

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

SABRINA MARIA BECKER

REDES DE INTERAÇÃO BORBOLETAS-PLANTAS: VISITAÇÃO FLORAL EM
ÁREAS DE RESTINGA DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ

PORTO ALEGRE
2020

SABRINA MARIA BECKER

REDES DE INTERAÇÃO BORBOLETAS-PLANTAS: VISITAÇÃO
FLORAL EM ÁREAS DE RESTINGA DO PARQUE ESTADUAL DE
ITAPUÃ

Trabalho de Conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Ciências Biológicas na
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Milton de Souza Mendonca Jr

PORTO ALEGRE
2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a pessoa que me deu a vida: Mãe, você é o meu tudo, o meu amor, a minha fortaleza. Aproveito para agradecer por todos os outros dias de vida, nos quais você me apoiou e me deu forças. Te dedico mais uma conquista. Te amo do tamanho do céu.

Ao meu padrasto, Eduardo. Por ter quebrado minha barreira e ter me ensinado a te amar. Pelo apoio desde o primeiro dia. Por ser o que conheço e admiro em um pai. Obrigada pelas conversas e ensinamentos. Te amo meu careca preferido.

Ao amor da minha vida, Erika. Obrigada por ser tão paciente e amorosa sempre. Vamos conquistar muitas coisas juntas. Te amo. Tanto. Sempre. Muito.

Aos meus gatos, Yoshi e Gaia. Que não sabem ler, infelizmente, mas não poderia não agradecer aos meus grudinhos que ajudam a me acalmar e que me transmitem paz.

As minhas primas: Karoline, por ser minha companheira, minha amiga, minha irmã. Karin, amor, carinho, financiamentos e preocupação desde sempre.

Aos amigos: Tanise, simplesmente por ser “nós” desde sempre. Julinha, por todo apoio e ombro amigo durante esses anos, sem suas doces palavras tudo seria muito mais difícil. Oseias, por todas as risadas e conselhos filosóficos. Yasmin pelo carinho, fofura e ajuda em genética. Luscas, por ser meu amigo virtual preferido.

Aos amigos que Biologia me deu: A Lara, por ser o alívio cômico dentro da loucura de uma universidade. Ao Camana e Patricia, pelo acolhimento, ensinamentos e amizade. A Marina e Piethro (rapaligas), pela amizade e parceria para os trabalhos em grupo. E as minhas amigas alienadas preferidas (Bibi, Dudu, Kewen, Maria Eduarda, Junior e Bella), por ajudarem a segurar a barra durante a pandemia, é uma pena termos nos encontrado tão tarde.

Ao Milton Mendonça Jr, pela orientação, carinho e dedicação. Sei que foi difícil, obrigada por não desistir.

Ao PETBio, por ter me ajudado a formar a Bióloga que serei.

Ao Marcio Borges, pela orientação dentro do PET e por todo o carinho, apoio e torcida.

À Helena Piccoli Romanowski, por ser minha inspiração (espero um dia ser um pouco do que você é), pelas conversas, empréstimos de equipamentos.

À Paula Beatriz Araújo, por ser uma das mulheres mais incríveis e admiráveis que eu conheço. Tive sorte de ser sua aluna.

Ao Cristiano Agra, por toda a ajuda e incentivo a trabalhar com Borboletas.

Enfim, Agradeço.

SUMÁRIO

Sumário	4
Apresentação	4
Introdução estendida	5
Resumo	6
Introdução	7
Materiais e Métodos	7
Área de estudo	7
Amostragem	7
Análise de dados	8
Resultados	8
Discussão	10
Referências	11
Material Suplementar	15

Apresentação

Trabalho de Conclusão de Curso da graduação em Ciências Biológicas requisito para a obtenção do título de bacharel. O seguinte trabalho foi escrito nas regras de submissão da revista Biota Neotropica.

Introdução estendida

Uma abordagem para estudar as comunidades biológicas é através das interações que as espécies estabelecem dentro de um ambiente (Bascompte & Jordano 2006, Jordano et al. 2006) têm. Ao realizar essa interação, as espécies formam redes complexas que são utilizadas para identificar quais espécies interagem com quem e como essa interação acontece, ou seja, determinar como as comunidades estão organizadas (Lewinsohn et al. 2006). A partir destas redes é possível identificar métricas de rede como aninhamento, conectividade, especialização e vulnerabilidade, que ajudam a quantificar a estrutura das comunidades avaliadas.

