

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

FERNANDA CARELLO COLLAR

INTERAÇÕES ECOLÓGICAS ENTRE AVES E PLANTAS:
Dispersão de sementes no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos,
Viamão/RS

Porto Alegre

2024

FERNANDA CARELLO COLLAR

Interações ecológicas entre aves e plantas:

Dispersão de sementes no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos,
Viamão/RS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de bacharela em Ciências
Biológicas do Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ismael Franz

Co-orientador: Prof. Dr. Jeferson Vizentin-
Bugoni

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

Collar, Fernanda Carello
Interações ecológicas entre aves e plantas:
Dispersão de sementes no Refúgio de Vida Silvestre
Banhado dos Pachecos, Viamão/RS / Fernanda Carello
Collar. -- 2024.
48 f.
Orientador: Ismael Franz.

Coorientador: Jeferson Vizentin-Bugoni.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Bacharelado em Ciências Biológicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Rede de interação. 2. Formações pioneiras. 3.
Elaenia spp.. I. Franz, Ismael, orient. II.
Vizentin-Bugoni, Jeferson, coorient. III. Título.

FERNANDA CARELLO COLLAR

Interações ecológicas entre aves e plantas:

Dispersão de sementes no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos,
Viamão/RS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de bacharela em Ciências
Biológicas do Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Orientador: Prof. Dr. Ismael Franz
Co-orientador: Prof. Dr. Jeferson Vizentin-
Bugoni

Aprovada em: Porto Alegre, 9 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ismael Franz
Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, UFRGS

Prof. Dra. Maria João Veloso da Costa Ramos Pereira
Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, UFRGS

Dra. Carla Suertegaray Fontana
Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, UFRGS

À memória de Francisco Carello, meu avô.
Minha eterna saudade e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família. À minha mãe, Sandra Antonella, por ser minha maior companheira, à minha irmã, Giovanna, por me inspirar como cientista e ao meu pai, José Luiz, por ter me levado na minha primeira trilha. Aos meus avós, Carmela di Gesu Carello e Francisco Carello por tanto amor, inspiração e por estarem sempre comigo, espiritualmente, assim como minha irmã Juliana. Agradeço pelo carinho das minhas madrinhas Ana Lúcia Carello e Aline Collar e às histórias e os aprendizados com minha tia-avó Maria di Gesu. Agradeço aos meus avós Lenira Maria Martins Collar e José Luiz Collar pela família mais engraçada e divertida, por terem me dado oito tios e tantos primos, para nunca estar só.

Agradeço às minhas amigas de longa data, Emanuelle, Valentina e Francine, por crescerem comigo e me acompanharem em cada fase. Aos amigos da bio, felicidade grande ter encontrado vocês, ter compartilhado tantos campos, festas e, agora, ter a honra de me tornar bióloga ao lado de profissionais incríveis. Amo vocês, Bernardo, Fernanda, Laís, Marin, Ana Beatriz, Lígia, Monique, Kethellen, Diego, Renata, Arthur, Pâmela e Lucca.

Agradeço ao pessoal do LabOrnito, Thamires, Mônica, Bruna, Jenny, Sara, Oscar e Aline por compartilharem seus conhecimentos comigo e, também, os momentos de angústia e calma. Obrigada, principalmente, por fazerem os campos serem tão mais divertidos e por terem ajudado nas coletas das minhas amostras.

Agradeço aos meus orientadores. Ao Ismael, por ter pensado comigo uma ideia que contemplasse várias áreas da biologia e, por fim, ter me orientado e encorajado durante a produção desta pesquisa. Ao Jeferson, por se disponibilizar e me auxiliar com as análises das redes e responder todas as minhas perguntas.

Agradeço aos outros professores e profissionais que me auxiliaram durante as fases deste trabalho. Ao Andreas Kindel, pelo suporte durante o pré-projeto, ao JA Jarenkow, pela disponibilidade e análise das exsiccatas, e a Gilson Schlindwein e Leandro Dal Ri pelo suporte na identificação de algumas sementes.

