões apresentam diversas variedades comerciais, apresentando aromas e colorações, de flor e de folha, distintos entre si.

Cada espécie vegetal incluída no estudo foi monitorada em intervalos de 30 minutos, que correspondem à unidade amostral empregada nas análises. Em função da proximidade física, eventualmente, mais de uma espécie de planta foi observada dentro de um mesmo intervalo de 30 minutos, mas os dados foram tratados separadamente.

Buscou-se variar o horário de amostragem de cada espécie de planta ao longo de cada mês, procurando abranger todo o período de maior atividade dos lepidópteros diurnos. Devido à elevada abundância de lepidópteros em vários momentos amostrais, não foi possível quantificar a abundância total de cada amostra. Alternativamente, procurou-se coletar todas as diferentes espécies de visitantes em cada evento amostral. A incidência das espécies replicada em diferentes amostragens foi, portanto, utilizada como dado quantitativo para quantificar a intensidade de interações entre espécies. Segundo Jordano (2016), esse tipo de dado quantitativo (*replicated incidence*) é o mais robusto para representar intensidade de interações quando há um número suficiente de unidades amostrais.

Os insetos capturados foram contidos em potes plásticos individualizados, identificados pela espécie de planta visitada e unidade amostral. Para sacrificar os insetos, os potes foram colocados no freezer por, pelo menos, duas horas. Depois desse tempo, os indivíduos foram transferidos para envelopes de papel individuais e acondicionados em embalagens contendo cânfora e sílica gel para sua conservação. Em cada envelope constavam os dados de código da amostra, unidade amostral e a planta visitada.

Os indivíduos coletados foram devidamente alfinetados e montados, posteriormente identificados por meio de comparações com exemplares depositados na Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure (DZUP), no Departamento de Zoologia da UFPR, e com auxílio de especialistas. Além disso, a validade dos nomes científicos das espécies foi confirmada com base no Catálogo Taxonômico da Fauna Brasileira (CARNEIRO, 2023), uma base de dados atualizada por especialistas.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Análise da suficiência amostral e riqueza de visitantes florais

Para estimar a suficiência amostral e a riqueza de lepidópteros visitantes florais foi empregada uma metodologia que permite comparar curvas de interpolação e extrapolação da riqueza de espécies (*Hill number*: $q=0$) e obter o índice de cobertura amostral (SC) dentro de um intervalo de confiança padrão de 95% (CHAO; JOST, 2012). Essa mesma metodologia foi empregada para os dados de riqueza de espécies de plantas e de interações entre os dois níveis tróficos. Paralelamente, essas curvas foram comparadas com a curva de acumulação de espécies. Esse gráfico, também conhecido como curva do coletor, representa o número cumulativo de espécies novas amostradas em uma determinada área, em função de alguma medida de esforço amostral, como o tempo de observação (COLWELL; CODDINGTON, 1994). Além disso, uma curva de Mao Tau foi plotada, a qual mostra os valores médios de riqueza da curva do coletor e o desvio padrão destes valores, obtidos por meio de 1000 permutações dos dados de riqueza para as unidades amostrais (GOTELLI; COLWELL, 2001).

Sazonalidade

Com o intuito de verificar as dissimilaridades entre os meses de coleta e destacar as espécies vegetais responsáveis por essas diferenças ($p<0.05$), correlacionou-se as dissimilaridades de comunidades de plantas amostradas e assembleias de visitantes florais. Para estas matrizes, as unidades amostrais foram agrupadas mensalmente. Uma análise nMDS foi produzida (a partir do índice de dissimilaridade Bray-Curtis) para representar a composição faunística de visitantes florais por mês de coleta, e a ordenação obtida com o menor valor de *stress* foi correlacionada com uma matriz de incidência das espécies florísticas amostradas nos mesmos intervalos mensais.

Redes de interações

A rede de interações entre lepidópteros diurnos e plantas foi representada por um grafo bipartido ponderado. Este foi construído a partir de uma matriz quantitativa de interações utilizando as frequências de visitação, ou seja, o percentual de amostras em que determinada espécie de visitante floral foi registrada. Dentre todas as amostras, 170 espécimes ainda não puderam ser identificados a nível de espécie ou separados em morfoespécies. Uma vez que essas espécies interagiram com um grande número de espécies botânicas ($n=45$), eles foram excluídos das análises de rede para o cálculo dos índices, pois ficariam agrupados em três espécies supergeneralistas. Estes são: 20 *Moncini* spp. ($n=12$ espécies de plantas), 101 *Corticea* spp. ($n=32$ espécies de plantas), 48 *Hermeuptychia* spp. ($n=18$ espécies de plantas). Além disso, uma outra amostra foi excluída das análises, pois não pode ser identificada a nível de família e nem separada morfologicamente das demais espécies, ficando identificada como *Lepidoptera* spp.

Com a finalidade de caracterizar a topologia da rede foram utilizadas três métricas: conectância, aninhamento e modularidade. A conectância faz referência à razão entre o número de interações observadas e o número total de interações possíveis. Assim, a conectância pode ser utilizada para caracterizar a redundância e a generalização da rede, sendo que quanto maior o valor da métrica, mais generalizada é a rede (ESTRADA, 2007; JORDANO, 1987). Complementarmente, o aninhamento representa um padrão estrutural frequentemente observado em redes mutualísticas, no qual espécies generalistas interagem mais entre si e as espécies especialistas interagem mais com as generalistas (BASCOMPTE et al., 2003). Para calcular o aninhamento foi utilizado o NODF (*Nestedness metric based on Overlap and Decreasing Fill*), uma das métricas mais utilizadas para medir esse índice (ALMEIDA NETO et al., 2008). Por fim, a modularidade indica quantos subconjuntos de espécies apresentam uma densidade maior de interações entre si do que com as demais espécies (OLESEN et al., 2007).

A nível de rede, também foi calculado um índice de especialização (H_2'), que quantifica o desvio das interações observadas em relação ao esperado com base nos totais marginais de cada espécie, ou seja, quanto menor o total marginal de cada espécie maior o grau de especialização da rede, e descreve o grau de seletividade da rede como um todo (BLÜTHGEN, 2006). Para o conjunto de

espécies botânicas, também foi calculada a robustez da rede, que equivale à área abaixo da curva de extinções secundárias e está diretamente relacionada à estrutura da rede e como as interações ocorrem entre os níveis tróficos (DUNNE, 2002). Ademais, verificou-se a assimetria da rede, que determina a razão entre o número de espécies de ambos os níveis tróficos.

Alguns índices foram calculados para mostrar a importância relativa de cada espécie para a organização e resiliência da rede. O grau (k) equivale ao número de espécies com que cada nó interage (JORDANO et al., 2003). A força da interação visa quantificar a importância relativa de cada espécie para o outro nível trófico (BASCOMPTE, 2006; BASCOMPTE; JORDANO, 2006). Por último, a dependência (d') também foi calculada, que representa o grau de especialização de cada espécie, baseando-se na falta de aleatoriedade na escolha de parceiros (BLÜTHGEN, 2006).

Com intuito de verificar se a topologia da rede e os valores de alguns dos índices obtidos diferem do esperado ao acaso, estes foram comparados com modelos nulos, por meio de 1000 permutações. Especificamente, este procedimento foi realizado para os valores de grau (k), modularidade, NODF e robustez. Para cada uma das métricas, foram construídos três modelos nulos, com exceção de grau, que não foi empregado *shuffle.web*. Este modelo nulo randomiza matrizes qualitativas mantendo constantes o número de interações observados, ou seja, a conectância e o grau dos nós. Portanto, caso fosse empregado este modelo para os valores de grau da rede, não haveria randomização. Para os outros dois modelos nulos, o método empregado foi o *r2dtable*, que gera matrizes quantitativas aleatorizadas mantendo constantes os totais marginais das linhas e das colunas, sendo que um deles leva em consideração o número de vezes que cada planta foi amostrada.

Espécies botânicas importantes

Para efeito deste estudo, considerou-se por relevantes as espécies de plantas com: 1. maior riqueza de visitantes ao longo de todo período de amostragem; 2. as que, apesar de sua fenologia floral restrita, apresentaram um grande número de visitantes em determinados períodos do ano.

Cenários de extinção

Para avaliar a importância individual de cada espécie vegetal na manutenção da diversidade de lepidópteros visitantes florais, foram criados três cenários distintos de extinção local de espécies botânicas e as subsequentes extinções secundárias locais de visitantes florais, por meio de 50 replicações cada. No primeiro cenário, foi empregado o método *random* para construir uma curva de extinção de espécies baseada na remoção aleatória das plantas. No segundo cenário, foi usado o método *abundance*, no qual as plantas são removidas em ordem crescente de abundância. No terceiro e mais extremo cenário, foi aplicado o método *degree*, que remove as espécies em ordem decrescente de grau, ou seja, as espécies botânicas que apresentam interação com uma maior riqueza de visitantes são retiradas primeiro (MEMMOTT et al., 2004). Além disso, foram obtidos os valores dos expoentes das funções hiperbólicas, que representam as curvas de extinção. Estes podem ser interpretados como medidas de vulnerabilidade à extinção da rede de interações, sendo que expoentes altos indicam um desaparecimento abrupto das espécies e um alto grau de redundância inicial na rede, ou seja, grande número de nós com poucas interações e um pequeno número de nós com muitas interações (*hubs*).

As análises foram realizadas no software R versão 4.2.2 (R Core Development Team, 2022): a construção da rede de interações, o cálculo dos descritores de rede e a construção das curvas de extinção foram feitas com o pacote *bipartite* (DORMANN et al., 2008); as curvas de interpolação e extrapolação de espécies foram construídas utilizando o pacote *iNEXT* (HSIEH et al., 2016); e as curvas de acumulação de espécies, as análises CCA e nMDS foram realizadas utilizando o pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RIQUEZA DE VISITANTES FLORAIS

Durante todo o período desse estudo, foram amostradas 279 espécies de plantas, das quais 227 (81,36%) apresentaram interações com pelo menos um

inseto visitante floral e 104 espécies (37,54%) foram visitadas por pelo menos uma espécie de Lepidoptera (Apêndice 2).

Em 2.101 horas (4.136 unidades amostrais) de coleta ativa com rede entomológica foram coletados 2.640 lepidópteros diurnos, distribuídos em 309 espécies (Apêndice 1) e 17 famílias, sendo seis de borboletas e 11 de mariposas (TABELA 1). Esses lepidópteros foram coletados em 854 unidades amostrais (20,6% do total).

TABELA 1: RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE LEPIDÓPTEROS POR FAMÍLIA E SUA REPRESENTATIVIDADE

Família	Riqueza	Número de indivíduos
Hesperiidae	162 (51,6%)	1.429 (57,8%)
Nymphalidae	48 (15,3%)	637 (25,8%)
Pieridae	19 (6%)	130 (5,3%)
Papilionidae	4 (1,3%)	13 (0,5%)
Lycaenidae	19 (6%)	66 (2,7%)
Riodinidae	11 (3,5%)	37 (1,5%)
Castniidae	2 (0,6%)	2 (0,08%)
Crambidae	5 (1,6%)	11 (0,4%)
Erebidae	28 (8,9%)	97 (3,9%)
Geometridae	3 (0,9%)	19 (0,8%)
Noctuidae	2 (0,6%)	3 (0,1%)
Notodontidae	1 (0,3%)	13 (0,5%)
Plutellidae	1 (0,3%)	1 (0,04%)
Pterophoridae	2 (0,6%)	2 (0,08%)
Pyralidae	1 (0,3%)	1 (0,04%)
Sphingidae	4 (1,3%)	7 (0,3%)
Tortricidae	1 (0,3%)	1 (0,04%)
Lepidoptera	1 (0,3%)	1 (0,04%)

Quanto à diversidade de lepidópteros registrada em estudos de visitação floral, o presente trabalho registrou uma riqueza de visitantes muito superior àquela de estudos similares conduzidos na mesma região (litoral do Paraná), como DONATTI (2010), com 58 espécies ou SOUZA (2013), com 100 espécies. Assim, apesar da amostragem não contemplar todos os nichos ecológicos de Lepidoptera, ficando restrita a visitantes florais diurnos, demonstra-se que uma grande parcela da

diversidade local de lepidópteros pode ser coletada visitando flores, desde que, aparentemente, a diversidade de plantas amostradas seja elevada, bem como o esforço amostral.

O número de espécies de borboletas (n=258) coletado também foi bastante expressivo. Como comparativo, ao longo de cinco anos de registros visuais de lepidópteros, Meijer (2018) registrou na localidade de Lageado, município de Antonina a aproximadamente 27 km das áreas de estudo, 123 espécies de borboletas visitando flores, o que equivale a apenas 46,2% do total de espécies aqui registrado. A riqueza observada para esse grupo também foi superior àquela obtida em um levantamento realizado na Serra do Mar do Paraná por Leviski et al. (2016). Estes autores, realizando coletas com redes ao longo de trilhas, além de armadilhas para captura de lepidópteros frugívoros no município de Paranaguá, a aproximadamente 34 km dos locais de coleta do presente estudo, durante 12 meses consecutivos, encontraram um total de 200 espécies.

Frequentemente, as famílias HesperIIDae e Nymphalidae apresentam maior representatividade de espécies nos levantamentos (LEVISKI et al., 2016; THIELE et al., 2014), sendo que, segundo Brown & Freitas (1999), a família HesperIIDae pode representar 35-45% da riqueza total de borboletas amostradas com redes entomológicas. No presente estudo, o número de espécies de HesperIIDae e a representatividade da família foi superior às demais famílias e ao estimado por Brown & Freitas (1999), sendo superior a 50% em ambos os casos. Esses números evidenciam uma dominância desta família dentre os lepidópteros diurnos que são visitantes florais. Já o papel deles como polinizadores ainda é matéria para futuros estudos. Em comparação com os resultados do levantamento faunístico realizado por Leviski et al. (2016), a riqueza de HesperIIDae, equivalente à 77 espécies, foi inferior à registrada no presente estudo (n=162), enquanto a de Nymphalidae foi maior, com 73 espécies (n=48). A fauna neotropical de ninfalídeos estritamente frugívoros equivale a 50-75% das espécies da família (BROWN, 2005), o que poderia, em parte, explicar o número relativamente reduzido de registros dessa família no presente estudo.

Dentre os grupos de ninfalídeos frugívoros, a subfamília Satyrinae é bastante representativa e seus representantes são comumente encontrados próximos ao solo no sub-bosque onde se alimentam de frutos em diversos estágios de decomposição e fungos associados (MARÍN et al, 2011). Por isso, ter registrado ao menos três

espécies de satiríneos em flores foi um resultado inesperado. Para duas das espécies de Satyrinae registradas (*Moneuptychia soter* e *Pareuptychia summandosa*), é possível que a visita tenha sido acidental, tendo cada uma sido registrada somente uma vez. No entanto, 48 indivíduos de *Hermeuptychia* spp., foram registrados alimentando-se de 18 espécies distintas de plantas. Portanto, é possível que, embora esses lepidópteros sejam frugívoros, se alimentem oportunisticamente de néctar. Já no caso de Lycaenidae e Riodinidae, suas populações parecem apresentar grande variação temporal e precisam ser coletadas por longos períodos para que sua riqueza possa ser devidamente amostrada (ISERHARD et al., 2013).

3.2 SUFICIÊNCIA AMOSTRAL

Apesar dos resultados expressivos acima discutidos, as curvas de acumulação de espécies não atingiram a assíntota (Figuras 1 e 2), o que significa que mediante mais coletas provavelmente seriam registradas mais espécies para a área. Este resultado já era esperado, uma vez que para borboletas em ecossistemas tropicais a curva raramente atinge uma assíntota (BROWN; FREITAS, 2000). Apesar disso, percebe-se uma ligeira diminuição no acúmulo de espécies nos últimos meses do estudo.