Interações entre animais e plantas podem ser frequentemente mutualistas. Estas desempenham um papel importante na dinâmica da diversidade a nível de comunidade. Um exemplo desta interação é a polinização. Plantas oferecem uma série de recursos a eventuais animais polinizadores, como pólen e néctar, em troca de um “serviço” de dispersão dos gametas. Um exemplo comum deste tipo de relação é entre borboletas nectarívoras e plantas com flor. Borboletas se alimentam de néctar das flores, que contém açúcares úteis para seu metabolismo, e podem funcionar como polinizadoras eficientes ao carregar o pólen das plantas (Zhang et al. 2020). Borboletas são também boas indicadores de qualidade ambiental, elas contêm uma estreita relação com os recursos vegetais, então a presença de plantas hospedeiras favorece o aumento da riqueza e abundância de borboletas. Deste modo, a presença de algumas espécies de borboletas pode indicar o estado de conservação do ambiente (Freitas et al. 2006)

Já existe uma visão ampla da diversidade, riqueza e composição das borboletas que ocorrem no Parque Estadual de Itapuã, RS (Kaminski et al. 2001, Marchiori & Romanowski 2006, Fucilini 2014). Em uma avaliação especificamente em ambientes de restinga, conclui-se que as características deste tipo de ambiente refletem na composição de espécies (Marchiori & Romanowski 2006). Entretanto, o presente trabalho é o primeiro a abordar redes de interação entre borboletas e plantas no Parque, enfatizando a importância da sua realização. Ambientes de restinga podem sofrer constantes perturbações e pressões antrópicas (Scherer et al 2005), e estas poderão influenciar diretamente na estrutura dessas comunidades.

Assim, os objetivos deste trabalho são: (i) registrar a composição de espécies de borboletas visitantes florais em restingas do Parque Estadual de Itapuã (PEI); (ii) construir redes de interação borboleta-planta (iii) registrar as plantas utilizadas como recurso alimentar das borboletas nectarívoras; (iv) analisar as redes de interações em suas variáveis de conectividade, especialização de rede, generalidade, vulnerabilidade e topologia de aninhamento. Por conseguinte, propomos as seguintes hipóteses: (i) as espécies de borboletas serão generalistas devido à variedade de recurso no ambiente de restinga do PEI (ii) consequentemente a especialização de rede será baixa (iii) a rede de interação apresentará uma topologia aninhada, por ser um padrão comumente observado em redes mutualistas (Bascompte et al. 2003).

Nota: Em virtude da pandemia causada pelo Covid-19, a unidade de conservação onde as amostragens estavam sendo realizadas interrompeu as atividades, logo os campos planejados para a continuidade do trabalho apresentado aqui foram cancelados para a segurança de todos. Portanto, as horas de amostragem totais não foram as ideais e suficientes, sendo de importância ressaltar que os valores encontrados podem não representar a realidade devido ao baixo esforço amostral e representatividade em todas as estações. São necessários mais estudos no local para dar mais peso e relevância aos padrões encontrados.

Redes de interação borboletas-plantas: visitação floral em áreas de restinga do Parque Estadual de Itapuã

Sabrina Maria Becker¹, Milton de Souza Mendonca Jr
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo: Dentro de uma comunidade, as espécies interagem entre si, formando assim redes de interações complexas que podem ser utilizadas para identificar e descrever processos ecológicos de forma qualitativa e quantitativa. Borboletas nectarívoras são frequentes visitantes florais, e a interação entre elas e as flores é tipicamente mutualista. Formam assim, uma rede recíproca, onde o desaparecimento de uma espécie de uma borboleta consumidora pode levar o desaparecimento de uma planta recurso. No Parque Estadual de Itapuã, ainda não havia registros sobre os padrões de rede entre borboletas-plantas. Deste modo, o presente trabalho avaliou as redes de interações entre borboleta-planta e suas variáveis de conectividade, especialização de rede, generalidade, vulnerabilidade e aninhamento. A rede em questão se mostrou significativamente aninhada (NODF= 28,96) e com uma especialização de rede intermediária ($H_2' = 0.405$) e conectância baixa (15,6%). A família de borboletas mais representativa foi Nymphalidae e a espécie de planta florida que obteve maior frequência de visitação foi *Lantana camara* (Verbenaceae).

Palavras-chave: Borboletas nectarívoras, visitantes florais, aninhamento, mutualismo

Abstract: In a biological community, species interact forming complex networks which can be used to identify and describe ecological processes in qualitative and quantitative form. Nectarivore butterflies are frequent flower visitors, and the interaction between them and plant flowers is typically mutualistic. The network thus formed is reciprocal, where the loss of a consumer butterfly species might lead to the loss of a resource plant. In Itapuã State Park, there were no records of interaction networks between butterflies and plantas. Thus, the present work evaluates butterfly-plant networks through connectivity, network specialization, generality/vulnerability and nestedness. Our observed network was significantly nested (NODF= 28,96) with intermediate specialization ($H_2' = 0.405$) and low connectance (15,6%). The most representative butterfly family was Nymphalidae and the most visited flowering plant specie was *Lantana camara* (Verbenaceae).