Por último, agradeço à vida. À minha vida por me permitir. E à vida que estudo, que é biodiversa e apaixonante. Um agradecimento especial à vida que fez este trabalho possível, aquela que resiste no Refúgio.

RESUMO

As aves são um dos grupos responsáveis pelo sucesso das espécies de plantas na dinâmica de disseminação de suas populações. Em troca do deslocamento dos propágulos de dispersão, as aves recebem suprimento nutricional e energético, o que se caracteriza como uma relação de mutualismo. Os padrões de dispersão de sementes em determinado local podem ser representados por redes de interações mutualistas, onde espécies de animais e plantas são representados por nós e as interações são representadas por ligações (*links*). A topologia da rede de interações está relacionada ao funcionamento da comunidade e varia localmente. O objetivo deste trabalho foi descrever a rede de interações plantas e aves de um ambiente florestal de restinga, no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos. Para tal, foram realizadas amostragens em dois locais com vegetações complementares: Local 1: Mata de Restinga Arenosa; e Local 2: Mata Paludosa. As aves foram capturadas de abril a dezembro por redes de neblina (esforço de 1.639 horas-rede), sendo as consumidoras de frutos alocadas em sacos de papel por aproximadamente 15 minutos, para coleta das fezes. As amostras fecais foram triadas e as sementes encontradas foram comparadas com uma coleção de sementes coletadas em campo, para identificação das espécies de plantas. As análises de rede foram realizadas no software *R*, pacote *bipartite*. Para testar a significância das métricas descritoras da rede, foram geradas 1.000 redes aleatórias usando o modelo nulo *r2dtable*. Foram observadas 12 espécies de aves interagindo com 21 espécies de plantas, resultando em 72 eventos de interações detectados através de 1.247 sementes encontradas nas fezes, somando-se os dois locais analisados, visto que estes se mostraram similares quanto à composição das interações. Como resultado: as espécies de aves com maior grau de interações foram *Elaenia sordida* e *Turdus rufiventris*, e as de planta foram *Miconia hyemalis* e *Myrsine* sp. As espécies com maior força de interação (possuem mais dependentes na rede) foram as mesmas de maior grau, para as aves. Já para as plantas, *M. hyemalis* seguiu dominante, e *Erythroxylum argentinum* foi a segunda com maior força. A estrutura da rede de interações se mostrou modular ($Q_{obs} = 0,53$, IC 95% $Q_{r2dtable} = 0,33 - 0,42$). O padrão de organização em módulos e um valor moderadamente alto de especialização (índice H_2') estão relacionados ao consumo dos recursos e a disponibilidade dos mesmos no ambiente, refletindo o padrão sazonal encontrado de frutificação e da mudança na riqueza de dispersores de sementes pela chegada de espécies migratórias. A topologia modular se mostra importante para a coexistência de espécies e para a estabilidade da comunidade, visto que distúrbios podem afetar apenas um módulo, não se estendendo por toda a rede de interações. Em um contexto de Unidade de Conservação, tal característica denota a estabilidade do ambiente e a possibilidade de novas ações para conservação das espécies-chave da comunidade dispersora, considerando que tais espécies se estendem para além dos limites territoriais da UC.

Palavras-chave: *Elaenia*; frugivoria; rede de interação; restinga; *Turdus*.