FIGURA 1: CURVA DE ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES DE VISITANTES FLORAIS PELO MÉTODO COLLECTOR

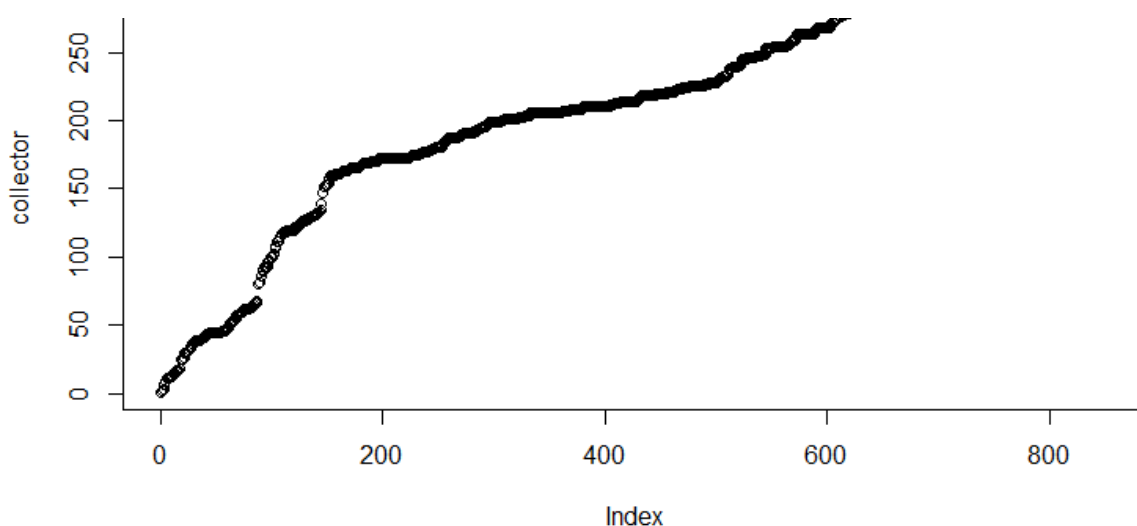
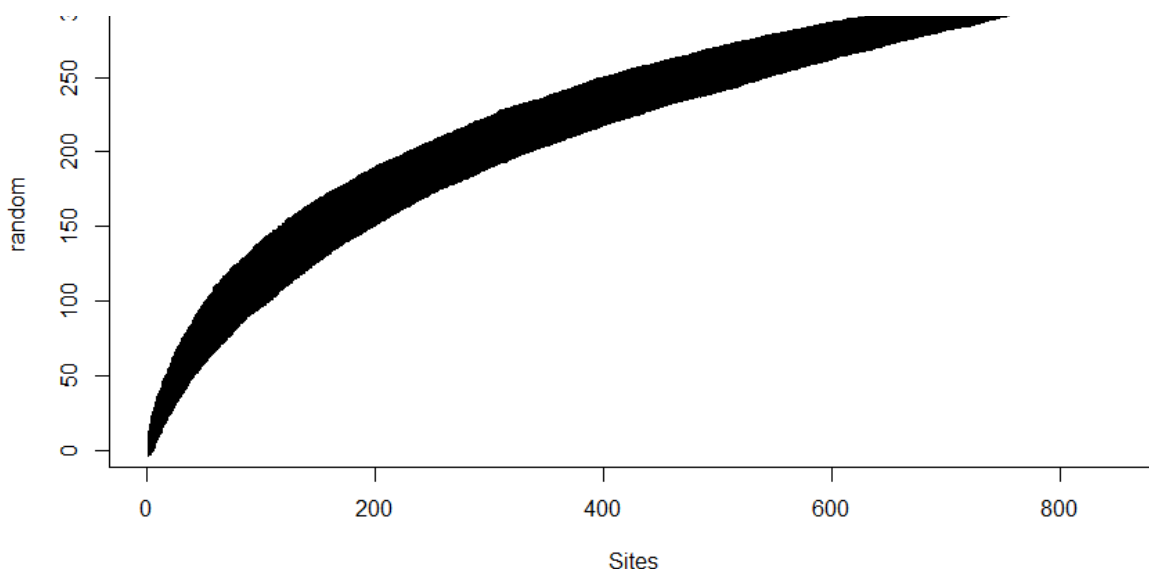


FIGURA 2: CURVA DE ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES DE VISITANTES FLORAIS PELO MÉTODO RANDOM



Quanto às curvas de interpolação e extrapolação de espécies, para a riqueza de visitantes e de plantas amostradas, foram obtidos valores altos do índice de cobertura amostral de 94.9% e 95.1%, respectivamente (Figuras 3 e 4). Isto indica que uma porção significativa da diversidade desses grupos está representada no trabalho. Mais especificamente, segundo as estimativas do pacote iNEXT, para atingir o máximo da riqueza extrapolada pelo pacote para esse conjunto de dados, que corresponde à 98% da riqueza esperada, espera-se que com o dobro de unidades amostrais ($n=1708$) 385 espécies de visitantes fossem coletadas. Para as plantas, o valor esperado de espécies com interações com lepidópteros equivale a 138 para um $SC=98\%$, caso houvesse o dobro de unidades amostrais. Aqui vale lembrar que, na realidade, foram realizadas 4.136 unidades amostrais ao longo do trabalho, mas somente 854 apresentaram coleta de lepidópteros. Portanto, o esforço realizado foi muito maior do que o estimado pelo programa. Por último, o menor índice de cobertura amostral foi obtido para a riqueza de interações, que foi igual a 65,2% (Figura 5). Como o valor é relativamente baixo, não foi possível obter uma estimativa de riqueza para 98% de cobertura amostral.

FIGURA 4: CURVA DE INTERPOLAÇÃO E EXTRAPOLAÇÃO PARA A RIQUEZA DE LEPIDÓPTEROS VISITANTES FLORAIS

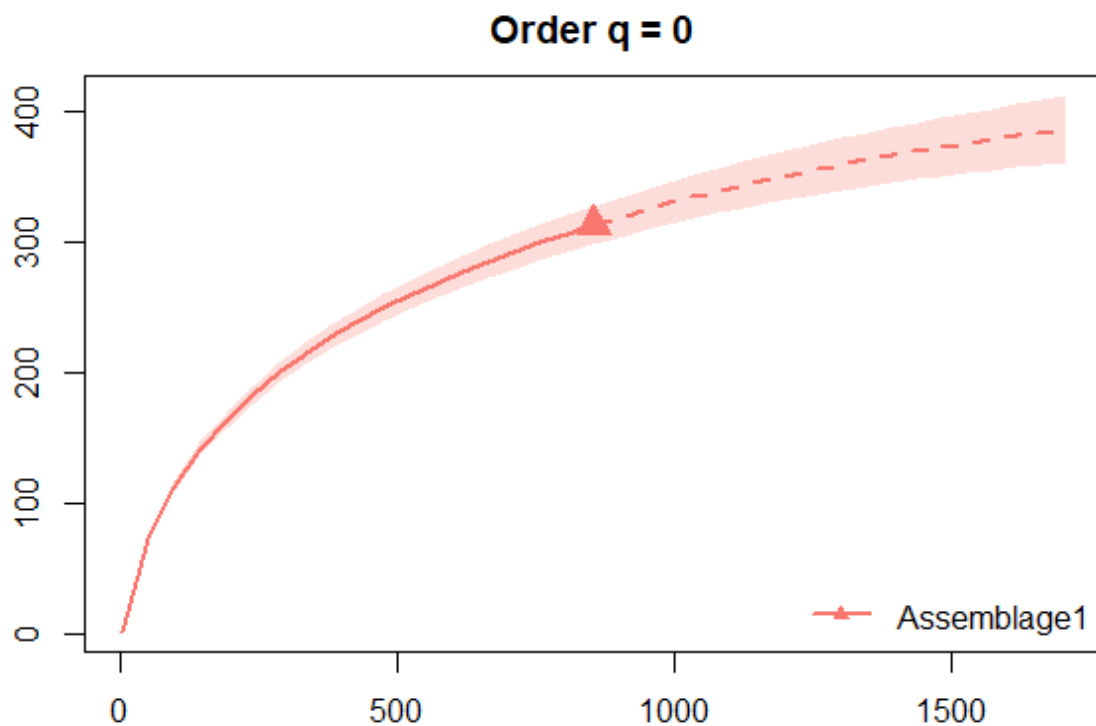


FIGURA 3: CURVA DE INTERPOLAÇÃO E EXTRAPOLAÇÃO PARA A RIQUEZA DE PLANTAS QUE INTERAGIRAM COM LEPIDÓPTEROS

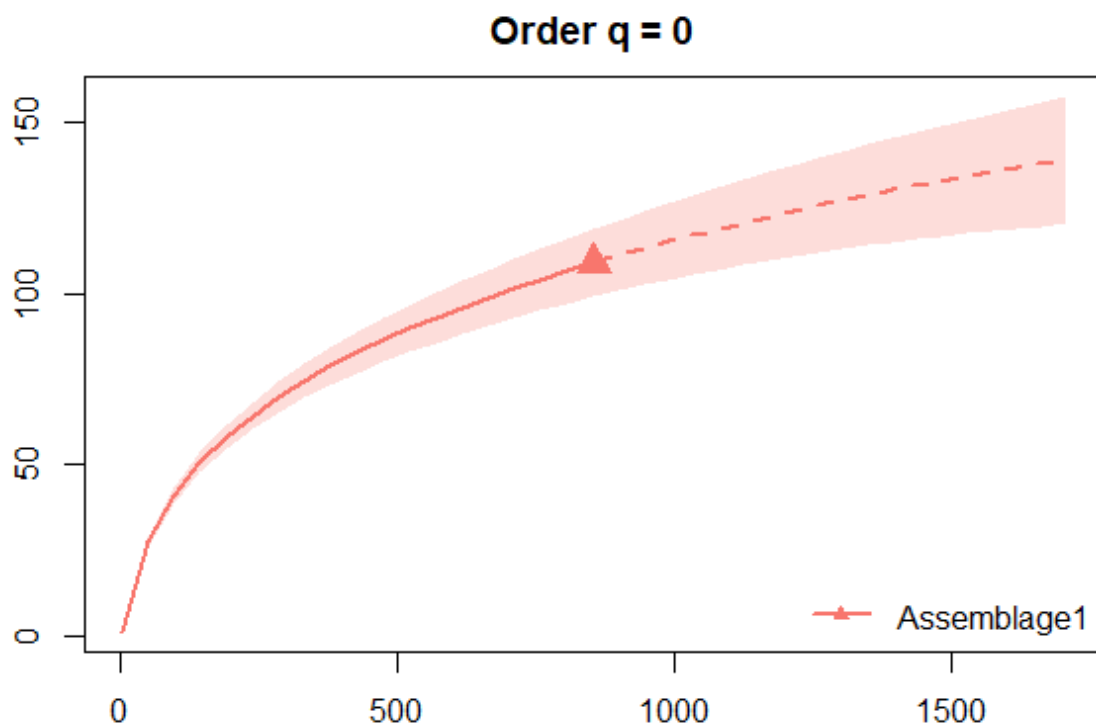
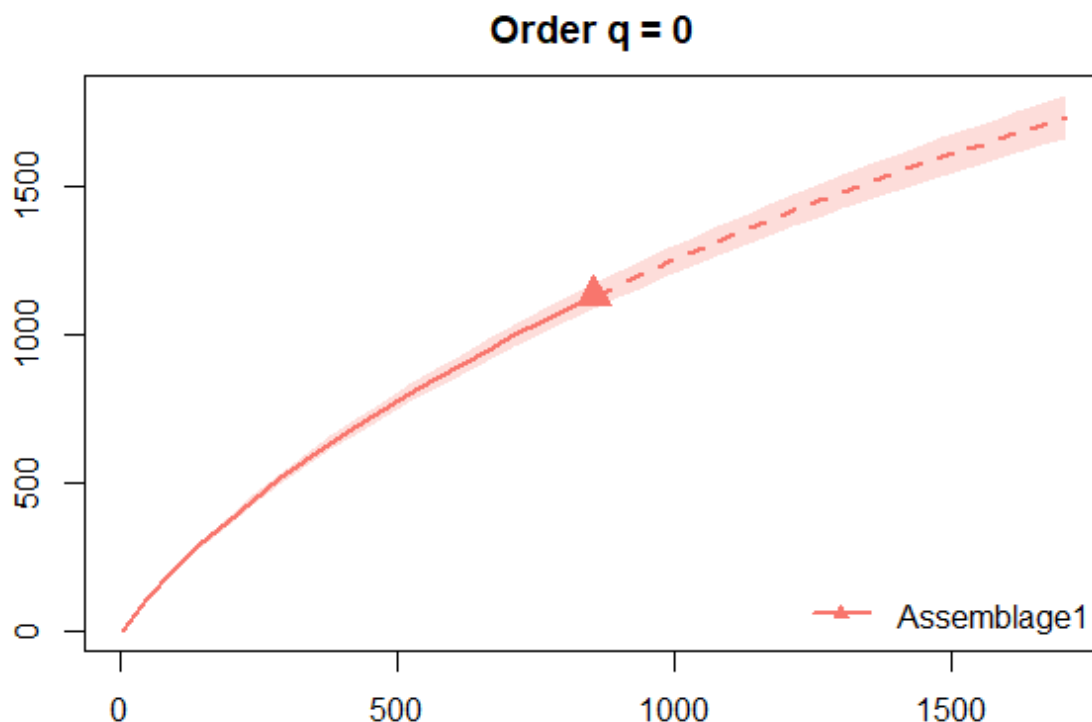


FIGURA 5: CURVA DE INTERPOLAÇÃO E EXTRAPOLAÇÃO PARA A RIQUEZA DE INTERAÇÕES ENTRE LEPIDÓPTEROS E PLANTAS



Em parte, o valor reduzido do índice de cobertura amostral para as interações pode ser explicado pela provável existência dos chamados *forbidden links*, que são ocasionados por incompatibilidades espaciais, temporais, morfológicas, fisiológicas ou pela baixa probabilidade de duas espécies se encontrarem na natureza e interagirem (JORDANO, 1987; JORDANO, 2016). Dessa forma, independente do esforço amostral, algumas interações nunca serão registradas (JORDANO, 2016) e a curva nunca atingirá a assíntota. No presente estudo, algumas espécies de plantas que foram amplamente amostradas e não apresentaram interações com lepidópteros, podendo representar *forbidden links*. Alguns exemplos disso são as espécies de Melastomataceae e Solanaceae observadas. Ambas são bastante diversas e representativas na região tropical (CLAUSING; RENNER, 2001; RENNER, 1989; BEZERRA; MACHADO, 2003), apresentando diversas espécies com distribuição no bioma Mata Atlântica. No entanto, é rara a produção de néctar nesses grupos (BUCHMANN, 1983), sendo este o principal recurso utilizado pelos lepidópteros, o que explicaria sua ausência ou baixa visitação.