Keywords: nectarivore butterflies, flower visitors, nestedness, mutualism

Introdução

As espécies interagem entre si e com o ambiente formando redes ecológicas complexas, que contribuem para a manutenção e persistência da biodiversidade (Jordano & Bascompte 2007), assim como a continuidade de funções do ecossistema. Com a utilização de redes ecológicas é possível descrever interações entre indivíduos e/ou espécies e avaliar sua estabilidade, resiliência, (Pocock et al. 2016) persistência e efetividade da restauração de ecossistemas. Redes complexas são usadas como ferramenta para identificar propriedades topológicas como aninhamento, modularidade e especialização, permitindo mostrar de forma quantitativa conceitos ecológicos (Oliveira Junior 2013).

O funcionamento das interações entre plantas e animais pode ser caracterizado por teias bitróficas que descrevem e auxiliam na compreensão de interações entre recurso e consumidor (Lewinsohn et al. 2006). Redes mutualísticas, como as interações flor-visitante, não ocorrem de maneira isolada, e sim em escala de comunidade (Jordano & Bascompte 2007). Elas são recíprocas, portanto, o desaparecimento de uma espécie de consumidor pode levar ao desaparecimento da planta recurso induzindo a um colapso em toda a rede (Jordano & Bascompte 2007). As borboletas nectarívoras são frequentes visitantes florais (Freitas et al. 2004) e esta interação é tipicamente mutualística.

A entomofauna em ambientes de restinga tem sido pouco estudada (Monteiro & Macedo 1990), e no Rio Grande do Sul estes trabalhos são raros. A diversidade, riqueza e composição de borboletas já foram avaliadas (Kaminski et al. 2001, Marchiori & Romanowski 2006, Fucilini 2014) no Parque Estadual de Itapuã (PEI), entretanto não há conhecimento acerca de padrões de redes formadas por borboletas nectarívoras. À vista disso, este trabalho se detém no estudo da interação potencialmente mutualística borboleta-planta de visitação floral. Com base nos dados coletados serão realizados: (i) registrar a composição de espécies de borboletas visitantes florais (ii) registro das plantas utilizadas como recurso alimentar das borboletas nectarívoras (iii) construção de redes de interação borboleta-planta (iv) análise as interações e suas topológicas de conectividade, especialização de rede, generalidade, vulnerabilidade e aninhamento.

Por conseguinte, propomos as seguintes hipóteses: (i) as espécies de borboletas serão generalistas devido à variedade de recurso no ambiente de restinga do PEI (ii) consequentemente a especialização de rede será baixa (iii) a rede de interação apresentará uma topologia aninhada, por ser um padrão observado em redes mutualistas (Bascompte et al. 2003).

Materiais e Métodos

1. Área de estudo:

O Parque Estadual de Itapuã (Figura 1) é uma Unidade de Conservação (UC), localizada no município de Viamão no Rio Grande do Sul (30° 20'S - 30° 27'S; 50° 50'W - 51° 05'W). Ele abriga um mosaico de os ecossistemas encontrados no Estado, tendo uma diversidade tanto de fauna quanto de flora, englobando ambientes de banhado, lagoas, praias, dunas e morros (Rio Grande do Sul, 1996). Os biomas Mata Atlântica e Pampa torna o Parque um importante espaço de pesquisa, pois compreende tipos fisionômicos vegetais tais como campos rupestre e misto, mata de restinga, vassoural, maricazal, banhado e juncal, caracterizando a área como um local único em termos de biodiversidade (Rio Grande do Sul, 1996).

A restinga é constituída por campos arenosos e alagados, formações arbustivas, capões de restinga arenosa por faixas de dunas, florestas, pântanos e vegetação arbustiva (Scherer et al. 2005, Marchiori & Romanowski, 2006). No PEI, os ambientes de restinga apresentam faixas de areia entremeadas por áreas úmidas (Brack et al. 1998). A Lagoa Negra, localizada na região da Praia de Fora, corresponde a 31% da área total do Parque (Rio Grande do Sul 1996) e apresenta ambiente de restinga em seu entorno.