ABSTRACT

Birds are responsible for the success of plant species dissemination. In exchange for the displacement of dispersal propagules, birds receive nutritional and energy supplies in a mutualism relationship. Seed dispersal patterns at a given location can be represented by networks of mutualistic interactions, where animal and plant species are represented by nodes and interactions are represented by linkages. The topology of the network of interactions is related to the functioning of the community and varies locally. We aimed to analyze the bird-plant network of interactions of a restinga forest environment in the Banhado dos Pachecos Wildlife Refuge. To this end, we collected samples in two locations with complementary vegetation: Site 1: Sandy Restinga Forest; and Site 2: Paludosa Forest. Birds were captured from April to December by mist nets (1,639-hour effort), and fruit consumers were placed in paper bags for approximately 15 minutes to collect feces. We screened the fecal samples and compared the seeds with a collection of seeds collected in the field to identify the plant species. Network analyses were performed in the *R* software, *bipartite* package. To test the significance of the descriptor metrics of the network, we generated 1,000 random networks using the null model *r2dtable*. We observed 12 species of birds interacting with 21 species of plants, resulting in 72 interaction events detected through 1,247 seeds found in the feces, analyzing the two sites since they were similar in the composition of the interactions. As a result, the bird species with the highest degree of interactions were *Elaenia sordida* and *Turdus rufiventris*, and the plant species were *Miconia hyemalis* and *Myrsine* sp. The species with the greatest interaction strength were the same as the ones with the highest degree for birds. As for the plants, *M. hyemalis* remained dominant, and *Erythroxylum argentinum* was the second with the highest strength. The structure of the network of interactions was shown to be modular ($Q_{\text{obs}} = 0.53$, $Q_{r2dtable} = 0.33 - 0.42$, 95% CI). The pattern of organization in modules and a moderately high value of specialization (H_2' index) are related to the consumption of resources and their availability in the environment, reflecting the seasonal pattern of fruiting and the change in seed disperser richness due to the arrival of migratory species. The modular topology is crucial for the coexistence of species and for the stability of the community, since disturbances can affect only one module, not extending to the entire network of interactions. In a Conservation Unit context, this characteristic denotes the stability of the environment and the possibility of new actions for the conservation of the key species of the dispersing community, considering that such species extend beyond the territorial limits of the Refuge.

Keywords: *Elaenia*; frugivory; interaction network; restinga; *Turdus*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 JUSTIFICATIVA	11
1.2 OBJETIVO GERAL	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 ÁREA DE ESTUDO	13
2.2 COLETA DOS DADOS	14
2.2.1 BIOSSEGURANÇA E ASPECTOS ÉTICOS	15
2.3 ANÁLISE DOS DADOS	16
3 RESULTADOS	18
4 DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE A – MATERIAL SUPLEMENTAR	40

1 INTRODUÇÃO

As aves se destacam entre os grupos animais como dispersoras de sementes devido à alta frequência e intensidade com que consomem frutos (VISSOTO *et al.*, 2019). Somado a isso, sua grande mobilidade resulta na dispersão de sementes entre sítios ou fisionomias vegetais distintas (SCHERER; MARASCHIN-SILVA; BAPTISTA, 2007; JORDANO, 1987). Dentro desse clado animal, diferentes grupos tróficos desempenham tal serviço ecológico, como os insetívoros-frugívoros, frugívoros especialistas e onívoros mais generalistas, o último destacando-se com maior riqueza de espécies atuantes (FADINI; MARCO JR., 2004). Ainda assim, cada grupo ou espécie possui diferentes graus de efetividade na dispersão de sementes (GALETTI; FRANCISCO, 2002), sendo poucas espécies consideradas dispersoras-chave de uma comunidade vegetal.

Determinante para o sucesso das espécies de plantas na dinâmica de disseminação e estabelecimento de suas populações (PHILLIPS, 1997), a dispersão de sementes está sob efeito da variação de parâmetros abióticos e de densidade populacional como, por exemplo, a disponibilidade do vetor de dispersão durante o período de frutificação (JOHNSON, 1988). A mobilidade das aves desempenha papel central no sucesso de recrutamento de novas plântulas, visto que sementes dispersas muito próximas à planta-mãe sofrem uma maior pressão de predação e competição (CORDEIRO; HOWE, 2003). A diversidade genética de uma comunidade de plantas tem relação direta com os movimentos efetuados pelo dispersor e com o fato de que as sementes de um fruto consumido não são defecadas simultaneamente, mas sim gradualmente dispersas em uma área (BARNEA; YOM-TOV; FRIEDMAN, 1992), o que contribui para o fluxo gênico das espécies vegetais através de um gradiente ambiental (JORDANO *et al.*, 2011).