Ainda sobre a riqueza de plantas amostradas, no total foram amostradas 58 famílias botânicas ao longo do período amostral. Destas, 35 apresentaram interação com lepidópteros, sendo Asteraceae, com 29 espécies/morfoespécies, a mais representativa. Com distribuição cosmopolita, Asteraceae é uma das maiores famílias de angiospermas do mundo (ROQUE; MAGALHÃES; NAKAJIMA, 2017), sendo que das 2000 espécies presentes no Brasil, cerca de 65% são endêmicas (THE BRAZIL FLORA GROUP, 2015). Além de ter sido a família mais diversa neste estudo, também foi responsável por cerca de 60% das visitas por lepidópteros aqui registradas, o que deve estar relacionado à síndrome de polinização dessas plantas, pois estima-se que aproximadamente 75% das asteráceas apresentem psicofilia (MANI; SARAVANAN, 1999). Síndrome de polinização pode ser definida como um conjunto de características florais que estão associadas com a atração de grupo específico de visitante floral (FAEGRI; PIJL, 2013). A psicofilia, síndrome de polinização por borboletas, geralmente está associada com flores tubulares e alongadas, antese diurna, coloração vistosa, produção de néctar e odor adocicado (FAEGRI; PIJL, 2013). Por sua vez, essas características são frequentes nas espécies de Asteraceae, portanto várias delas podem ser consideradas psicófilas (AVELINO, 2005). Assim, além de serem tidas como um dos principais polinizadores de algumas asteráceas (EITERER, 2005), aqui demonstrou-se que a família é também a família de maior preferência dos lepidópteros diurnos.

3.3 SAZONALIDADE

As variações sazonais observadas no presente estudo não foram efeito do esforço amostral, pois tanto a frequência de visita pelo esforço amostral (Figura 6) quanto a abundância do tipo *replicated incidence data* (Figura 7) apresentaram um padrão semelhante. Observou-se que os meses de fevereiro, março, abril e junho concentram a maior abundância de visitantes (Figuras 6, 7, 8). Sabe-se que as assembleias de borboletas apresentam variações temporais e espaciais interanuais e são prontamente afetadas por alterações das condições ambientais (BONEBRAKE et al., 2010), como a disponibilidade de recursos florais que, por sua vez, é influenciada pela pluviosidade, luminosidade, temperatura e duração do dia (MORELLATO et al., 2000), além de sofrer influência das interações bióticas, podendo alterar os padrões de floração, a duração e a sincronia desse fenômeno

(BAWA, 1990; RATHCKE; LACEY, 1985). Embora Florestas Ombrófilas Densas, como é o caso da localidade amostral, apresentem sazonalidade reprodutiva menos pronunciada, a floração segue sendo sazonal (MORELLATO et al., 2000), apresentando um pico na estação úmida (SCHWARTZ, 2011). Segundo Morellato (1991), o padrão fenológico das espécies polinizadas por lepidópteros na Mata Atlântica foi fortemente sazonal, coincidindo com o período de maior abundância de borboletas observado por Brown (1991), florescendo de dezembro a abril, durante a estação úmida. A maior abundância de visitantes florais no outono também foi registrada em outra área do litoral do Paraná por Meijer (2018), que atribuiu esse padrão à disponibilidade de flores de algumas espécies de Asteraceae, como *Vernonanthura beyrichii* (Less.) H.Rob.. Segundo esse autor, nessa região é possível observar mais borboletas em uma semana no outono (maio) do que durante um mês inteiro na primavera ou no verão. Uma vez que as condições ambientais responsáveis pela floração podem variar interanualmente (RATHCKE; LACEY, 1985), e o aparecimento dos lepidópteros está relacionado com a floração e com o aparecimento de novas folhas para a alimentação das larvas, é possível que alterações ambientais e subseqüentes variações na intensidade da floração de algumas espécies, como a própria *V. beyrichii*, estejam relacionadas a uma maior abundância de visitantes no outono de 2021 (Figuras 6, 7 e 8). Além disso, no mesmo período também se observou uma maior riqueza de espécies de lepidópteros visitantes florais do que em qualquer outro período (Figura 9). No entanto, apesar do baixo esforço amostral no mês de junho de 2019, devido a condições climáticas desfavoráveis, o número médio de visitantes florais coletados por unidade amostral foi comparável ao dos meses com maior número de visitantes e esforço, o que não era esperado (Figura 8), dado se tratar de um mês com temperaturas mais frias e com menos recursos de néctar para os lepidópteros.

FIGURA 7: NÚMERO DE VISITANTES AMOSTRADOS POR MINUTO PARA CADA MÊS DE AMOSTRAGEM

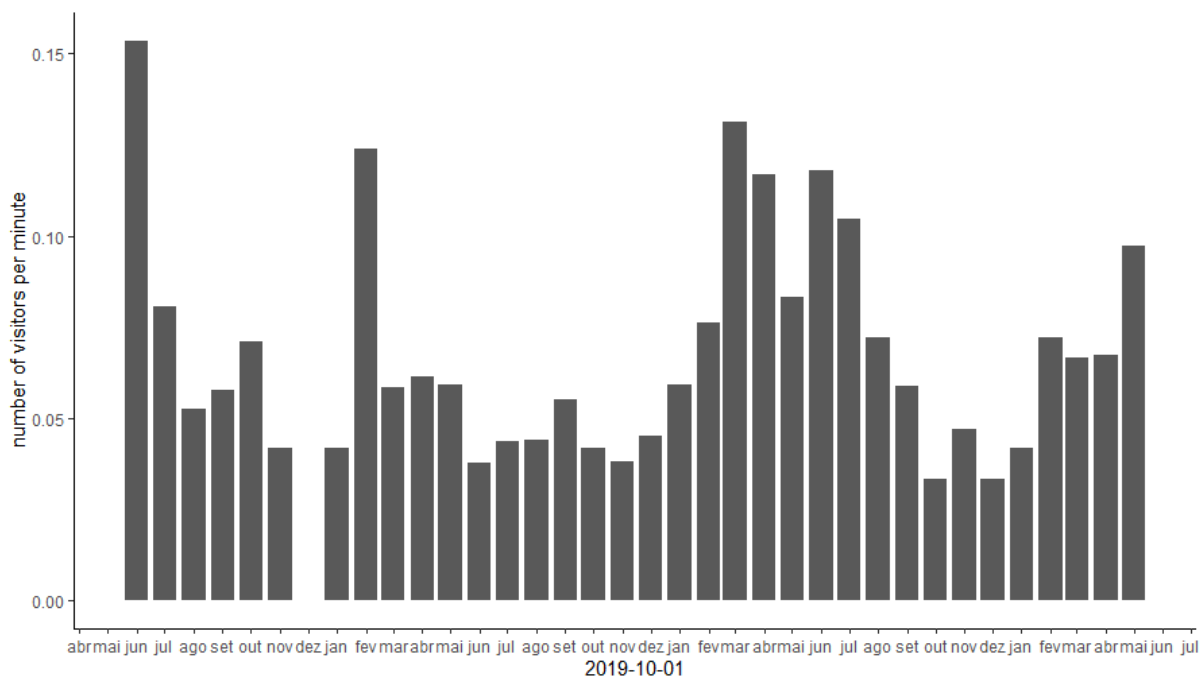


FIGURA 6: INCIDÊNCIA REPLICADA DE VISITANTES FLORAIS PARA CADA MÊS DE AMOSTRAGEM

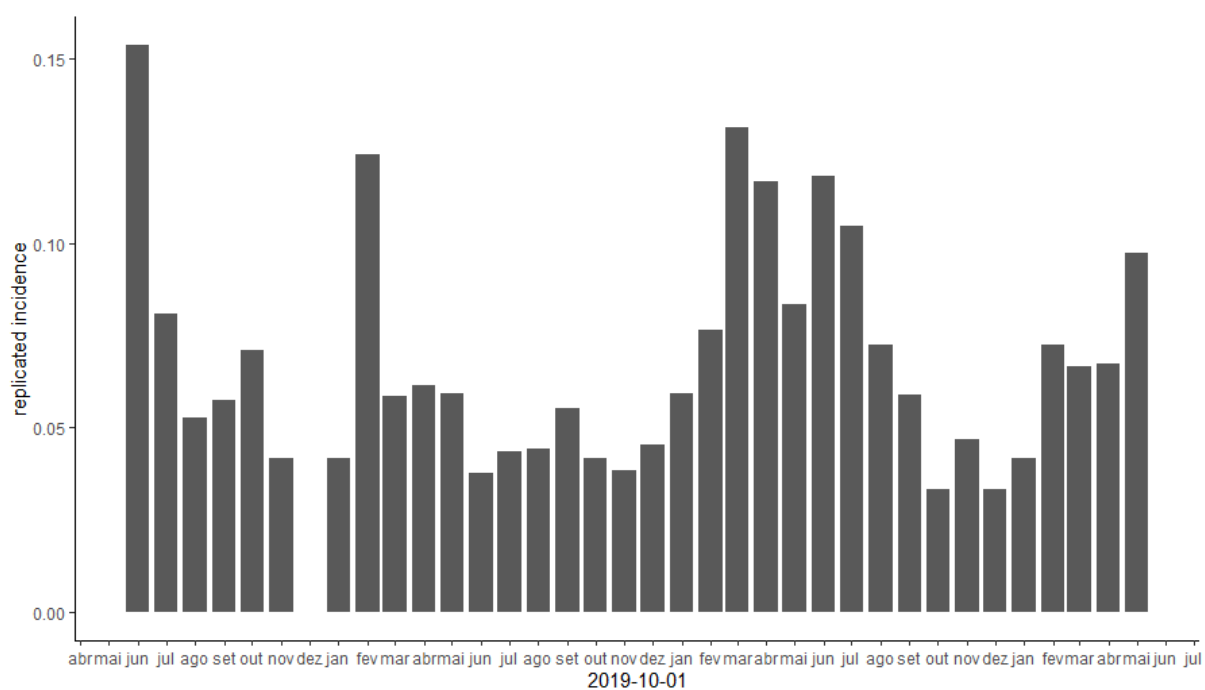


FIGURA 8: RIQUEZA DE LEPIDÓPTEROS VISITANTES FLORAIS PARA CADA MÊS DE AMOSTRAGEM

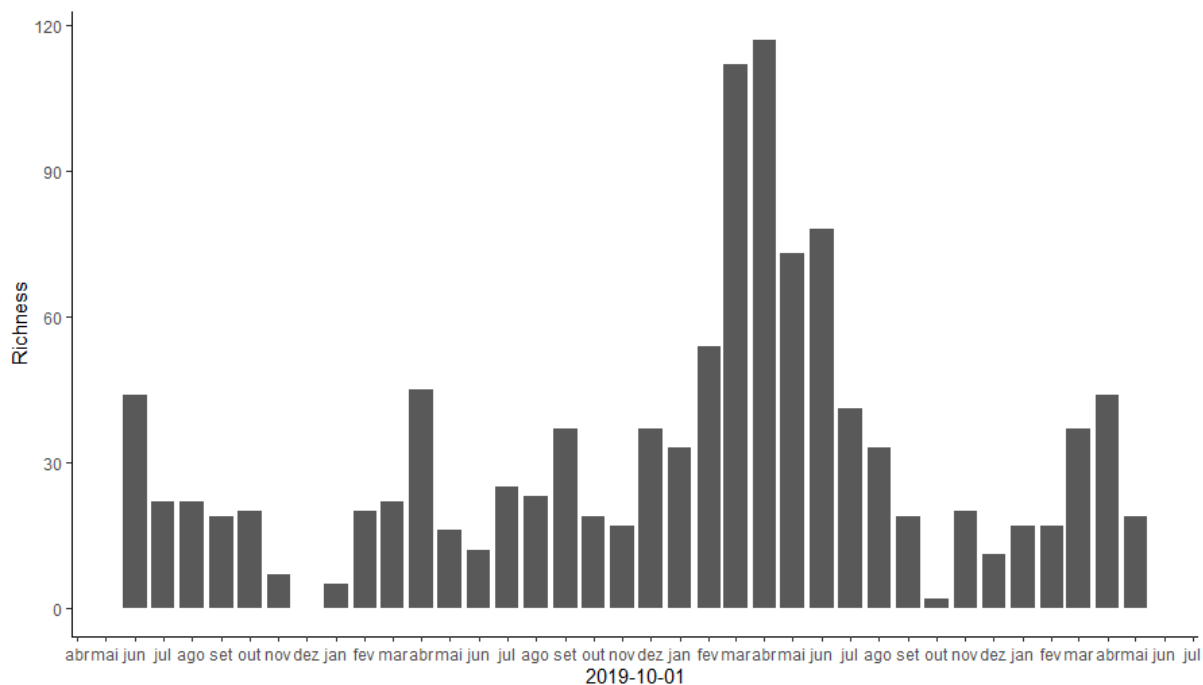
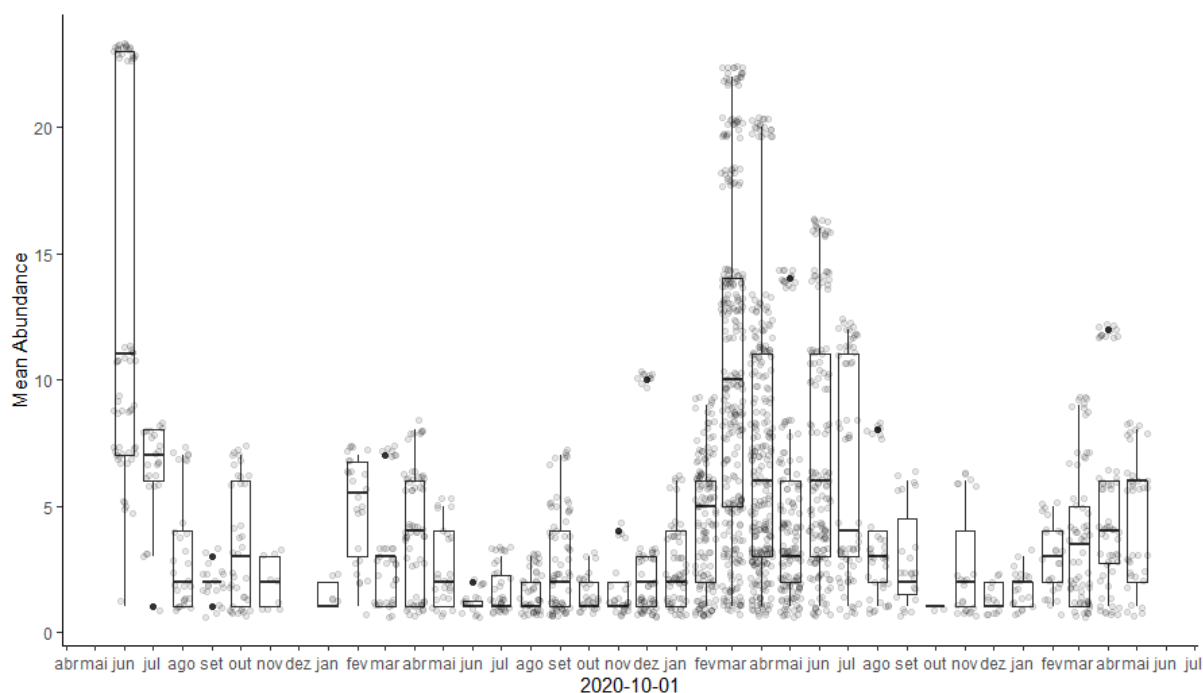
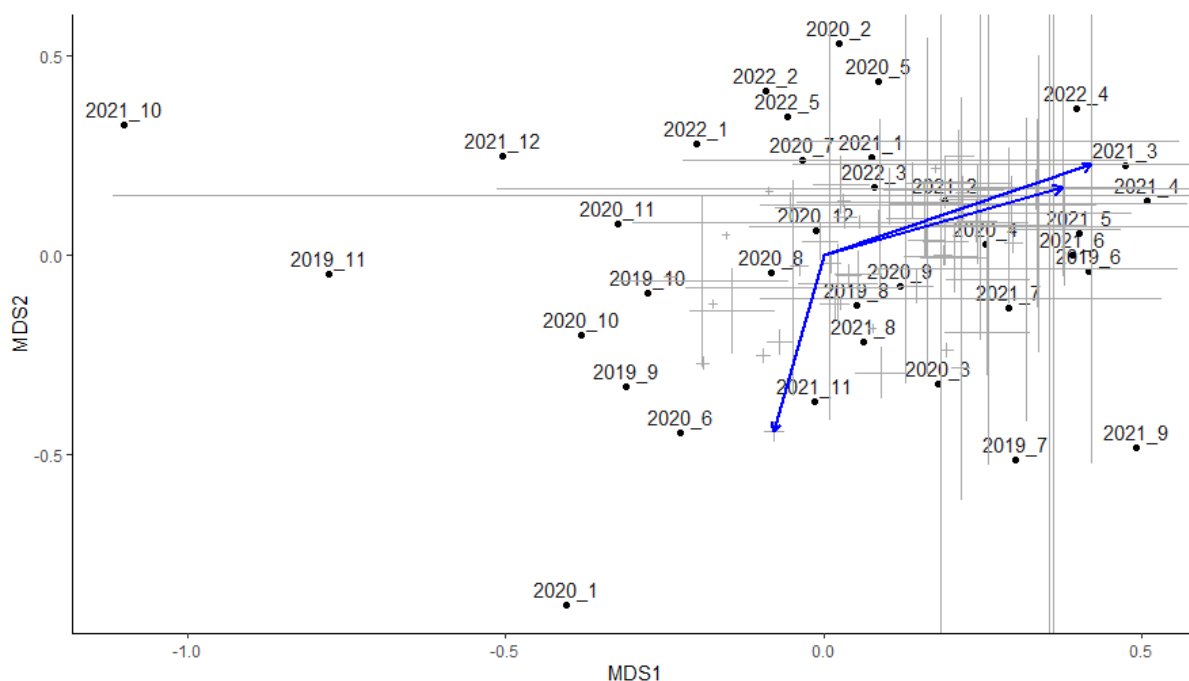