2. Amostragem

De novembro de 2019 a janeiro de 2020, as amostragens foram executadas entre 10:00 e 16:00 horas. O horário foi escolhido em razão da eficácia no encontro de uma diversidade de espécies de borboleta (Marchiori et al. 2012). A amostragem compreendeu 6 transectos de 100 metros de extensão, a cada dia, que foram escolhidos previamente a fim de conter indivíduos floridos variados. Eles estavam distantes pelo menos 30 m uns dos outros. O método de transecções foi associado ao uso de redes entomológicas (Pollard 1977, Pollard & Yates 1993) onde foram realizadas observações de varredura (Altmann et al. 1974) ao longo de cada transecto por 50 minutos. Desta forma, totalizou-se aproximadamente 38 horas/rede. A escolha do transecto para iniciar a amostragem foi sorteada em cada dia para garantir a alternância entre eles em termos do horário de amostragem. Ao longo do transecto, quando detectada a presença de uma

borboleta visitando um indivíduo florido, foi feita a coleta com a rede entomológica. As borboletas coletadas foram acondicionadas em envelopes e levadas para laboratório para posterior montagem. Caso não fosse possível ou não houvesse necessidade de coleta (pela identificação em voo) as espécies eram apenas registradas em planilha de campo. A identificação das espécies foi feita no local ou em análise posterior com o uso de guias de identificação. Os indivíduos florais foram fotografados para posterior identificação por especialistas.



Figura 1. Mapa do Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul, Brasil, indicando os transectos (linhas pretas, T1 a T6) na área de restinga estudada.

3. Análise de dados

A partir de uma matriz quantitativa que contém dados de presença e ausência para a visitação de borboletas em cada espécie de planta florida foram realizados os cálculos para descrever a rede de interações. As interações borboleta-planta foram representadas por grafos bipartidos, onde foi possível representar a frequência das interações por meio de linhas de espessuras diferentes. As métricas foram calculadas pela função “*networklevel*” do pacote *bipartite* e o grafo pela função “*plotweb*” no software *R* 3.4.1 (R Core Team 2021). Foram utilizados índices e métricas para descrever uma rede de interações qualitativa, sendo elas conectância, aninhamento, especialização de rede, generalidade e vulnerabilidade. A conectância (C) mede a conectividade de uma rede, mais especificamente a razão entre o número de interações observadas e o número de interações possíveis (Santos 2012). A especialização da comunidade foi calculada pelo índice H_2' que varia de 0 a 1, sendo 0 ausência de especialização e 1 alta especialização (Mello et al. 2016). Através do programa ANINHADO, foi medido o aninhamento por *NODF* (aninhamento baseado em sobreposição e preenchimento decrescente) e o modelo nulo *NODF* (C_e) para testar a significância do valor encontrado (Guimarães & Guimarães 2006). Este índice é utilizado para descrever interações interespecíficas entre comunidades (Almeida-Neto et al. 2008), nele é possível analisar as interações entre os grupos, onde as espécies generalistas interagem entre si e as mais raras com as generalistas (Pigozzo & Viana 2010).

Resultados

A rede de interações estabelecida no Parque Estadual de Itapuã foi composta por 12 espécies de borboletas e 17 espécies de plantas (Tabela 1). As espécies de borboletas pertencem a 4 famílias, sendo elas Nymphalidae, Riodinidae, Hesperidae e Papilionidae. Dentre as espécies de plantas foram identificadas nove famílias: Droseraceae, Verbenaceae, Asteraceae, Fabaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Onagraceae, Lamiaceae e Polygalaceae. Registrou-se 60 interações distintas entre borboletas e flores (Figura 2). A espécie de borboleta mais frequente foi *Eurema elathea* (Nymphalidae), com 21 visitas, e a planta mais visitada foi *Lantana camara* (Verbenaceae) que recebeu 19 visitas (Apêndice 1). A cerca do

aninhamento, o valor do NODF = 28,96 ($p < 0,04$) é possível constatar que a rede entre borboletas e plantas é significativamente aninhada. As demais métricas da rede estão disponíveis na tabela 2.

Tabela 1. Lista de espécies de borboletas e plantas integrantes da rede de interações.