Além da dispersão ser baseada no consumo dos frutos e na mobilidade das aves, o período entre essas etapas é crucial para que um simples frugívoro seja considerado um dispersor efetivo de sementes (CARLO; YANG, 2011). O processamento dos frutos pelas aves pode resultar no consumo apenas da polpa ou na predação da semente, em ambos os casos não ocorre a dispersão. Quando há o consumo do fruto inteiro, sem danificação do embrião da semente durante a manipulação ou digestão, a dispersão pode ocorrer através da defecação ou regurgitação das sementes (JORDANO, 2000). Outros fatores podem influenciar no

sucesso da dispersão, como a sazonalidade e a fenologia, a atratividade visual e nutricional dos frutos (FRANCISCO; LUNARDI; GALETTI, 2007), o número de sementes produzidas por fruto e a tolerância das mesmas ao trato digestivo das aves (DÉMINICIS *et al.*, 2009).

Apesar das condições bióticas e abióticas que influenciam as interações, as espécies compartilham histórias evolutivas onde a dispersão se insere como um retrato temporal de populações em um ecossistema dinâmico (GUIMARÃES; JORDANO; THOMPSON, 2011). A própria troca de benefícios entre aves e plantas - recurso alimentar por deslocamento de propágulos - tem origem na seleção de caracteres que moldaram a coevolução dessas espécies, e que, atualmente, são reconhecidas como relações de mutualismo, onde a interação contribui para um aumento da aptidão (*fitness*) de ambos os interagentes (FORGET *et al.*, 2011 *apud* FUTUYMA e SLATKIN, 1983). Evidenciando isso, estudos demonstram que “sinais filogenéticos” são conservados nas relações ecológicas, onde espécies filogeneticamente relacionadas tendem a interagir com um grupo similar de parceiros mutualistas (ALBRECHT *et al.*, 2014). Se contrapondo às interações que não ocorrem por falta de pareamento temporal ou funcional (*links* proibidos), a coevolução pode selecionar a complementaridade de caracteres, favorecendo interações especializadas (NUISMER; THOMPSON; GOMULKIEWICZ, 1999). Porém, em ambientes onde há uma distribuição sazonal de recursos, espécies mais generalistas são favorecidas (GOMES *et al.*, 2013).

Para entender melhor como as relações se estruturam em uma comunidade, os padrões de dispersão de sementes em determinado local podem ser representados por redes de interações mutualistas (LANDI, 2018), onde espécies de animais e plantas são representados por nós (ou nodos) e as interações são representadas por ligações (*links*) formando uma estrutura (rede) que pode ser matematicamente estudada. A topologia da rede de interações está relacionada ao funcionamento da comunidade: redes que apresentam um padrão assimétrico de dependências entre os pares de espécies, onde poucos dependem fortemente de seu parceiro, se mostram mais estáveis em comparação com redes que apresentam muitas interações de alta dependência (JORDANO, 1987; BASCOMPTE; JORDANO; OLESEN, 2006). Tanto a assimetria da rede, quanto a baixa conectância (GARCIA, 2016) contribuem para a resiliência do ecossistema a perturbações (BASCOMPTE; JORDANO, 2007). É importante ressaltar que o mutualismo evidenciado na rede representa apenas parte

das interações, visto que múltiplas relações, inclusive antagonistas, acontecem de forma simultânea no ecossistema (CARLO; YANG, 2011).

A perda de espécies em redes de interação pode levar a co-extinções - a extinção de uma espécie pode acarretar a extinção de outra(s), dependendo de como as relações entre essas espécies estão organizadas e quais os graus de dependência entre elas. Porém, as relações tendem a ser regidas também pela biologia dos organismos e não apenas pela aleatoriedade dos encontros determinada pela abundância de cada espécie (VIZENTIN-BUGONI *et al.*, 2022). Redes não aleatórias apresentam padrões modulares (onde um grupo de espécies interage mais entre si do que com espécies de outros módulos) ou aninhados (espécies especialistas apenas interagem com generalistas, enquanto generalistas interagem com ambos). As duas topologias de rede apresentam meios de amortecer os impactos de uma extinção, fazendo com que este não se estenda para todas as espécies da mesma (JORDANO; BASCOMPTE; OLESEN, 2003 e GARCIA, 2016).