FIGURA 9: NÚMERO MÉDIO DE LEPIDÓPTEROS COLETADOS POR UNIDADE AMOSTRAL PARA CADA MÊS DE AMOSTRAGEM



A presença de três espécies de plantas foi considerada significativa para explicar a ordenação fenológica das assembleias de borboletas gerada pelo Escalonamento Multidimensional Não-Numérico (nMDS) (Figura 10). Os vetores correspondem a *Cucurbita pepo* L. ($p=0.043$), *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. ($p=0.038$) e *Stachytarpheta maximiliani* (Rich.) Vahl. ($p=0,015$). Isso significaria que estas espécies exercerem um grande papel na estruturação fenológica das espécies de lepidópteros ao longo dos anos. Entretanto, considerando o alto número de espécies de plantas incluídos na análise e o baixo número de registros ($n=3$) de lepidópteros feitos em *C. pepo* (abóbora), é provável que essa significância seja espúria. Entretanto, observa-se que o vetor que representa a abóbora está mais correlacionado com os pontos que representam os meses de janeiro de 2020 e junho de 2021, que são os únicos meses em que foram registradas interações entre essa planta e lepidópteros nas amostragens de *C. pepo*. Com relação às outras duas espécies consideradas significantes, elas participaram de 67 das 726 interações observadas em março e abril de 2021, os meses com que apresentaram maior relação segundo o escalonamento. Apesar de se tratar de menos de 10% do total de interações observadas nesses meses, para essas duas plantas, esses foram os meses com maior número de registros de interações com lepidópteros, o que poderia parcialmente explicar esse ordenamento. Apesar de não participarem de uma porção expressiva das interações registradas nos meses com que têm maior correlação, trata-se de plantas que estão entre as 12 plantas que interagiram com maior número de espécies de visitantes florais. O elevado grau de dissimilaridade entre os meses de out/2021 ($n=2$), jan/2020 ($n=5$), nov/2019 ($n=12$) e dez/2021 ($n=15$) pode ser explicado em função do número reduzido de registros de visitantes florais nestes meses, sendo estes os meses com menor abundância de lepidópteros.

FIGURA 10: ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO-NUMÉRICO (NMDS) DA COMPOSIÇÃO MENSAL DE VISITANTES FLORAIS EM FUNÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE PLANTAS AMOSTRADAS. IDENTIFICAÇÕES DAS AMOSTRAS (PONTOS) REFEREM-SE AO ANO E MÊS DE COLETA, RESPECTIVAMENTE. CRUZES CORRESPONDEM ÀS ESPÉCIES DE PLANTAS REGISTRADAS, CUJO TAMANHO É PROPORCIONAL À SUA ABUNDÂNCIA DE VISITANTES.



3.4 REDE DE INTERAÇÕES LEPIDÓPTEROS-PLANTAS

A rede de interações é composta por 309 espécies/morfoespécies de lepidópteros e 104 espécies de plantas, sendo que um total de 1.131 interações distintas foi registrado durante o período de estudo (Figura 11). A conectância registrada para rede foi extremamente baixa (TABELA 2), indicando que apenas uma porção pequena das interações possíveis foi, de acordo com o tamanho da rede, de fato registrada. Como mencionado anteriormente, parte das interações são proibidas (*forbidden links*), portanto não são passíveis de serem amostradas (JORDANO, 1987). Além disso, um outro fator que certamente contribuiu para este valor reduzido foi elevado número de visitantes florais com apenas uma interação (Figura 12), que correspondeu a aproximadamente 1/3 das espécies de lepidópteros. Esse grande número de registros únicos (*singletons*) para os visitantes pode ser um artefato do esforço amostral reduzido em algumas plantas (BLÜTHGEN et al., 2008). No entanto, a amostragem de grupos contendo um elevado número de espécies, como os lepidópteros tropicais, é recorrentemente representada por uma

grande fração de *singletons* (BREHM; FIEDLER, 2004). Por sua vez, essa estrutura de comunidades influencia as métricas qualitativas, como é o caso da conectância e do grau médio, que foram baixos (BLÜTHGEN et al., 2006).

A rede obtida apresentou um padrão significativamente aninhado, com $NODF = 19.198$ ($p < 0,001$, com exceção de $p_{\text{amarelo}} = 0,318$) (TABELA 2 e Figura 13). De forma geral, redes de polinizadores apresentam um padrão aninhado, em função da especialização assimétrica, em que espécies mais especialistas tendem a interagir com espécies mais generalistas, e as generalistas também interagem entre si, formando um núcleo de interações na comunidade (*hubs*) (BASCOMPTE et al., 2003). O aninhamento também reflete a assimetria da rede quanto ao grau (BLÜTHGEN, 2011), com a presença de poucas espécies realizando muitas interações e muitas espécies com poucas interações (BASCOMPTE; JORDANO, 2006). Esse resultado está congruente com a inexistência de módulos significativos (TABELA 2 e Figura 13). Esse padrão, segundo Bascompte et al. (2003), está de acordo com o esperado para redes de polinização, nas quais a topologia tende a ser mais aninhada do que modular. Isto também indica que as interações tendem a ser mais generalistas do que especialistas, padrão frequentemente observado para borboletas, impedindo a formação de módulos (BASCOMPTE et al., 2003; ALMEIDA-NETO et al., 2008). Inclusive, borboletas são comumente retratadas como visitantes florais oportunistas que utilizam o recurso conforme sua disponibilidade (TUDOR et al., 2004). Outro padrão comumente observado em redes de visitação floral, que também foi observado no presente estudo, é a presença de um nível intermediário de especialização para rede (BLÜTHGEN et al., 2008). Este é dado pelo índice de especialização ponderado H_2 , que neste trabalho foi igual a 0,79 (TABELA 2). O valor de grau médio da rede (TABELA 2) foi significativo para todos os modelos nulos ($P < 0,001$; Figura 13). Por fim, para a robustez, os valores obtidos foram significativos para todos os modelos nulos (Figura 13).

FIGURA 12: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS MODELOS NULOS E DOS VALORES REAIS (LINHA VERMELHA). ÁREA AZUL: *R2DTABLE*; ÁREA PRETA: *R2DTABLE* LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A ABUNDÂNCIA DAS PLANTAS; E ÁREA AMARELA: *SHUFFLE.WEB*.

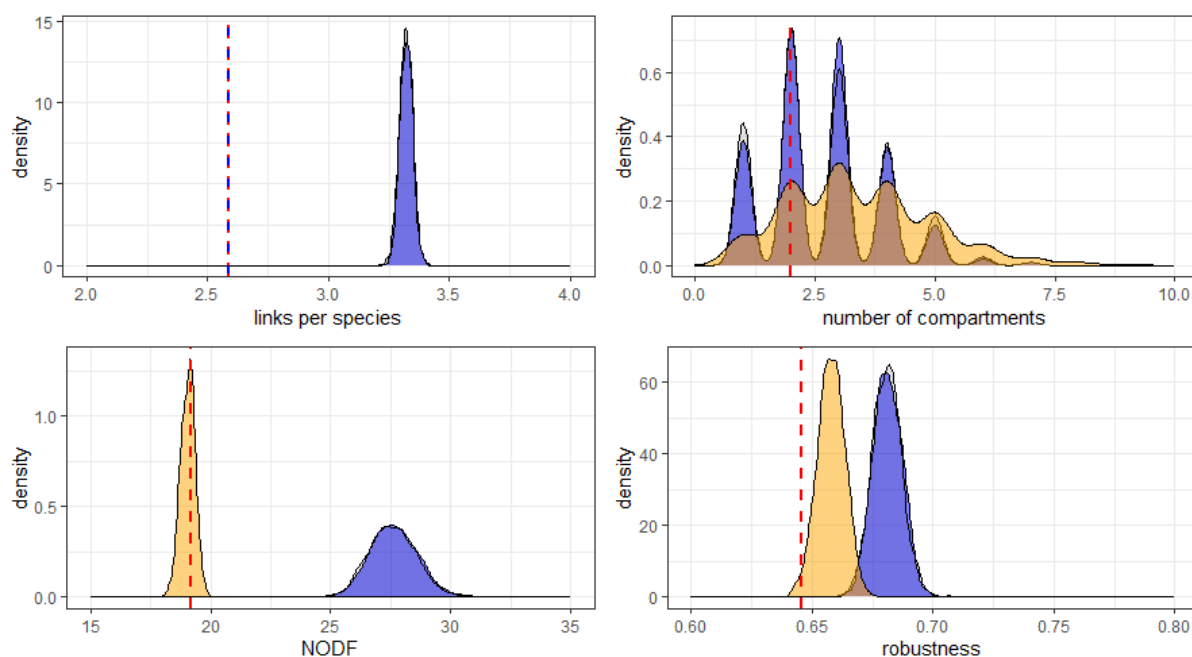
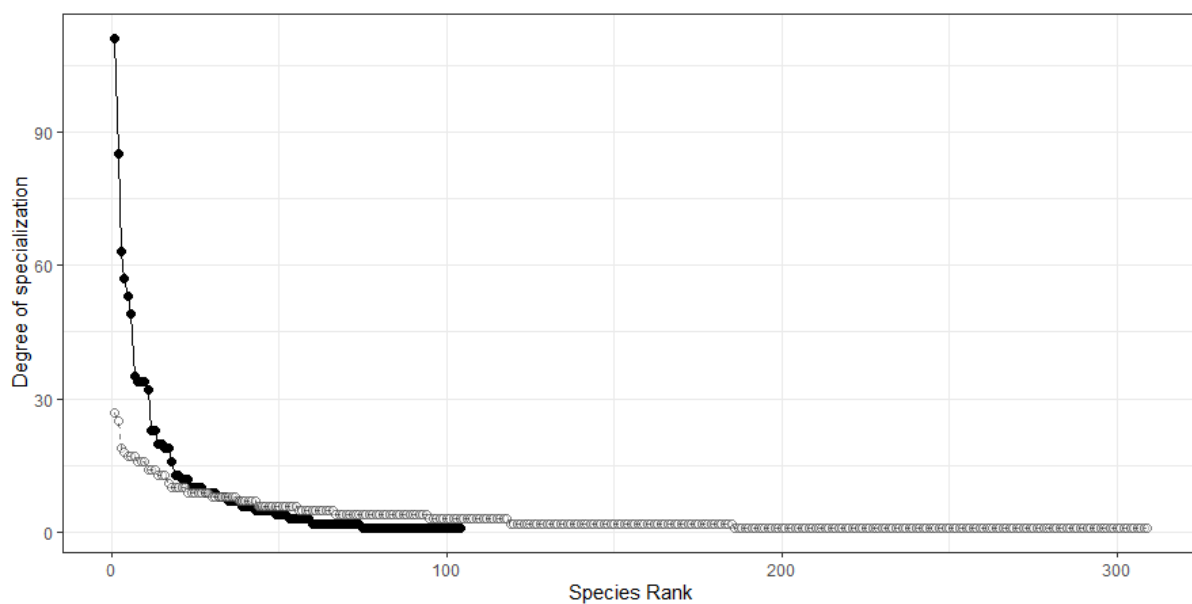


FIGURA 13: WHITTAKER PLOT MODIFICADO REPRESENTANDO O NÚMERO DE ESPÉCIES COM QUE CADA ESPÉCIE DE AMBOS OS NÍVEIS TRÓFICOS INTERAGE (GRAU), SENDO QUE OS CÍRCULOS PRETOS REPRESENTAM AS PLANTAS E OS BRANCOS, OS VISITANTES



Também foram calculados alguns índices que representam o papel individual de cada espécie na rede, como o grau (k), dependência (d') e força da interação (FI). Apenas 22 espécies de visitantes apresentaram $k > 10$ e cerca de 1/3 das espécies apresentaram $k = 1$. De modo geral, as espécies de visitantes florais com os maiores valores de grau, podendo ser consideradas as mais generalistas da rede também foram as espécies que apresentaram as maiores forças de interação, ou seja, possivelmente as espécies mais importantes para as plantas (BASCOMPTE; JORDANO, 2006). Segundo Donatti (2010), que realizou um estudo similar sobre visitantes florais no município de Antonina-PR, foi encontrada uma relação positiva entre o número de interações estabelecidas pelas espécies (grau) e a força dessas espécies nas redes de visitação. As exceções a essa relação podem estar relacionadas à importância dessas espécies para plantas específicas. Quanto à correlação entre a dependência (d') e o grau (k) não foi observado uma relação bem estabelecida, resultado similar ao obtido por Donatti (2010). Entretanto, de modo geral, as nove espécies mais especialistas de acordo com o índice d' ($d' > 0,7$), apresentaram $k < 2$.