Família	Espécies de borboletas	Abreviatura
Nymphalidae	<i>Anartia amathea</i> (Eschscholtz, 1821)	AAM
Riodinidae	<i>Aricoris signata</i> (Stichel, 1910)	ASI
Nymphalidae	<i>Dryas iulia</i> (Cramer, 1779)	DIU
Pieridae	<i>Eurema albula</i> (Cramer, 1775)	EAL
Pieridae	<i>Eurema elathea</i> (Cramer, 1777)	EEL
Papilionidae	<i>Heliconius erato phyllis</i> (Fabricius, 1775)	HEP
Nymphalidae	<i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779)	JEV
Papilionidae	<i>Parides bunicus perrhebus</i> (Boisduval, 1836)	PBP
Hesperiidae	<i>Pyrgus orcus</i> (Stoll, 1780)	POR
Nymphalidae	<i>Tegosa claudina</i> (Eschscholtz, 1821)	TCL
Hesperiidae	<i>Urbanus teleus</i> (Hübner, 1821)	UTE
Nymphalidae	<i>Vanessa braziliensis</i> (Moore, 1883)	VBR

Família	Espécies de plantas	Abreviatura
Droseraceae	<i>Drosera sp.</i>	DSP
Verbenaceae	<i>Lantana câmara</i> (R.H.Schomb.)	LCA
Asteraceae	<i>Acanthospermum australe</i> (Loefl & Kuntze)	AAU
Asteraceae	<i>Acmella leptophylla</i> DC (R.K.Jansen)	ALE
Asteraceae	<i>Richardia brasiliensis</i> (Gomes)	RBR
Asteraceae	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq, Roem & Schult)	CCU
Asteraceae	<i>Pterocaulon sp.</i>	PSP
Fabaceae	<i>Stylosanthes viscosa</i> (L. Sw.)	SVI
Melastomatacea	<i>Tibouchina sp.</i>	TSP
Asteraceae	<i>Gamochaeta sp.</i>	GSP
Asteraceae	<i>Pterocaulon angustifolium</i> DC	PAN
Onagraceae	<i>Fuchsia sp.</i>	FSP
Melastomatacea	<i>Tibouchina gracilis</i> DC (Bonpl.)	TGR
Lamiaceae	<i>Hyptis brevipes</i> (Poit)	HBR
Polygalaceae	<i>Polygala adenophylla</i> (A.St.-Hil. & Moq.)	PAD
Melastomatacea	<i>Acisanthera alsinaefolia</i> (Mart. & Schrank)	AAL

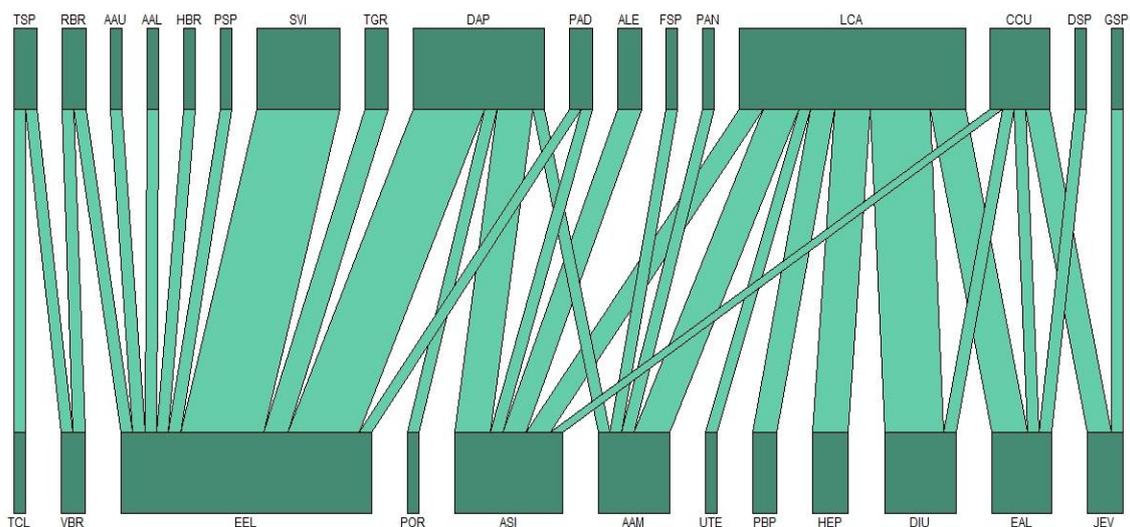


Figura 2. Grafo bipartido com espécies de borboletas abaixo e espécies de plantas em cima; as interações observadas são representadas por linhas (links) que conectam pares de espécies, a largura representa a frequência relativa da visitação. (vide tabela 1 para lista de siglas).

Tabela 2. Métricas das redes de interações entre borboletas e plantas com flores no Parque Estadual de Itapuã.