1.1 JUSTIFICATIVA

Além da perda de espécies, a extinção das interações e do serviço ecológico de dispersão de sementes ameaça a manutenção da biodiversidade nativa e a regeneração de habitats (DÉMINICIS *et al.*, 2009; FORGET *et al.*, 2011). Em ambientes como os de restinga, onde mais de 80% das espécies vegetais tem sua síndrome de dispersão por zoocoria (KIRSTEN; DE MARCHI; ROSA, 2023), a conservação dessa interação mutualista entre aves e plantas é de suma importância para a manutenção do ecossistema. Para conservar as interações entre espécies, é necessário um melhor entendimento de como a relação de dispersão de sementes se apresenta nesta comunidade, visto que a composição das relações varia geograficamente (BASCOMPTE; JORDANO, 2007) e responde a diferentes características ambientais.

1.2 OBJETIVO GERAL

Investigar a estruturação das redes de interação entre plantas e aves potencialmente dispersoras de sementes em uma área de mata de Restinga no sul do Brasil.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as espécies com maior grau de interação e valor de importância na rede de dispersão de sementes do ambiente de Restinga;
- Descrever as métricas da rede de interação regional (modularidade, aninhamento, conectância e complementaridade);
- Comparar a composição das interações dos diferentes locais amostrados, identificando o nível de similaridade das interações que ocorrem na Mata de Restinga Paludosa e na Mata de Restinga Arenosa;
- Analisar os efeitos da sazonalidade na distribuição de recursos e na topologia de rede encontrada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

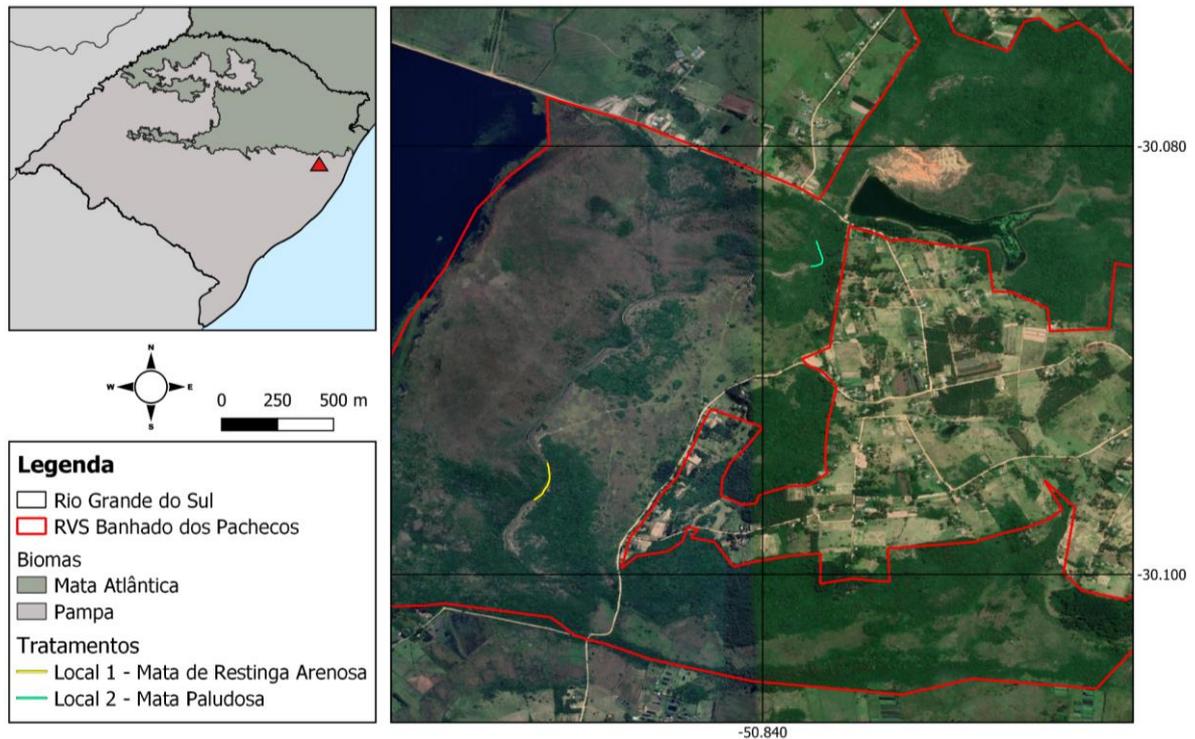
2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP; coordenada de referência: -30.092092°, -50.842816°, 60 m alt.; Figura 1), o qual possui 2.560 ha inseridos na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, município de Viamão, Rio Grande do Sul. Localizada na região geomorfológica da Planície Costeira, sofre influência do clima Cfa, subtropical úmido, com a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, de acordo com a classificação de Köppen. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, sendo a precipitação média de 1.300 a 1.400 mm (MORENO, 1961).