Diversos fatores podem ajudar a moldar a rede de interações de uma dada localidade e influenciar a topologia e demais propriedades das redes, como a preferência alimentar de certas borboletas (HARDY et al., 2007; TUDOR et al., 2004), preferência por determinadas cores (POHL et al., 2011), quantidade de néctar oferecido (MAY, 1985) e compatibilidade morfológica (BAUDER et al., 2015). No presente estudo, é possível inferir que para algumas espécies, o elevado grau de especialização d' observado possa estar ligado à estrita relação entre lepidópteros com probóscides longas (*Carystoides bazoches* (Latreille, 1824) e *Eurybia molochina molochina* Stichel, 1910) e flores de corolas compridas (*Calathea* sp.), como observado por Bauder et al. (2015). Isto poderia estar ligado à competição sobre o recurso floral, levando à especialização por um conjunto limitado de flores com corolas longas (BAUDER et al., 2015), comportamento que parece refletir no seu alto grau de especialização (d'). Outra espécie com hábitos especializados, *Utetheisa ornatix* (Linnaeus, 1758) (Arctiinae), pode apresentar uma relação mais estreita com as espécies de *Crotalaria* (*C. micans* Link. e *C. retusa* L.). A relação entre esses táxons pode ser explicada pelo comportamento de sequestro de alcalóides realizado pela *U. ornatix* durante sua fase larval em suas plantas

hospedeiras, as crotalárias (BEZZERIDES et al. 2004). Outras espécies que realizam interações bastante parecidas a essa, são as espécies de *Danaus*, conhecidas por se alimentarem de *Asclepias curassavica* L. durante sua fase larval (BECCALONI, 2008), uma planta que produz cardioglicosídeos como metabólitos secundários, compostos responsáveis por conferir impalatabilidade ao lepidóptero (BOPPRÉ, 1978^a). Neste estudo, observou-se que além de atuar como planta hospedeira para as borboletas do gênero *Danaus*, *A. curassavica* também foi uma das plantas visitadas por *Danaus erippus* (Cramer, 1775), que pode atuar como um de seus polinizadores. Ainda sobre farmacofagia, outra espécie botânica que exibiu relação estreita com lepidópteros de subfamílias conhecidas por realizar sequestros de alcalóides, especificamente Ithomiinae e Arctiinae que realizam sequestro de alcalóides (BROWN JR., 1984^a; ZASPEL, 2014), foi *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass., planta que produz os compostos alcalóides sequestrados para conferir impalatabilidade e também participar na produção dos hormônios responsáveis por atrair as fêmeas durante a corte (BROWN JR., 1984^a).

3.5 CENÁRIOS DE EXTINÇÃO

A partir dos dados da rede, foram construídas três curvas de extinção secundárias de espécies, que mostram o número de espécies de visitantes que desapareciam da rede em função da remoção das espécies de plantas (Figuras 14, 15 e 16). No primeiro cenário, em que as plantas foram retiradas de forma aleatória, observa-se uma redução gradual do número de visitantes (Figura 14; $E_a=2.06717$). Esse padrão de tolerância de redes randomizadas a extinções secundárias já havia sido observado por Memmott (2004). Já no segundo cenário, inicialmente a curva se mantém quase inalterada, mas logo observa-se o desaparecimento abrupto de uma grande quantidade de visitantes (Figura 15; $E_b=22,47994$). Por último, no terceiro cenário de extinção, é destacada a importância das plantas com valores mais altos de grau, para a estabilidade da rede (Figura 16). Esse resultado difere do obtido por Memmott (2004) e deve estar relacionado com a topologia aninhada da rede, na qual a ocorrência das espécies com número reduzido de registros e interações é garantida pela presença de espécies vegetais generalistas (BASCOMPTE; JORDANO, 2006). Portanto, com a remoção dessas espécies, a baixa conectância

da rede e a abundância de visitantes que interagiram com apenas uma espécie vegetal também contribuem para essa diminuição mais acentuada ($E_c = 0,36996$). A rede, é como um sistema do tipo *free-scale* com uma distribuição do grau (k) que segue a lei de potência, ou seja, apresentam uma grande quantidade de nós com poucos *links* e uma pequena quantidade de nós com muitos *links*. Essa propriedade confere redundância e robustez à rede, uma vez que a chance de um nó com poucas interações ser afetado é muito maior que a de um nó com muitas interações ser afetado. Entretanto, isso também deixa a rede mais vulnerável frente à remoção dos poucos nós com muitos *links*, que sustentam a conectividade da rede. Portanto, a retirada desses nós tem como consequência alterações drásticas na topologia da rede e afeta significativamente a conectividade entre os nós remanescentes (ALBERT; JEONG; BARABÁSI, 2000).

FIGURA 14: CENÁRIO DE EXTINÇÃO LOCAL DE ESPÉCIES DE PLANTA COM O MÉTODO RANDOM

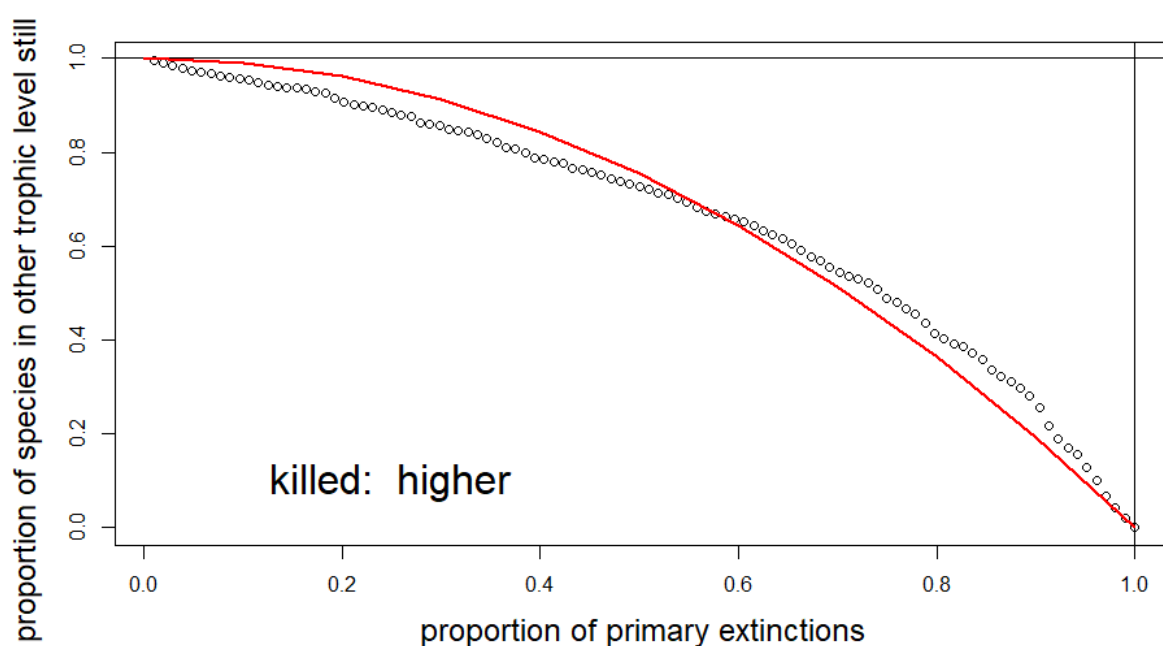


FIGURA 15: CENÁRIO DE EXTINÇÃO LOCAL DE ESPÉCIES DE PLANTA COM O MÉTODO *ABUNDANCE*

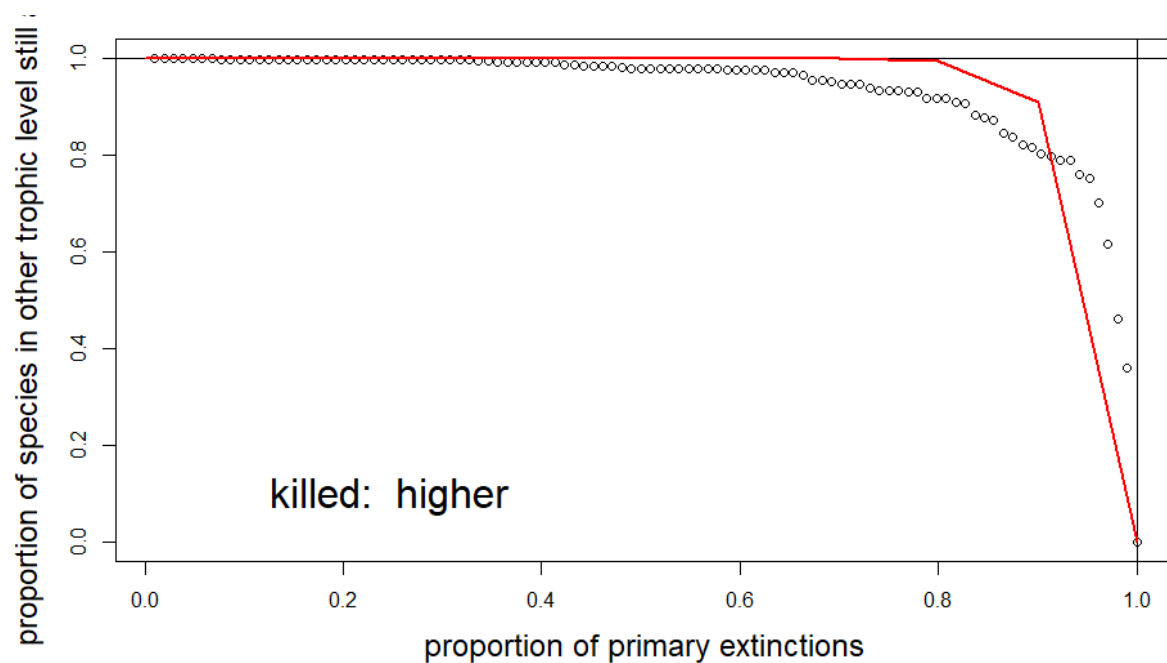
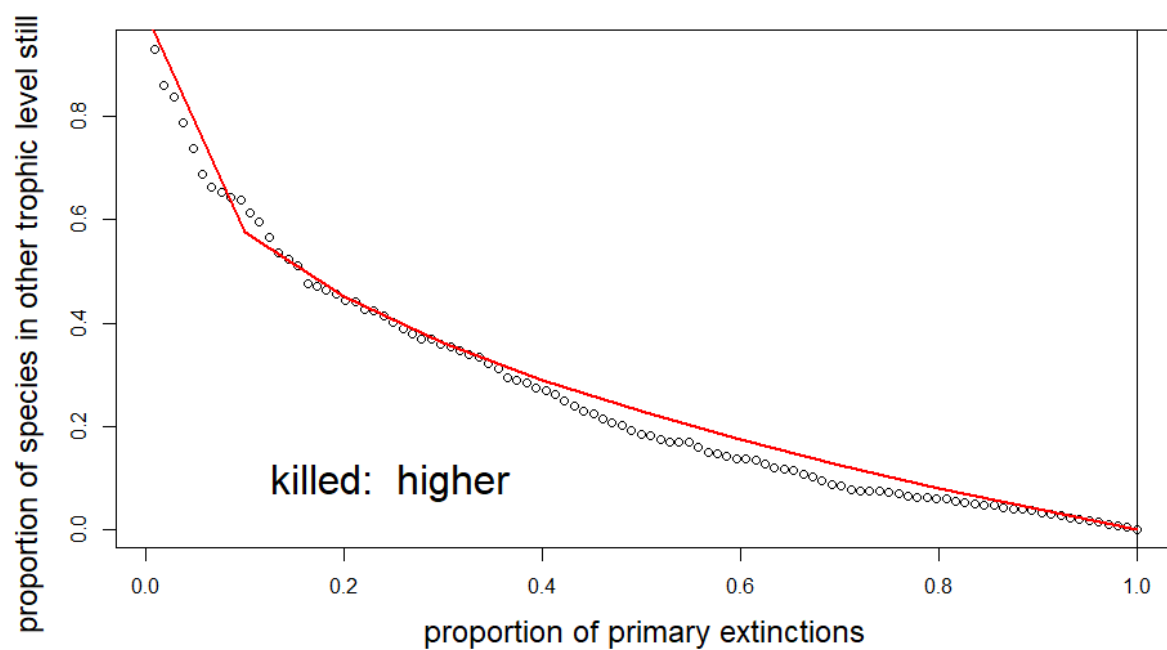


FIGURA 16: CENÁRIO DE EXTINÇÃO LOCAL DE ESPÉCIES DE PLANTAS COM O MÉTODO *DEGREE*



Assim como em Memmott (2004), a partir das análises apresentadas acima, foi confirmada a importância das espécies generalistas para manutenção das redes de interações. Inclusive, neste trabalho os HesperIIDae constituíram um grupo generalista importante (*core pollinator*). Tendo em vista o citado anteriormente, a tendência coevolutiva entre lepidópteros e plantas (FRIBERG et al., 2014; EDGER et al., 2015) e dependência do grupo sobre as espécies vegetais como fonte de alimento tanto na fase adulta, quanto na fase larval (KITAHARA et al., 2008), sendo que a manutenção da riqueza de plantas está associada à riqueza de visitantes (FERRER-PARIS et al., 2013), a identificação das espécies vegetais com maior número de visitantes é importante para subsidiar estratégias de conservação para grupo.

3.6 PLANTAS IMPORTANTES PARA A MANUTENÇÃO DA COMUNIDADE DE LEPIDÓPTEROS VISITANTES FLORAIS

No presente estudo, as três plantas que apresentaram os maiores valores de grau (k) foram: *Bidens alba* (L.) DC., *Vernonanthura beyrichii* (Less.) H. Rob. e *Stachytarpheta cayennensis* L. (TABELA 3). No trabalho do Meijer (2018), *V. beyrichii* (k=137), *B. alba* (k=94) e *S. cayennensis* (k=31) também estão entre as 10 espécies de plantas mais visitadas por lepidópteros. Assim como em Donatti (2010), as plantas herbáceas apresentaram papel de destaque na manutenção das interações locais com visitantes florais, ofertando recursos em todos os meses do ano. Além disso, o presente estudo também está de acordo com Martínez-Adriano et al. (2018), que observou uma maior riqueza de borboletas em áreas abertas, onde o recurso floral está disponível em maior quantidade. A riqueza de borboletas também tende a ser maior em ambientes naturais levemente perturbados, onde os polinizadores tendem a ser mais generalistas (TAKI; KEVAN, 2007), como foi observado.

TABELA 3: ESPÉCIES DE PLANTAS QUE INTERAGIRAM COM O MAIOR NÚMERO DE ESPÉCIES DE LEPIDÓPTEROS VISITANTES FLORAIS

Espécie	Grau (k)
<i>Bidens alba</i>	111
<i>Vernonanthura beyrichii</i>	85
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	63
<i>Lochroma arborescens</i>	57
<i>Stachytarpheta maximiliani</i>	53
<i>Raphanus raphanistrum</i>	49
<i>Sphagneticola trilobata</i>	35
<i>Celosia argentea</i> (Morfotipo 1)	34
<i>Tithonia diversifolia</i>	34
<i>Tithonia rotundifolia</i>	34

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante 35 meses de coleta ativa de lepidópteros com rede entomológica, foram registradas 309 espécies de visitantes florais em duas propriedades rurais em Morretes (PR). Destas espécies, 258 são de borboletas, distribuídas em seis famílias, e as demais são mariposas, distribuídas em 11 famílias. A família com maior abundância e riqueza foi Hesperiidae ($n=162$), podendo atuar como um importante agente polinizador para as espécies de plantas da região. Os meses de fevereiro a junho apresentaram maior abundância de visitantes, caracterizando o padrão fenológico da visitação floral. Buscou-se amostrar o maior número possível de espécies, de todas as formas de vida, tanto nativas quanto exóticas, cultivadas ou não. No total, foram amostradas 279 espécies botânicas, das quais 104 apresentaram interações com borboletas e mariposas diurnas. A partir desses dados, foi construída uma rede de interações visitantes florais-plantas, que apresentou 1131 interações distintas. A rede exibiu baixa conectância, padrão significativamente aninhado, ausência de módulos significativos e especialização média, topologia comum em redes de polinização. Por meio dos cenários de extinção, foi possível observar a importância das espécies vegetais que interagem com maior número de espécies de lepidópteros para a manutenção da diversidade desses visitantes florais. Apesar do comportamento generalista dos visitantes, *B. alba*, *S. cayennensis* e *V. beyrichii* - espécies de plantas nativas, de diversas formas de vida e com ampla distribuição geográfica, incluindo diversos tipos de vegetação - exercem um papel de destaque nessa comunidade. Portanto, estas espécies podem ser utilizadas em programas de conservação da biodiversidade e restauração ecológica na Mata Atlântica, com foco na manutenção de polinizadores, inclusive em ambientes antropizados e áreas produtivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, R.; JEONG, H.; BARABÁSI, A. L. Error and tolerance of complex networks. **Nature**, v. 406, p. 378-382, 2000.
- ALMEIDA-NETO, M.; GUIMARÃES, P.; GUIMARÃES JR., P.R.; LOYOLA, R.D.; ULRICH, W. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. **Oikos**. v. 117, p. 1227-1239, 2008.
- AMARAL, L.A.N.; OTTIMO, J. M. Complex Networks: Augmenting the framework for the study of complex systems. **The European Physical Journal B**, v. 38, p.147-162, 2004.
- ARAÚJO, L. D. A. de; QUIRINO, Z. G. M; MACHADO, I. C. Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinização de *Allamanda blanchetii*, uma Apocynaceae endêmica da Caatinga. **Brazilian Journal of Botany**. v. 34, p. 211-222, 2011.
- AVELINO, A. S. **Biologia reprodutiva de *Lychnophora ericoides* Mart. (Asteraceae: Vernonieae)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília.
- BAUDER, J.A.S.; WARREN, A.D.; KRENN, H.W. The ecological role of extremely long-proboscid Neotropical butterflies (Lepidoptera: HesperIIDae) in plant-pollinator networks. **Arthropod-Plant Interactions**. v. 9, p. 415-424, 2015.
- BAWA, K. Plant-Pollinator Interactions In Tropical Rain Forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 21, p. 399-422, 1990.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIAN, C.; OLESEN, J. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 100, p. 9383-9387, 2003.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P. Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. v. 38, 2006.
- BALLANTYNE, G.; BALDOCK, K. C. R.; WILLMER, P. G. Constructing more informative plant–pollinator networks: visitation and pollen deposition networks in a heathland plant community. **Proc. R. Soc. B**. 2015.
- BENADI, G.; BLÜTHGEN, N.; HOVESTADT, T.; POETHKE, H-J. When Can Plant-Pollinator Interactions Promote Plant Diversity?. **The American Naturalist**. v. 182, p. 131-146, 2013.
- BEZERRA, E. L. de S.; MACHADO, I. C. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**. v. 17, p. 247-257, 2003.