Métricas de rede	Valores
Espécies de borboletas	12
Espécies de plantas	17
Interações registradas	60
Generalidade	3,418
Vulnerabilidade	3,856
Conectância	0,156
Especialização de rede	0,405
NODF	28,96

Discussão

A rede de interação entre borboletas e plantas no Parque Estadual de Itapuã se mostrou significativamente aninhada conforme a hipótese proposta inicialmente. Trabalhos anteriores com redes de interações mutualistas de visitação floral também encontram este padrão de aninhamento (Beal-Neves et al 2020, Mukherjee et al 2018, Mertens 2021, Kloc 2019), ou seja, espécies generalistas interagem entre si e as espécies especialistas interagem com as espécies generalistas (Bascompte et al. 2003 Jordano et al. 2006). Isso pode levar estas redes a serem mais estáveis e resistentes a eventos de extinções, devido a redundância de polinizadores (Memott et al. 2004), diminuição de competição interespecífica, consequentemente aumentando o número de espécies coexistindo (Bastolla et al. 2009). Mukherjee et al (2018) ao analisar a rede de interação borboleta-planta em paisagens urbanas obteve um valor de aninhamento bem semelhante (NODF = 29,41) ao que encontramos. Neste mesmo estudo, a conectância obtida foi de 0,28 (28%) e Capitani (2013) comparou a conectância de visitantes florais diurnos e obteve a variação de 28,57 a 38,33%. Perante a essas comparações, a conectância de rede do PEI foi baixa, com um valor de 15,6 %. O índice

de especialização ($H_2'=0,405$) indica uma especialização de rede baixa, isto é, as borboletas são mais generalistas, também em concordância com a hipótese inicial. A ordem Lepidoptera tende a ser mais generalista por ter preferências por recursos conforme as condições ambientais (Klomberg et al 2020), então uma especialização alta pode ser rara (Mertens et al. 2021). As métricas de generalidade e vulnerabilidade estão diretamente relacionadas com a especialização também, e reagem da mesma forma que está.

Assim como no presente estudo, a família Nymphalidae também foi a mais representativa em levantamentos de borboletas anteriores realizados no PEI (Kaminski et al 2001, Marchiori & Romanowski 2006). A sazonalidade interfere na composição e diversidade de borboletas (Brown & Freitas 2000), e as nossas amostragens se deram apenas no verão e final da primavera, diante disso, a falta de representatividade das demais estações juntamente com poucas horas/rede pode estar interferindo nos resultados encontrados. No que se diz respeito às plantas, as flores da família Asteraceae foram as que receberam mais visitas. Em levantamentos anteriores acerca de visitação floral e polinização, Asteraceae foi considerada um recurso importante para os visitantes florais como abelhas e moscas (Pinheiro, 2008). Este autor também destacou que, a atratividade de Asteraceae se deve provavelmente a quantidade de flores em suas inflorescências, e a estrutura floral de fácil acesso ao seu recurso (arbusto pequeno, tubo curto). Entretanto, *Lantana camara*, representante da família Verbenaceae, foi a flor que mais recebeu visitas. Em trabalhos semelhantes (Soares et al 2012, Lemes et al 2008), *L. camara* também foi a planta com maior frequência de visitação. Lemes et al. (2008) destacaram a espécie como tendo flores de cores vibrantes e sendo fonte usual de néctar e pólen para borboletas.

Trabalhos com redes de interação entre borboletas (Lepidoptera) e plantas são escassas, e apesar do total de horas de amostragem ser baixo, os resultados encontrados foram coerentes com estudos com redes de interações mutualistas já realizados, corroborando a importância dos nossos dados. Além disso, o presente trabalho proporciona uma visão da estrutura das redes de interações do Parque Estadual de Itapuã, preenchendo uma lacuna informacional. Consequentemente, as informações sobre as interações entre as borboletas e plantas podem ser usadas para a conservação de ambos os grupos taxonômicos e de suas interações. Ademais, ambientes de restinga sofrem constantes pressões antrópicas (Scherer et al 2005) acentuando a importância de conhecer os padrões de redes e de funcionamento destes ecossistemas.

Referências bibliográficas

ALMEIDA-NETO, M. P.; GUIMARÃES, P. R.; GUIMARÃES, R.; LOYOLA, D.; ULRICH, W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, Viçosa, v.117, p.1227-1239.

ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior*, Leiden, 49 (3-4): 227-267.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIAN, C.J. & OLESEN, J.M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* v.100 p. 9383-9387.

BASTOLLA U.; FORTUNA M.A.; PASCUAL-GARCIA A.; FERRERA A., BARTOLO L. & BASCOMPTE J. 2009. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature*, v. 458, p.1018-1021.

Beal-Neves M.; Ely V. C.; M. W. Esteves; Blochtein B.B.; Lahm R. A.; Quadros E. L. L.; Ferreira P. M. A. 2020. The influence of urbanization and fire disturbance on plant-floral visitor mutualistic networks. *Diversity* 12(4), 141.