O RVSBP se localiza em um ecótono entre os biomas Pampa e Mata Atlântica (registrada oficialmente como Pampa, segundo IBGE, 2019), apresentando ambientes florestais, campestres e áreas úmidas. A área florestal compreende duas formações pioneiras que ocupam cordões de paleodunas (BRACK, 2009; KIRSTEN; DE MARCHI; ROSA, 2023): a Mata Psamófila (Restinga Arenosa) e a Mata Paludosa. Tais fitofisionomias são consideradas edáficas por serem moldadas pelas características do solo. A restinga arenosa está relacionada a solos bem drenados, enquanto a restinga paludosa se encontra sobre regime temporário ou permanente de inundação em solos de baixa drenagem (WAECHTER, 1985).

As comunidades pioneiras de restinga apresentam um padrão de baixa riqueza, com a dominância de poucas espécies vegetais (SCHERER; MARASCHIN-SILVA; BAPTISTA, 2009). A distribuição em mosaico das comunidades de restinga no estado (WAECHTER; JARENKOW, 1998), faz com que estas recebam propágulos de espécies vegetais de fisionomias adjacentes. Além disso, o RVSBP está inserido em uma zona influenciada por dois contingentes migratórios: o higrófilo (vertente atlântica) correspondente à Floresta Ombrófila Densa e o mesófilo do Alto Uruguai, relacionado a Floresta Estacional Decidual (MATTEI; MÜLLER; PORTO, 2007). De todo modo, a distribuição contínua das duas formações de restinga no RVSBP faz com que essas compartilhem parcialmente seu *pool* de espécies vegetais (KIRSTEN; DE MARCHI; ROSA, 2023).

Figura 1 – Localização das trilhas de amostragem dentro dos limites do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) e inserção no Rio Grande do Sul, sul do Brasil.



Fonte: Elaboração própria.

2.2 COLETA DOS DADOS

Para o levantamento dos dados da avifauna potencialmente dispersora de sementes, foram realizadas capturas com 15-17 redes de neblina de 12 m de comprimento x 3 m de altura e malha 16 mm, dispostas em linhas contínuas ao longo de trilhas presentes em diferentes áreas na área florestal (formações pioneiras) os quais distam 1500 m entre si. O Local 1 (L1) corresponde à "Trilha do Cervo", zona de transição de Restinga Arenosa à Mata Paludosa; e o Local 2 (L2) à "Trilha do Chimango", na Mata Paludosa. Ambos estão inseridos na Zona de Uso Extensivo da UC.

As saídas de campo foram mensais, de abril a dezembro de 2023. Para minimizar o efeito diferencial das variáveis abióticas sobre cada mês de amostragem, as visitas aos locais de coleta foram intercaladas mensalmente, obtendo-se igual esforço amostral no cômputo final de nove meses para L1 e L2. Cada período de amostragem contemplou quatro turnos (duas manhãs e duas tardes) nos quais as redes foram revisadas em intervalos de 30-40 minutos para retirada e processamento das aves. As amostragens foram realizadas sob condições climáticas adequadas, sendo suspensas na ocorrência de chuva ou vento intenso e variações bruscas de

temperatura, devido à alta sensibilidade das aves a tais estressores e a possível alteração nas taxas de captura pela rede de neblina (KEYES; GRUE 1982; SOUSA; SERAFINI 2020).