BEZZERIDES, A.; YONG, T-H.; BEZZERIDES, J.; HUSSEINI, J.; LADAU, J.; EISNER, M.; EISNER, T. Plantderived pyrrolizidine alkaloid protects eggs of a moth (*Utetheisa ornatrix*) against a parasitoid wasp (*Trichogramma ostrinae*). **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. 2004.

BFG: THE BRAZIL FLORA GROUP. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**. v. 66, p. 1-29, 2015.

BLÜTHGEN, N.; MENZEL, F.; BLÜTHGEN, N. Measuring specialization in species interaction networks. **BMC Ecol**. v. 6, 2006.

BLÜTHGEN, N.; FRÜND, J.; VÁZQUEZ, D.P.; MENZEL, F. What do interaction network metrics tell us about specialization and biological traits. **Ecology**. v 89, p. 3387-3399, 2008.

BLÜTHGEN, N.; KLEIN, A. Functional complementarity and specialisation: The role of biodiversity in plant– pollinator interactions. **Basic and Applied Ecology**. v. 12, p. 282-291, 2011.

BONEBRAKE, T.C.; PONISIO, L. C.; BOGGS, C. L.; EHRLICH, P. R. More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation. **Biological Conservation**. v. 143, p. 1831-1841, 2010.

BREHM, G.; FIEDLER, K. Ordinating tropical moth ensembles from an elevational gradient: a comparison of common methods. **Journal of Tropical Ecology**. v. 20, p. 165-172, 2004.

BROWN JR, K. S. Adult-obtained pyrrolizidine alkaloids defend *Ithomiinae* butterflies against a spider predator. **Nature**, v. 309, p. 707-709. 1984a.

BROWN JR., K. S. Conservation of Neotropical environments: insects as indicators. In: COLLINS, N. M.; THOMAS, J. A. (ed.). **The conservation of insects and their habitats**. London: Academic Press, 1991. p. 349-404.

BROWN JR., K. S. Diversity of Brazilian Lepidoptera: History of study, methods for measurements, and use as indicators for genetic, specific and system richness. In: BICUDO, C. E. M.; MENEZES, N. A. (ed.). **Biodiversity in Brazil: a first approach**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1996. p. 221-253.

BROWN JR., K. S. Geological, evolutionary and ecological bases of the diversification of Neotropical butterflies: implications for conservation. In: BERMINGHAM, E.; DICK, C. W.; MORITZ, C. (ed.). **Tropical rainforests: Past, Present and Future**. Chicago, University of Chicago Press, 2005. p. 166-201.

BROWN JR., K. S.; FREITAS, A. V. L. Lepidoptera. In: BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M. (ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do Conhecimento ao Final do Século XX**. São Paulo: FAPESP, 1999. p. 225-243.

BROWN JR., K. S.; FREITAS, A. V. L. Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**. Nova Série, v. 11, p. 71-116, 2000a.

BROWN JR., K. S.; FREITAS, A. V. L. Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. **Biotropica**. v 32, p. 934-956, 2000b.

BUCHMANN, S. L. Buzz pollination in angiosperms. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (ed.) **Handbook of Experimental Pollination**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. p.73-113.

BURGOS, E.; CEVA, H.; PERAZZO, R. P.; DEVOTO, M.; MEDAN, D.; ZIMMERMANN, M.; DELBUE, M. A. Why nestedness in mutualistic networks?. **J Theor Biol**. v. 249, p. 307-313, 2007.

CAMARGO, A. J. A.; CAMARGO, W. R. F. de; CORRÊA, D. C. V.; VILELA, M. F.; AMORIM, F. W. **Mariposas polinizadoras do Cerrado: identificação, distribuição, importância e conservação-Família Sphingidae (Insecta – Lepidoptera)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2018. 125 p.

CARNEIRO, E.; **Lepidoptera in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.ibri.gov.br/fauna/faunadobrasil/84>>. Acesso em: 16 Fev. 2023

CASAGRANDE, M. M.; MIELKE, O. H. H. Larvas de quarto e quinto estádios e pupa de *Dasyophthalma creusa creusa* (Hübner) (Lepidoptera, Nymphalidae, Brassolinae). **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 20, p. 157-160, 2003.

CHAO, A.; JOST, L. Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. **Ecology**. v. 93, p. 2533-2547, 2012.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philos Trans R Soc London B-Biol Sci**. v. 345, p. 101-118, 1994.

DANIELI-SILVA, A.; SOUZA, J. M.; DONATTI, A.; CAMPOS, R.; VICENTE-SILVA, J.; FREITAS, L.; VARASSIN, I. Do pollination syndromes cause modularity and predict interactions in a pollination network in tropical high- altitude grasslands?. **Oikos**. v. 121, p. 35-43, 2012.

DE VRIES, P. J. **The Butterflies of Costa Rica and their Natural History. Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae**. Princeton University Press. 1987.

DONATTI, A. J. **Como estão organizadas as redes de interações de visitação floral em áreas de restauração de floresta atlântica?**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2011.

DORMANN, C.; GRUBER, B.; FRÜND, J. Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. **R News**. 2008.

DUNNE, J. A.; WILLIAMS, R. J.; MARTINEZ, N. D. Food-web structure and network theory: The role of connectance and size. **Proc Natl Acad Sci USA**. v. 99, p. 12917-12922, 2002.

DUNN, R. R.; HARRIS, N. C.; COLWELL, R. K.; KOH, L. P.; SODHI N. S. The sixth mass coextinction: are most endangered species parasites and mutualists? **Proc. R. Soc. B**. v. 276, p. 3037-3045, 2009.

EDGER, P. et al. The butterfly plant arms-race escalated by gene and genome duplications. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 112, 2015.

ESTRADA, E. Food webs robustness to biodiversity loss: the roles of connectance, expansibility and degree distribution. **Journal of Theoretical Biology**. v. 244, p. 296-307, 2007.

FAEGRI, K.; PIJL, V. D.L. **Principles of Pollination Ecology**. [online] Elsevier, 2013. ed.3, p. 256.

FENSTER, C.; ARMBRUSTER, W.; WILSON, P.; DUDASH, M.; THOMSON, J. Pollination Syndromes and Floral Specialization. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** v. 12, p. 375-403, 2004.

FREITAS, A. V. L. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre as borboletas. **Biota Neotropica**. v. 10, p. 53-57, 2010.

FRIBERG, M.; SCHWIND, C.; ROARK, L. C.; RAGUSO, R. A.; THOMPSON, J. N. Floral scent contributes to interaction specificity in coevolving plants and their insect pollinators. **Journal of Chemical Ecology**. v. 40, p. 955-965, 2014.

FERRER-PARIS, J.; SANCHEZ-MERCADO, A. D. A.; RODRÍGUEZ-CLARK, K.; RODRÍGUEZ, J.; RODRÍGUEZ, G. Using limited data to detect changes in species distributions: Insights from Amazon parrots in Venezuela. **Biological Conservation**. 2013.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>

GOTELLI, N.; COLWELL, R. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**. v. 4, p. 379-391, 2001.

HARDY, P. B.; SPARKS, T. H.; ISAAC, N. J. B.; DENNIS, R. L. H. Specialism for larval and adult consumer resources among British butterflies: implications for conservation. **Biol Conserv**. v. 138, p. 440-452, 2007.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods Ecol Evol**. v. 7, p. 1451-1456, 2016.

ISERHARD, C. A., BROWN JR., K. S.; FREITAS, A. V. L. Maximized sampling of butterflies to detect temporal changes in tropical communities. **Journal of Insect Conservation**. v. 17, p. 615-622, 2013.

ITCG. Formações Fitogeográficas do Paraná. 2009. 1:2.000.000.

JORDANO, P. Patterns of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution. **The American Naturalist**. v. 129, p. 657-677, 1987.

JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. M. Invariant properties in coevolutionary networks of plant–animal interactions. **Ecology Letters**. v. 6, p. 69-81, 2003.

JORDANO, P. Sampling networks of ecological interactions. **Functional Ecology**. v. 30, p. 1883-1893, 2016.

KAISER-BUNBURY, C.; MUFF, S.; MEMMOTT, J.; MÜLLER, C.; CAFLISCH, A. The robustness of pollination networks to the loss of species and interactions: A quantitative approach incorporating pollinator behaviour. **Ecology letters**. v. 13, p. 442-452, 2010.

KEVAN, P.; BAKER, H. Insects as Flower Visitors and Pollinators. **Annual Review of Entomology**. 1983.

KRISTENSEN, N. P.; SCOBLE, M. J.; KARSHOLT, O. Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. In: ZHANG, Q.; SHEAR, W. A. (ed.). Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy. **Zootaxa**, 1668. p. 699-747.

KITAHARA, M.; YUMOTO, M.; KOBAYASHI, T. Relationship of butterfly diversity with nectar plant species richness in and around the Aokigahara primary woodland of Mount Fuji, central Japan. **Biodiversity and Conservation**. v. 17, p. 2713-2734, 2008.

LEVISKI, G.; QUEIROZ-SANTOS, L.; SIEWERT, R.; SALIK, L.; CASAGRANDE, M.; MIELKE, O. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) in a coastal plain area in the state of Paraná, Brazil. **Tropical Lepidoptera Research**. v. 26, p. 62-67, 2016.

MANI, M.S.; SARAVAN, J.M. **Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)**. New Hampshire: Science Publishers, 1999. 166p.

MARTÍNEZ-ADRIANO, C. A.; DÍAZ-CASTELAZO C.; AGUIRRE-JAIMES, A. Flower-mediated plant-butterfly interactions in an heterogenous tropical coastal ecosystem. **PeerJ**. 2018.

MAY, P. Nectar uptake rates and optimal nectar concentrations in two butterfly species. **Oecologia**. v. 66, p. 381-386, 1985.

MEIJER, A. **Cartas da Mata Atlântica – histórias da natureza do litoral paranaense**. Curitiba: edição do autor, 2017.

MELLO, M. A. R.; MARQUITTI, F. M. D.; GUIMARÃES, P. R. Jr; KALKO, E. K. V.; JORDANO, P.; DE AGUIAR, M. A. M. The Missing Part of Seed Dispersal Networks: Structure and Robustness of Bat-Fruit Interactions. **PLoS ONE**. v. 6, 2011.

MEMMOTT, J.; WASER, N. M.; PRICE, M. V. Tolerance of pollination networks to species extinctions. **Proceedings. Biological sciences**. v. 271, 2605-2611, 2004.

MIELKE, O. H. H.; CASAGRANDE, M. M. Borboletas. In: MIKICH, S. B.; BERNILS, R. S. (org.). **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 2004. p. 713-739.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. S. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica**. v. 32, p. 811-823, 2000.

MORELLATO, P.; HADDAD, C. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**. v. 32, 2000.

MYERS, N.; MITTERMIEER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. v. 403, p. 853-858, 2000.

MORENTE-LÓPEZ, J.; LARA-ROMERO, C.; ORNOSA, C.; IRIONDO, J. M. Phenology drives species interactions and modularity in a plant - flower visitor network. **Sci Rep**. v. 8, n. 9386, 2018.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2019.

OKSANEN, J. et al. **Vegan: community ecology package version 2.5-7**. 2020.

OLESEN, J.; BASCOMPTE, J.; DUPONT, Y.; JORDANO, P. The modularity of pollination networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 104, p. 19891-19896, 2007.

OLLERTON, J. WINFREE, R. TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals?. **Oikos**. v. 120, p. 321-326, 2011.

PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. (Org.). **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília: MCTIC, 2016.

PLANO DIRETOR MUNICIPAL (PDM). Morretes. 2008.

POHL, N.; JENNIFER, W. Y. K.; CAMPBELL, D. Butterflies show flower color preferences but not constancy in foraging at four plant species. **Ecological Entomology**. v. 36, p. 290-300, 2011.

POLLARD, E. A Method for Assessing Changes in the Abundance of Butterflies. **Biological Conservation**. v. 12, p. 115-134, 1977.

POLLARD, E.; YATES, T.J. Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation. **Chapman & Hall**. 1993.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <<http://www.Rproject.org/>>

RAFAEL, J.; MELO, G.; DE CARVALHO, C.; CASARI, S.; CONSTANTINO, R. (Org.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2012.

RATHCKE, B.; LACEY, E. Phenological Patterns of Terrestrial Plants. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. v. 16, p. 179-214, 1985.

RENNER, S. S. A Survey of Reproductive Biology in Neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**. v. 76, p. 496-518, 1989.

RENNER, C. G. Molecular Phylogenetics of Melastomataceae and Memecylaceae: Implications for Character Evolution. **American journal of botany**. v. 88, p. 486-498, 2001.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**. v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RIBEIRO, C.; SOUZA, A.; VARASSIN, I. Rede de visita  o floral versus rede de transporte de pólen entre abelhas e plantas na Floresta Atlântica do Sul do Brasil. **Oecologia Australis**. v. 22, p. 463-476, 2018.

RICKLEFS, R. E. (Aut.). **A economia da Natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 6 ed.

ROQUE, N.; TELES, A. M.; NAKAJIMA, J. N. (Aut.) **A família Asteraceae no Brasil: classifica  o e diversidade**. Salvador: EDUFBA, 2017. p. 260.

ROSAS-GUERRERO, V.; AGUILAR, R.; MARTÍN-RODRÍGUEZ, S.; ASHWORTH, L.; LOPEZARAIZA-MIKEL, M.; BASTIDA, J.; QUESADA, M. A quantitative review of pollination syndromes: Do floral traits predict effective pollinators?. **Ecology letters**. v. 17, 2014.