BRACK, P.; RODRIGUES, R.S.; SOBRAL, M.; LEITE, S.L.C. 1998. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* v.51, p.139-166.

BROWN, K.S.; FREITAS, A.V.L. 2000. Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica* 32(4b):150-172.

- FREITAS, A.; FRANCINI, R.; BROWN, K. 2003. Insetos como indicadores ambientais IN Métodos de estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Fundação Boticário e Editora da UFPR, p. 125-151.
- FREITAS, A.; LEAL, J.; UEHARA-PRADO, M.; IANNUZZI, L. 2006. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. *Biologia da Conservação: Essências* v.15, p.357-384.
- FUCILINI, L. 2014. Borboletas Frugívoras do Parque Estadual de Itapuã: padrões de diversidade e avaliação do efeito de diferentes iscas, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LEMES, R., RITTER, C.D. & MORAIS, A.B.B. 2008. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) visitantes florais no Jardim botânico da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. *Rev. Biotemas* 21(4):91-98
- LEWINSOHN, T. P. I. PRADO, P. JORDANO, J. BASCOMPTE & J. M. OLESEN. 2006. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos*. 113: 174-184.
- JORDANO, P. 2006. Plant-animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics Annual Review of Ecology Evolution and Systematic*. 38:567-93
- JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters* v.6 p.69-81.
- JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. 2006. The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. *Specialization To Generalization In Plant- Pollinator Interactions*. p.173-199.
- KAMINSKI, L.A.; SCHANTZ, A.A.; TEIXEIRA, E.C.; ISERHARD, C.A. & ROMANOWSKI, H.P. 2001. Lista preliminar de espécies de borboletas do Parque Estadual de Itapuã, RS. In: BAGER, A. org. I Simpósio de Áreas Protegidas. Pelotas, Educat. p. 196-201.
- KLOC P.B.; SILVA T.M.V.; HOLDEFER D.R.; FREITAS DE OLIVEIRA F.; F.C.; WOITOWICZ-GRUCHOWSKI F.C. 2019. Diversidade e redes de interação entre abelhas e plantas em áreas de várzea na Floresta Nacional (Flona) de Três Barras – Santa Catarina, Brasil. *Acta Biológica Catarinense* v. 6(3) p. 81-97
- MARCHIORI, M.; ROMANOWSKI, H. 2006. Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) do Parque Estadual do Espinilho e entorno, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*v.23(4), p.1029-1037.
- MARCHIORI, M. O. 2012. Diversidade de borboletas (lepidoptera, papilionoidea e hesperioidea) em formações de mata de restinga e mata de araucária no sul do brasil: sazonalidade, variação na atividade diária e eficiência amostral. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MERTENS J.E. J; BRISSON L.; JANEČEK S.; KLOMBERG Y.; MAICHER V.; SÁFIÁN S.; DELABYE S.; POTOCKÝ P.; KOBE N. I.; PYRCZ T.; TROPEK R.2021.Role and patterns of butterflies and hawk-moths in plant-pollinator networks at different elevations and seasons in tropical rainforests of Mount Cameroon
- MEMMOTT J.; WASER N. M.; PRICE M.V. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions *The Royal Society* v.271 p. 2605-261
- MONTEIRO, R. MACEDO, M. 1990.Perspectivas do estudo de ecologia de insetos em restingas. *Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*, p.326-351.
- MUKHERJEEA S.; BANERJEEA S.; BASUA P.; SAHAA G.K.; ADITYA G. 2018. Butterfly-plant network in urban landscape: Implication for conservation and urban greening. *Acta Oecologica* v. 92 p. 16-25