As aves capturadas foram identificadas a nível de espécie (a nomenclatura segue a classificação de De Piacentini *et al.* (2021), salvo pela adoção de *Elaenia sordida* como espécie plena *sensu* Del Hoyo *et al.* (2022)) e individualizadas com anilhas do CEMAVE. Espécies reconhecidamente granívoras foram excluídas da análise e somente as espécies frugívoras e onívoras-frugívoras (de acordo com WILMAN *et al.*, 2014) foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* (15 x 5,5 x 27 cm e 12,5 x 6 x 25 cm) por um período de 15-20 minutos para coleta de suas fezes (LOISELLE; BLAKE, 1990, 1999). Posteriormente, as amostras obtidas foram armazenadas a -20°C no Laboratório de Ornitologia da UFRGS, identificadas pela numeração da anilha correspondente ao indivíduo amostrado, pela data, local e espécie da qual derivou a coleta.

Usando um estereoscópio, cada amostra fecal foi triada e as sementes encontradas foram contabilizadas e separadas em diferentes "morfortipos". Os morfortipos presentes em cada amostra foram preservados a seco, com o acréscimo de sílica para retenção da umidade. As sementes com a testa íntegra e sem desgastes aparentes foram consideradas viáveis, aptas para funcionar como propágulos de dispersão, sendo descartadas aquelas que se apresentaram quebradas ou descaracterizadas. Posteriormente, as sementes foram fotografadas e identificadas a nível de espécie, sempre que possível. Para a identificação, foi consultada uma coleção de referência própria ("carpoteca"), montada a partir das sementes de frutos coletados em campo, no mesmo período de amostragem das aves. A coleta dos frutos se deu juntamente com seus respectivos ramos preparados na forma de exsiccatas, os quais foram devidamente identificados por especialistas colaboradores. Adicionalmente, foram consultados profissionais e fotografias de diásporos disponíveis na literatura (LORENZI, 1992, 1998, 2009; DAL RI, 2023, KUHLMANN; FAGG, 2018) para a identificação das sementes.

2.2.1 BIOSSEGURANÇA E ASPECTOS ÉTICOS

A captura e anilhamento das aves foi realizada por profissionais habilitados e que possuem as devidas autorizações dos órgãos ambientais (Autorização

CEMAVE/ICMBio nº 4648/4, Licença Sisbio/ICMBio nº 78037-4 e Autorização SEMA/RS nº 919). O projeto "Observatório do Banhado", ao qual esta pesquisa está vinculada, passou por análise da Comissão de Pesquisa (COMPESQ) e da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFRGS (Projeto nº 40358 no Sistema de Pesquisa).

O manuseio das aves durante os procedimentos de captura e coleta de dados e o processamento das amostras biológicas foram realizados de acordo com as recomendações de biossegurança (SOUSA; SERAFINI, 2020), considerando o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) como máscaras e luvas cirúrgicas.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

Cada conjunto de sementes de um mesmo morfotipo consideradas viáveis em uma amostra representou um evento de interação entre um par ave-planta. A partir da contabilização dos pareamentos (*links*) e da intensidade de ocorrências, foram construídas uma matriz quantitativa regional e uma matriz para cada local separadamente. As células da matriz (a_{ij}) representam a frequência de interações observada, ou seja, a soma de eventos de interação para cada *link* específico; as linhas (i) representam plantas e as colunas, aves (j). Com base na matriz de dados regionais, foi gerada uma rede bipartida no *software* R, pacote *bipartite* - *plotweb* (DORMANN; GRUBER; FRUEND, 2008), a partir da qual foi possível descrever a estrutura e analisar as métricas da rede e das espécies que a compõem: como o número de espécies de aves e plantas interagentes, número de *links* encontrados e sua ocorrência, valores de conectância (proporção dos links observados em relação à totalidade de links possíveis - soma das interações, dividida pela totalidade de células da matriz [DUNNE; WILLIAMS; MARTINEZ, 2002]), grau (número de *links* por espécie), complementaridade/especialização (índice H_2' , índice de especialização complementar, leva em consideração os grupos de animais e de plantas e o quanto o consumo do recurso por cada espécie desvia da disponibilidade do mesmo no ambiente (BLÜTHGEN *et al.*, 2006)), aninhamento ponderado (métrica wNODF - intervalo de 1 - 100 [GALEANO; PASTOR; IRIONDO, 2009]) e modularidade ponderada (métrica Q_w - intervalo de 0 - 1 [BECKETT, 2016]).