SCHWARTZ, M. D. (ed.). Phenology: An Integrative Environmental Science. Netherlands: **Springer**, 2013. 2 ed. p. 610.

SOUZA, J. M. T. **Redes de poliniza  o em áreas restauradas de floresta atlântica do Sul do Brasil**. 2013. Tese (Doutorado em Ecologia e Conserva  o) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, 2013.

STORK, N. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth?. **Annual Review of Entomology**. v. 63, 2018.

TAKI, H.; KEVAN, P. Does habitat loss affect the community of plants and insects equally in plant-pollinator interactions? Preliminary findings. **Biodiversity and Conservation**. v. 16, p. 3147-3161, 2007.

THIELE, S. C.; MILCHAREK, O.; SANTOS, F. L.; KAMINSKI, L. A. Butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea and Papilionoidea) of Porto Mauá, Upper Paraná Atlantic Forest Ecoregion, Rio Grande do Sul State, Brazil. **Biota Neotropica**. v. 14, p. 1-10, 2014.

TUDOR, O.; DENNIS, R.; GREATOREX-DAVIES, J. N.; SPARKS, T. Flower preferences of woodland butterflies in the UK: Nectaring specialists are species of conservation concern. **Biological Conservation**. v. 119, p. 397-403, 2004.

WAHLBERG, N.; WHEAT, C. W.; PEÑA, C. Timing and Patterns in the Taxonomic Diversification of Lepidoptera (Butterflies and Moths). **PLoS ONE**. v. 8, 2013.

ZASPEL, J. M.; WELLER, S. J.; WARDWELL, C. T.; ZAHIRI, R.; WAHLBERG, N. Phylogeny and evolution of phamacophagy in tiger moths (Lepidoptera: Erebiidae: Arctiinae). **Plos One**, v. 9, e101975. 2014.

APÊNDICE 1 – ESPÉCIES DE LEPIDÓPTEROS

Família	Subfamília	Espécie	Abundância
HESPERIIDAE			1.436
		Hesperiidae sp1	2
		Hesperiidae sp2	1
		Hesperiidae sp3	1
		Hesperiidae sp4	2
		Hesperiidae sp5	1
		Hesperiidae sp6	2
		Hesperiidae sp7	1
		Hesperiidae sp8	3
	Eudaminae		377
		<i>Aguna asander asander</i> (Hewitson, 1867)	3
		<i>Astraptes alardus</i> <i>alardus</i> (Stoll, 1790)	4
		<i>Astraptes cf. fulgurator</i> (Walch, 1775)	4
		<i>Astraptes chiquirensis</i> <i>oenander</i> (Hewitson, 1876)	3
		<i>Astraptes cretatus</i> (Hayward, 1939)	1
		<i>Astraptes enotrus</i> (Stoll, 1781)	6
		<i>Astraptes janeira</i> (Schaus, 1902)	2
		<i>Astraptes naxos</i> (Hewitson, 1867)	1
		<i>Astraptes talus</i> (Cramer, 1777)	8
		<i>Autochton (Autochton)</i> <i>integrifasciata</i> (Mabille, 1891)	1
		<i>Cecropterus (Thorybes)</i> <i>dorantes dorantes</i> (Stoll, 1790)	100
		<i>Cecropterus</i>	13

<i>(Cecropterus) zarex</i> (Hübner, 1818)	
<i>Cecropterus (Murgaria)</i>	2
<i>doryssus albicuspis</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	
<i>Cephise</i> sp.	1
<i>Codattractus</i>	6
<i>(Caudattractus) aminias</i> (Hewitson, 1867)	
<i>Cogia calchas</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	1
<i>Ectomis (Ectomis)</i>	3
<i>ceculus</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	
<i>Epargyreus socus</i>	1
Hübner, [1825]	
<i>Epargyreus</i> sp.	2
<i>Oechydrus evelinda</i> (A. Butler, 1870)	1
<i>Phanus australis</i> Miller, 1965	10
<i>Phocides metrododus</i>	1
Bell, 1932	
<i>Polygonus leo pallida</i>	2
Röber, 1925	
<i>Polygonus savigny</i>	8
<i>savigny</i> (Latreille, 1824)	
<i>Spathilepia clonius</i>	1
(Cramer, 1775)	
<i>Spicauda procne</i> (Plötz, 1880)	52
<i>Spicauda simplicius</i>	76
(Stoll, 1790)	
<i>Spicauda teleus</i>	37
(Hübner, 1821)	
<i>Udranomia kikkawai</i>	6

	(Weeks, 1906)	
	<i>Urbanus (Urbanoides)</i>	5
	<i>esta</i> Evans, 1952	
	<i>Urbanus (Urbanus)</i>	5
	<i>pronta</i> Evans, 1952	
	<i>Urbanus (Urbanus)</i>	11
	<i>proteus</i> (Linnaeus, 1758)	
Pyrginae		184
	<i>Achlyodes busirus rioja</i>	2
	Evans, 1953	
	<i>Achlyodes mithridates</i>	4
	<i>thraso</i> (Hübner, 1807)	
	<i>Anastrus sempiternus</i>	18
	<i>simplicior</i> (Möschler, 1877)	
	<i>Anastrus</i> sp.	14
	<i>Burnsius orcus</i> (Stoll,	19
	1780)	
	<i>Camptopleura janthinus</i>	1
	(Capronnier, 1874)	
	<i>Chiomara mithrax</i>	4
	(Möschler, 1879)	
	<i>Cyclosemia</i> sp.	4
	<i>Gindanes brebisson</i>	1
	(Latreille, [1824])	
	<i>Gorgythion begga</i>	5
	<i>begga</i> (Prittwitz, 1868)	
	<i>Gorgythion beggina</i>	1
	(Mabille, 1898)	
	<i>Gorgythion</i> sp. nov.	2
	<i>Helias phalaenoides</i>	13
	<i>palpalis</i> (Latreille, 1824)	
	<i>Helioptes (Helioptes)</i>	12
	<i>alana</i> (Reakirt, 1868)	
	<i>Helioptes</i>	1
	(<i>Leucoscirtes</i>) <i>omrina</i> (Butler,	
	1870)	

	<i>Mylon maimon</i>	8
	(Fabricius, 1775)	
	<i>Nisoniades bipuncta</i>	3
	(Schaus, 1902)	
	<i>Nisoniades macarius</i>	2
	(Herrich-Schäffer, 1870)	
	<i>Pellicia</i> sp. nov.	1
	<i>Pythonides lancea</i>	3
	(Hewitson, 1868)	
	<i>Quadrus cerialis</i> (Stoll,	10
	1872)	
	<i>Sostrata bifasciata</i>	8
	<i>bifasciata</i> (Ménéstriés, 1829)	
	<i>Staphylus incisus</i>	1
	(Mabille, 1878)	
	<i>Trina geometrina</i>	6
	<i>geometrina</i> (Felder & Felder,	
	1867)	
	<i>Typhedanus aziris</i>	5
	(Hewitson, 1867)	
	<i>Xenophanes tryxus</i>	13
	(Stoll, 1780)	
	<i>Zera tetrastigma</i>	7
	<i>erisichton</i> (Plötz, 1884)	
	Erynnini sp1	7
	Erynnini sp2	1
	Erynnini sp3	2
	Erynnini sp4	1
	Erynnini sp5	1
	Erynnini sp6	3
	Erynnini sp7	1
Pyrrhopyginae		1
	<i>Passova polemon</i>	1
	(Hopffer, 1874)	
Hesperiinae		861
	<i>Anthoptus Epictetus</i>	39

(Fabricius, 1793)	
<i>Arita arita</i> (Schaus, 1902)	4
<i>Artines aquilina</i> (Plötz, 1882)	1
<i>Callimormus corades</i> (Felder, 1862)	29
<i>Callimormus interpunctata</i> (Plötz, 1884)	1
<i>Carystoides basoches</i> (Latreille, 1824)	2
<i>Cobalopsis catocala</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	2
<i>Cobalopsis miaba</i> (Schaus, 1902)	1
<i>Corticea lysias potex</i> Evans, 1955	43
<i>Corticea</i> sp1	4
<i>Corticea</i> sp2	2
<i>Corticea</i> sp3	3
<i>Cymaenes gisca</i> Evans, 1955	12
<i>Cymaenes lepta</i> (Hayward, 1939)	21
<i>Cymaenes uruba uruba</i> (Plötz, 1886)	20
<i>Cymaenes</i> sp.	2
<i>Cynea trimaculata</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	5
<i>Damas clavus</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	27
<i>Decinea decinea antus</i> (Mabille, 1895)	1
<i>Ebusus ebusus ebusus</i> (Cramer, 1780)	15
<i>Euphyes leptosema</i>	2

(Mabille, 1891)	
<i>Eutychide olympia</i>	6
(Plötz, 1882)	
<i>Eutychide physcella</i>	1
Hewitson, 1866	
<i>Hylephila phyleus</i>	13
<i>phyleus</i> (Drury, 1773)	
<i>Justinia justinianus</i>	2
<i>justinianus</i> (Latreille, 1824)	
<i>Lamponia elegantula</i>	1
(Herrich-Shäffer, 1869)	
<i>Lerodea eufala eufala</i>	5
(Edwards, 1869)	
<i>Lycas argentea</i>	24
(Hewitson, 1866)	
<i>Lychnucus celsus</i>	1
(Fabricius, 1793)	
<i>Methionopsis ina</i> (Plötz, 1882)	2
<i>Mielkeus diana diana</i>	1
(Plötz, 1886)	
<i>Miltomiges</i>	2
<i>cinnamomea</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	
<i>Mnestheus</i> sp.	4
<i>Moeris striga</i> (Geyer, 1832)	2
<i>Morys geisa geisa</i>	1
(Möschler, 1879)	
<i>Mucia zygia</i> (Plötz, 1886)	2
<i>Naevolus orius orius</i>	16
(Mabille, 1883)	
<i>Neoxeniades scipio</i>	2
(Fabricius, 1793)	
<i>Nyctelius nyctelius</i>	21

<i>nyctelius</i> (Latreille, 1824)	
<i>Onophas columbaria</i>	4
(Herrich-Schäffer, 1870)	
<i>Orses cynisca</i>	1
(Swainson, 1821)	
<i>Oxyntes corusca</i>	1
(Herrich-Schäffer, 1869)	
<i>Panoquina fusina viola</i>	1
Evans, 1955	
<i>Panoquina hecebolus</i>	91
(Scudder, 1872)	
<i>Panoquina lucas</i>	28
(Fabricius, 1973)	
<i>Panoquina ocola ocola</i>	99
(Edwards, 1863)	
<i>Papias subcostulata</i>	4
(Herrich-Schäffer, 1870)	
<i>Paracarystus hypargyra</i>	2
(Herrich-Schäffer, 1869)	
<i>Paracarystus</i>	1
<i>menestries menestries</i>	
(Latreille, 1824)	
<i>Parphorus pseudecorus</i>	1
(Hayward, 1934)	
<i>Perichares lotus</i> (Butler,	1
1870)	
<i>Perichares philetes</i>	8
<i>aurina</i> Evans, 1955	
<i>Perichares seneca</i>	1
<i>seneca</i> (Latreille, 1824)	
<i>Perichares</i> sp.	1
<i>Pheraeus fastus</i>	2
(Hayward, 1939)	
<i>Polites premnas</i>	3
(Wallengren, 1860)	
<i>Pompeius pompeius</i>	125

(Latreille, 1824)	
<i>Saliana esperi esperi</i>	15
Evans, 1955	
<i>Saliana saladin catha</i>	8
Evans, 1955	
<i>Saliana</i> sp.	3
<i>Saturnus reticulata</i>	4
(Plötz, 1883)	
<i>Sodalia coler</i> (Schaus,	3
1902)	
<i>Sodalia dimassa</i>	1
(Hewitson, 1876)	
<i>Thracides</i> sp.	1
<i>Tirynthia conflua</i>	1
(Herrich-Schäffer, 1869)	
<i>Vehilius celeus</i>	3
(Mabille, 1891)	
<i>Vehilius inca</i> (Scudder,	1
1872)	
<i>Vehilius stictomenes</i>	60
<i>stictomenes</i> (Butler, 1877)	
<i>Vettius phyllus</i> (Cramer,	1
1777)	
<i>Virga austrinus</i>	2
(Hayward, 1934)	
<i>Zenis jebus</i> (Plötz,	1
1882)	
<i>Moncini</i> sp1	2
<i>Moncini</i> sp2	1
<i>Moncini</i> sp3	2
<i>Moncini</i> sp5	4
<i>Moncini</i> sp6	1
<i>Moncini</i> sp7	1
<i>Moncini</i> sp8	1
<i>Moncini</i> sp9	7
<i>Moncini</i> sp10	1

	<i>Moncini</i> sp11	15
	<i>Moncini</i> sp12	1
	<i>Moncini</i> sp13	2
	<i>Moncini</i> sp14	1
	<i>Moncini</i> sp15	1
	<i>Moncini</i> sp16	1
NYMPHALIDAE		
Danainae		
	<i>Danaus erippus</i>	10
	(Cramer, 1775)	
	<i>Danaus gilippus</i>	1
	<i>gilippus</i> (Cramer, 1775)	
	<i>Lycorea halia discrete</i>	7
	Haensch, 1909	
Ithomiinae		
	<i>Aeria olena</i> Weymer,	4
	1875	
	<i>Callithomia lenea</i>	8
	<i>methonella</i> (Weymer, 1875)	
	<i>Dircenna dero dero</i>	12
	(Hübner, 1823)	
	<i>Episcada carcinia</i>	5
	Schaus, 1902	
	<i>Episcada clausina</i>	4
	<i>striposis</i> Haensch, 1909	
	<i>Episcada hymenaea</i>	3
	<i>hymenaea</i> (Prittwitz, 1865)	
	<i>Epityches eupompe</i>	1
	(Geyer, 1832)	
	<i>Hypothyris</i> sp.	1
	<i>Ithomia agnosia zikani</i>	51
	d'Almeida, 1940	
	<i>Ithomia drymo</i> Hübner,	8
	1816	
	<i>Mechanitis lysimnia</i>	17
	<i>lysimnia</i> (Fabricius, 1793)	

	<i>Melinaea ludovica</i>	3
	(Cramer, 1780)	
	<i>Placidina euryanassa</i>	49
	(Felder & Felder, 1860)	
	<i>Pseudoscada acilla</i>	1
	<i>quadrifasciata</i> Talbot, 1928	
	<i>Thyridia psidii cetoides</i>	1
	(Rosenberg & Talbot, 1914)	
	Ithomiini sp1	1
	Ithomiini sp2	1
Heliconiinae		
	<i>Actinote carycina</i>	25
	Jordan, 1913	
	<i>Actinote melanisans</i>	31
	Oberthür, 1917	
	<i>Agraulis vanilla</i>	4
	<i>maculosa</i> (Stichel, 1908)	
	<i>Dione junio junio</i>	29
	(Cramer, 1779)	
	<i>Dryas iulia alcionea</i>	39
	(Cramer, 1779)	
	<i>Eueides isabella</i>	5
	<i>dianasa</i> (Hübner, 1806)	
	<i>Heliconius besckei</i>	1
	(Ménéstriés, 1857)	
	<i>Heliconius erato phyllis</i>	16
	(Fabricius, 1775)	
	<i>Heliconius ethilla</i>	23
	<i>narcaea</i> (Godart, 1819)	
	<i>Heliconius sara</i>	19
	<i>apseudes</i> (Hübner, 1813)	
Limenitidinae		
	<i>Adelpha mythra</i>	6
	(Godart, 1824)	
	<i>Adelpha serpa serpa</i>	1
	(Boisduval, 1836)	