- OLIVEIRA JUNIOR, A. 2013. Redes de interações entre plantas e borboletas visitantes florais em gradiente altitudinal. Tese de mestrado. Universidade Estadual De Feira De Santana, Feira de Santana.
- PIGOZZO, C.; VIANA B. 2010. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. *Oecologia Australis* v.14(1), p. 100-114.
- PINHEIRO M.; DE ABRÃO B. E.; HARTE-MARQUES B.; MIOTTO S.T. 2008. Floral resources used by insects in a grassland community in Southern Brazil. *Revista Brasil. Bot.*, V.31, n.3, p.469-489
- POCOCK et al. 2016. The visualisation of ecological networks, and their use as a tool for engagement. *Advocacy and Management* v. 54, p. 41-85.
- POLLARD, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation* v.12, p 115-124.
- POLLARD, E. YATES, T. J. 1993. *Monitoring. Butterflies for Ecology and Conservation*. Chapman & Hall, Londres.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Do Ambiente E Desenvolvimento Sustentável – SEMA. 1996. Parque Estadual de Itapuã: Unidade de Proteção Integral do Estado do Rio Grande do Sul.
- R CORE TEAM, 2021. R 4.0.5: A Language and Environment for Statistical Computing.
- SCHERER, A.; MARASCHIN-SILVA, F.; BAPTISTA, L. 2005. Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de Restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v.19(4), p.717-726.
- SOARES, G.R., OLIVEIRA, A.A.P. & SILVA, A.R.M. 2012. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) from an urban park in Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil. *Biota Neotrop.* 12(4)
- ZHANG, H-H; WANG, W-L; YU, Q; XING, D-H; XU, Z-B; DUAN, K; ZHU, J-Q; ZHANG, X; LI, Y-P; HU, S-J. 2020. Spatial Distribution of Pollinating Butterflies in Yunnan Province, Southwest China with Resource Conservation Implications. *Insects* 11(8): 525. <https://doi.org/10.3390/insects11080525>

Material suplementar

Apêndice 1. Quantidade de interação entre borboletas e flores no Parque Estadual de Itapuã.

Espécie de borboletas	Espécies de flores														Total Geral			
	<i>Acanthospermum australe</i>	<i>Acisanthera alsinæfolia</i>	<i>Acmella leptophylla</i>	<i>Cordia curassavica</i>	<i>Diodella apiculata</i>	<i>Drosera sp.</i>	<i>Fuchsia sp.</i>	<i>Gamochoaeta sp.</i>	<i>Hyptis brevipes</i>	<i>Lantana camara</i>	<i>Polygala adenophylla</i>	<i>Pterocaulon angustifolium</i>	<i>Pterocaulon sp.</i>	<i>Richardia brasiliensis</i>		<i>Stylosanthes viscosa</i>	<i>Tibouchina gracilis</i>	<i>Tibouchina sp.</i>
<i>Anartia amathea</i>					1	1				3		1						6
<i>Aricoris signata</i>			2	1	3					2	1							9
<i>Dryas iulia</i>				1						5								6
<i>Eurema albula</i>				1		1				3								5
<i>Eurema elathea</i>	1	1			6				1		1		1	1	7	2	0	21
<i>Heliconius erato phyllis</i>										3								3
<i>Junonia evarete</i>				2				1										3
<i>Parides bunichus perrhebus</i>										2								2
<i>Pyrgus orcus</i>					1													1
<i>Tegosa claudina</i>																	1	1
<i>Urbanus teleus</i>										1								1
<i>Vanessa brasiliensis</i>														1			1	2
Total Geral	1	1	2	5	12	1	1	1	1	19	2	1	1	2	7	2	2	60

Apêndice 2. Lista de espécies de borboletas e flores visitadas por elas no Parque Estadual de Itapuã.

Família	Espécies de borboletas	Espécie das flores
Nymphalidae	<i>Anartia amathea</i> (Eschscholtz, 1821)	Diodella apiculata Fuchsia sp. Lantana camara Pterocaulon angustifolium
Riodinidae	<i>Aricoris signata</i> (Stichel, 1910)	Acmella leptophylla Cordia curassavica Diodella apiculata Lantana camara Polygala adenophylla
Nymphalidae	<i>Dryas iulia</i> (Cramer, 1779)	Cordia curassavica Lantana camara
Pieridae	<i>Eurema albula</i> (Cramer, 1775)	Cordia curassavica Drosera sp. Lantana camara
Pieridae	<i>Eurema elathea</i> (Cramer, 1777)	Acanthospermum australe Acisanthera alsinaefolia Diodella apiculata Hyptis brevipes Polygala adenophylla Pterocaulon sp. Richardia brasiliensis Stylosanthes viscosa Tibouchina gracilis
Papilionidae	<i>Heliconius erato phyllis</i> (Fabricius, 1775)	Lantana camara
Nymphalidae	<i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779)	Cordia curassavica Gamochaeta sp.
Papilionidae	<i>Parides bunichus perrhebus</i> (Boisduval, 1836)	Lantana camara
Hesperiidae	<i>Pyrgus orcus</i> (Stoll, 1780)	Diodella apiculata
Nymphalidae	<i>Tegosa claudina</i> (Eschscholtz, 1821)	Tibouchina sp.
Hesperiidae	<i>Urbanus teleus</i> (Hübner, 1821)	Lantana camara
Nymphalidae	<i>Vanessa brasiliensis</i> (Moore, 1883)	Richardia brasiliensis Tibouchina sp.