	<i>Adelpha syma</i> (Godart, 1824)	1
Nymphalinae		
	<i>Anartia amathea</i> <i>roeselia</i> (Eschscholtz, 1821)	114
	<i>Anartia jatrophae</i> <i>jatrophae</i> (Linnaeus, 1763)	7
	<i>Chlosyne lacinia</i> <i>saundersi</i> (Doubleday, 1847)	49
	<i>Eresia lansdorfi</i> (Godart, 1819)	11
	<i>Eresia perna perna</i> Hewitson, 1852	6
	<i>Hypanartia bella</i> (Fabricius, 1793)	15
	<i>Hypanartia lethe</i> (Fabricius, 1793)	4
	<i>Junonia evarete</i> <i>evarete</i> (Cramer, 1779)	14
	<i>Siproeta stelenes</i> <i>stelenes</i> (Linnaeus, 1758)	1
	<i>Tegosa claudina</i> (Eschscholtz, 1821)	7
	<i>Telenassa teletusa</i> <i>teletusa</i> (Godart, 1824)	5
	<i>Vanessa braziliensis</i> (Moore, 1883)	12
Satyrinae		
	<i>Hermeuptychia</i> spp.	48
	<i>Moneuptychia soter</i> (Butler, 1877)	1
	<i>Pareuptychia</i> <i>summandosa</i> (Gosse, 1880)	1
PAPILIONIDAE		
Papilioninae		
	<i>Battus polystictus</i>	6

PIERIDAE

Dismorphiinae

<i>polystictus</i> (Butler, 1874)	
<i>Heraclides anchisiades</i>	1
<i>capys</i> (Hübner, 1809)	
<i>Heraclides astyalus</i>	1
<i>astyalus</i> (Godart, 1819)	
<i>Heraclides thoas</i>	5
<i>braziliensis</i> (Rothschild & Jordan, 1906)	

Coliadinae

<i>Dismorphia amphione</i>	2
<i>astynome</i> (Dalman, 1823)	
<i>Dismorphia astyocha</i>	1
(Hübner, 1831)	
<i>Enantia lina psamathe</i>	4
(Fabricius, 1793)	
<i>Anteos menippe</i>	20
(Hübner, 1818)	
<i>Aphrissa statira statira</i>	2
(Cramer, 1777)	
<i>Eurema albula albula</i>	3
(Cramer, 1775)	
<i>Eurema elathea</i>	4
<i>flavescens</i> (Chavannes, 1850)	
<i>Leucidia elvina</i> (Godart, 1819)	1
<i>Phoebis argante</i>	11
<i>argante</i> (Fabricius, 1775)	
<i>Phoebis marcellina</i>	8
(Cramer, 1777)	
<i>Phoebis philea philea</i>	35
(Linnaeus, 1763)	
<i>Phoebis trite banksi</i>	2
(Breyer, 1939)	
<i>Pyrisitia nise tenella</i>	8

	(Boisduval, 1836)	
Pierinae		
	<i>Archonias brassolis</i>	10
	<i>tereas</i> (Godart, 1819)	
	<i>Ascia monuste orseis</i>	4
	(Godart, 1819)	
	<i>Hesperocharis</i>	5
	<i>paranensis paranensis</i>	
	Schaus, 1898	
	<i>Melete lycimnia</i>	8
	<i>petronia</i> Fruhstorfer, 1907	
	<i>Melete</i> sp.	2
	<i>Pereute swainsoni</i>	2
	(Gray, 1832)	
LYCAENIDAE		
	Lycaenidae sp1	1
	Lycaenidae sp2	1
Theclinae		
	<i>Arawacus ellida</i>	1
	(Hewitson, 1867)	
	<i>Calycopis</i> sp.	1
	<i>Chlorostrymon</i>	2
	<i>simaethis</i> (Drury, 1773)	
	<i>Cyanophrys herodotus</i>	2
	(Fabricius, 1793)	
	<i>Ministrymon azia</i>	13
	(Hewitson, 1873)	
	<i>Pseudolycaena</i>	7
	<i>marsyas</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Rekoa meton</i> (Cramer,	3
	1779)	
	<i>Rekoa palegon</i>	4
	(Cramer, 1780)	
	<i>Rekoa stagira</i>	1
	(Hewitson, 1867)	
	<i>Strymon bazochii</i>	2

	(Godart, 1824)	
	<i>Strymon mulucha</i>	1
	(Hewitson, 1868)	
	<i>Strymon ziba</i>	5
	(Hewitson, 1868)	
	<i>Strymon</i> sp.	1
	<i>Theritas hemon</i>	2
	(Cramer, 1775)	
Polyommatainae		
	<i>Hemiargus hanno</i>	2
	<i>hanno</i> (Stoll, 1790)	
	<i>Leptotes cassius</i>	22
	<i>cassius</i> (Cramer, 1775)	
	<i>Zizula cyna</i> Edwards,	1
	1881	
RIODINIDAE		
Riodininae		
	<i>Adelotypa</i> sp.	2
	<i>Ancyluris aulestes</i>	5
	<i>pandama</i> (Saunders, 1850)	
	<i>Emesis (Emesis)</i>	4
	<i>fatimella fatimella</i> Westwood,	
	1851	
	<i>Emesis (Mandania)</i>	2
	<i>mandana mandana</i> (Cramer,	
	1780)	
	<i>Eurybia molochina</i>	1
	<i>molochina</i> Stichel, 1910	
	<i>Eurybia pargea</i> (Geyer,	1
	1832)	
	<i>Nymphidium</i> sp.	1
	<i>Periplacis felsina</i>	16
	(Hewitson, 1863)	
	<i>Pheles atricolor</i>	3
	<i>atricolor</i> (Butler, 1871)	
	<i>Rhetus periander</i>	1

		<i>eleusinus</i> Stichel, 1910	
		<i>Syrmatia nyx</i> (Hübner, 1817)	1
CASTNIIDAE			
	Castniinae		
		<i>Geyeria decussata</i> Godart, 1824	1
		<i>Synpalamides phalaris</i> (Fabricius, 1793)	1
CRAMBIDAE			
	Pyraustinae		
		<i>Spoladea recurvalis</i> (Fabricius, 1775)	2
		<i>Syngamia florella</i> (Cramer, 1781)	6
	Spilomelinae		
		Spilomelinae sp1	1
		Spilomelinae sp2	1
		Spilomelinae sp3	1
EREBIDAE			
		Erebidae sp1	1
		Erebidae sp2	2
		Erebidae sp3	1
		Erebidae sp4	1
	Arctiinae		
		<i>Aclytia heber</i> (Cramer, 1780)	1
		<i>Agyrta</i> sp.	5
		<i>Callopepla emarginata</i> (Walker, 1854)	6
		<i>Coreura fida</i> (Hübner, 1827)	2
		<i>Ctenucha braganza</i> (Schaus, 1892)	7
		<i>Ctenucha mortia</i> Schaus, 1901	1

	<i>Dinia eagrus</i> (Cramer, 1779)	5
	<i>Erruca</i> sp.	1
	<i>Euagra azurea</i> (Walker, 1854)	4
	<i>Euagra coelestina</i> (Cramer, 1781)	2
	<i>Haemanota rubriceps</i> Hampson, 1901	9
	<i>Macrocneme</i> sp1	2
	<i>Macrocneme</i> sp2	3
	<i>Myrmecopsis</i> <i>ichneumonea</i> (Herrich- Schäffer, 1854)	3
	<i>Phoenicoprocta teda</i> (Walker, 1854)	2
	<i>Psilopleura albipes</i> Draudt, 1915	1
	<i>Riccia</i> sp.	2
	<i>Saurita tipulina</i> (Hübner, 1812)	3
	<i>Saurita</i> sp.	1
	<i>Tipulodes ima</i> Boisduval, 1832	5
	<i>Trichura cerberus</i> (Pallas, 1772)	12
	<i>Uranophora</i> sp.	1
	<i>Utetheisa ornatrix</i> (Linnaeus, 1758)	14
Erebinae		
	<i>Euchromalia</i> sp.	1
GEOMETRIDAE		
	Geometridae sp1	1
	Geometridae sp2	2
Ennominae		
	<i>Melanchroia</i> sp.	17

NOCTUIDAE		
	Heliothinae	
	<i>Helicoverpa</i> sp.	1
	Plusiinae	
	<i>Rachiplusia nu</i>	2
	(Guenée, 1852)	
NOTODONTIDAE		
	Dioptinae	
	<i>Phaeochlaena lampra</i>	13
	Proust, 1918	
PLUTELLIDAE		
	<i>Plutella xylostella</i>	1
	(Linnaeus, 1758)	
PTEROPHORIDAE		
	Pterophoridae sp1	1
	Pterophoridae sp2	1
PYRALIDAE		
	Phycitinae	
	Phycitinae sp.	1
SPHINGIDAE		
	Macroglossinae	
	<i>Aellopos ceculus</i>	4
	(Cramer, 1777)	
	<i>Eupyrrhoglossum sagra</i>	1
	(Poey, 1832)	
	<i>Perigonia lusca</i>	1
	(Fabricius, 1777)	
	<i>Xylophanes</i> sp.	1
TORTRICIDAE		
	Tortricidae sp.	1
LEPIDOPTERA		
	Lepidoptera sp1	1

APÊNDICE 2 – ESPÉCIES DE PLANTAS

Família	Espécie	Número de interações
ACANTHACEAE		18
	<i>Hygrophila costata</i> Ness & T. Ness	15
	<i>Justicia carnea</i> Lindl.	2
	<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	1
AMARANTHACEAE		101
	<i>Celosia argentea</i> L. (Morfotipo argentea)	99
	<i>Celosia argentea</i> L. (Morfotipo cristata)	2
ANACARDIACEAE		2
	<i>Mangifera indica</i> L.	2
APOCYNACEAE		
	<i>Asclepias curassavica</i> L.	2
	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) Don	2
ARECACEAE		
	Arecaceae sp.	1
ASTERACEAE		
	<i>Acmella oleracea</i> (L.) R.K.Jansen	1
	<i>Adenostemma brasilianum</i> (Pers.) Cass.	40
	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	69
	<i>Baccharis</i> sp.	21
	<i>Baccharis</i> sp.2	1
	<i>Bidens alba</i> (L.) DC.	467
	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	11

<i>Centratherum punctatum</i>	1
Cass.	
<i>Chrysolaena platensis</i>	12
(Spreng.) H.Rob.	
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	2
(Lam.) H.Rob.	
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	1
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	39
<i>Helianthus annuus</i> L.	11
<i>Mikania micrantha</i> Kunth	33
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	78
<i>Tagetes erecta</i> L.	1
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray.	80
<i>Tithonia rotundifolia</i> (Mill.) S.F.Blake	82
<i>Tridax procumbens</i> L.	11
<i>Vernonanthura beyrichii</i>	245
(Less.) H.Rob.	
<i>Vernonia</i> sp.	20
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	2
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	47
Asteraceae sp1	6
Asteraceae sp2	4
Asteraceae sp3	9
Asteraceae sp4	7
Asteraceae sp5	7
BORAGINACEAE	
<i>Varronia polycephala</i> Lam.	1
(Morfotipo 1)	
<i>Varronia polycephala</i> Lam.	10
(Morfotipo 2)	

BRASSICACEAE

<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	97
---------------------------------	----

BROMELIACEAE

<i>Aechmea cylindrata</i> Lindm.	5
----------------------------------	---

CACTACEAE

<i>Rhipsalis pachyptera</i> Pfeiff.	14
-------------------------------------	----

CARICACEAE

<i>Carica papaya</i> L.	3
-------------------------	---

CONVOLVULACEAE

<i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet	16
-----------------------------------	----

<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	1
-----------------------------	---

<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	3
-----------------------------------	---

<i>Ipomoea quamoclit</i> L.	1
-----------------------------	---

<i>Ipomoea triloba</i> L.	22
---------------------------	----

CUCURBITACEAE

<i>Cucurbita pepo</i> L.	3
--------------------------	---

<i>Luffa cylindrica</i> (L.) M.Roem.	5
--------------------------------------	---

<i>Momordica charantia</i> L.	1
-------------------------------	---

ERICACEAE

<i>Rhododendron indicum</i> var.	19
----------------------------------	----

<i>simsii</i> (Planch.) Maxim.	
--------------------------------	--

EUPHORBIACEAE

<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd.	2
-------------------------------------	---

ex Klotzsch	
-------------	--

<i>Jatropha integerrima</i> Jacq.	1
-----------------------------------	---

FABACEAE

<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	70
---	----

<i>Crotalaria micans</i> Link.	4
--------------------------------	---

<i>Crotalaria retusa</i> L.	18
-----------------------------	----

<i>Crotalaria spectabilis</i> Röth	8
------------------------------------	---

<i>Desmodium uncinatum</i> (Jacq.) DC.	1
---	---

<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	8
<i>Inga marginata</i> Willd.	1
<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	3
<i>Neustanthus phasaeloides</i> (Roxb.) Benth.	2
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	3
HELICONIACEAE	
<i>Heliconia psittacorum</i> L.f.	2
<i>Heliconia</i> sp.	1
LAMIACEAE	
<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.	55
<i>Ocimum basilicum</i> L. (Morfotipo 1)	2
<i>Ocimum basilicum</i> L. (Morfotipo 2)	2
<i>Ocimum basilicum</i> L. (Morfotipo 3)	5
<i>Ocimum basilicum</i> L. (Morfotipo 4)	17
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	9
<i>Plectranthus barbatus</i> Andr.	1
<i>Salvia spendens</i> Sellow ex Nees	6
MALVACEAE	
<i>Abutilon affine</i> (Spreng.) G.Don.	19
<i>Callianthe darwiini</i> (Hook. f.) Donnel	1
<i>Hibiscus mutabilis</i> L.	1
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	1
<i>Sida rhombifolia</i> L.	7

	<i>Urena lobata</i> L.	3
MARANTHACEAE		
	<i>Calathea</i> sp.	3
MELASTOMATACEAE		
	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don.	1
	<i>Heterocentron</i> <i>subtripplinervium</i> (Link & Otto) A. Braun & C.D. Bouché	1
	<i>Pleroma clavatum</i> (Pers.) P.J.F.Guim. & Michelang	1
	<i>Tibouchina</i> sp.	2
MUSACEAE		
	<i>Musa ornata</i> Roxb.	3
MYRTACEAE		
	Myrtaceae sp.	1
ONAGRACEAE		
	<i>Ludwigia octavalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	4
OXALIDACEAE		
	<i>Averrhoa carambola</i> L.	27
	<i>Oxalis</i> sp.	1
PLANTAGINACEAE		
	<i>Russelia equisetiformis</i> Schltdl. & Cham.	1
POACEAE		
	<i>Paspalum conjugatum</i> P.G.Bergius	1
ROSACEAE		
	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	42
	<i>Rubus rosifolius</i> Sm. var. <i>rosifolius</i>	18
RUBIACEAE		

	<i>Ixora coccinea</i> L.	26
	<i>Sabicea villosa</i> Willd. Ex Schult.	7
RUTACEAE		
	<i>Citrus x aurantium</i> L.	3
SALICACEAE		
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1
SOLANACEAE		
	<i>Lochroma arborescens</i> (L.) J.M.H. Shaw	116
	<i>Solanum adspersum</i> Witasek	1
VERBENACEAE		
	<i>Lantana camara</i> L.	21
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl.	279
	<i>Stachytarpheta maximilianii</i> Schauer	156
	<i>Verbena litoralis</i> Kunth	18
ZINGIBERACEAE		
	<i>Etlingera elatior</i> (Jack) R.M.Sm.	6
	<i>Hedychium coronarium</i> J.Koenig	2
	Morfoespécie 1	6
	Morfoespécie 2	2