Para testar a significância das métricas de rede H_2' , wNODF e Q_w , foram geradas 1.000 matrizes nulas aleatórias a partir do pacote *r2dtable* (mantendo os totais marginais da matriz original [PATEFIELD, 1981]). A métrica foi considerada

significativa para explicar a estrutura modular ou aninhada da rede quando o valor observado foi maior que o intervalo de confiança (95%) proposto para um modelo de interações regido pelo acaso. Sobre os dois locais estudados, suas matrizes foram analisadas separadamente quanto à dissimilaridade das interações, utilizando-se a função *network_betadiversity* do pacote *betalink* (POISOT *et al.*, 2012) para calcular o número de interações ave-planta compartilhadas entre os dois sítios estudados.

Para o teste de suficiência amostral, a cobertura total de interações foi conferida a partir da “abundância” de *links* (número de eventos de dispersão entre um mesmo par ave-planta). A curva de acumulação foi extrapolada com base em 200 iterações (*bootstraps*), pelo método de CHAO *et al.* (2014), no *software iNext*. Para cada um dos locais amostrados, foi plotada uma curva de suficiência, utilizando-se dos mesmos critérios. O local com o menor número de eventos de interação determinou a comparação das curvas de interpolação e extrapolação (dobro do tamanho amostral da menor amostra) dos dados de cobertura.

Para analisar o efeito da distribuição sazonal do recurso alimentar ou de dispersão, foram geradas tabelas que contemplassem as aves e as plantas amostradas mensalmente. Sendo agrupadas de acordo com sua ocorrência no outono/inverno e/ou primavera/verão, possibilitaram o acesso à riqueza e a composição de espécies que formam a rede de interações entre as diferentes estações do ano.

3 RESULTADOS

O esforço de 1.639 horas-rede resultou na captura de 545 aves, sendo que 27% se enquadraram como frugívoras/onívoras e tiveram amostras fecais coletadas (material suplementar, tabela S1). Das 148 amostras, 72 (48,6%) apresentaram sementes. O número máximo de sementes encontradas em uma única amostra foi de 200 unidades; por outro lado, 16 indivíduos dispersaram apenas uma única semente (material suplementar, tabela S2).

Ao longo dos nove meses de estudo, 21 espécies de aves consumidoras de frutos foram amostradas, mas nove não defecaram ou apresentaram outro conteúdo alimentar nas amostras analisadas (*Cyanoloxia glaucocaerulea*, *Cyanoloxia brissonii*, *Pipraeidea melanonota*, *Stephanophorus diadematus*, *Coryphospingus cucullatus*, *Geotrygon montana*, *Leptotila rufaxilla*, *Myiodynastes maculatus* e *Pachyramphus polychopterus*). Das 12 espécies de aves que defecaram sementes, *Elaenia sordida* (tucão) se destacou dispersando nove espécies de plantas diferentes e apresentando força de interação (6,98), seguida por *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira) com cinco, *T. albicollis* (sabiá-coleira) e *T. amaurochalinus* (sabiá-poca) com quatro espécies cada. Apenas duas espécies de aves dispersaram uma só espécie vegetal (Tabela 1).

A partir da análise das sementes, 21 morfotipos foram classificados. Três desses foram identificados a nível de família, seis ao nível de gênero e onze ao nível de espécie. Apenas um morfotipo não foi identificado nem ao nível de família. Dos 16 gêneros identificados (duas espécies foram do mesmo gênero), 82,3% eram plantas arbóreas ou arbustivas, 5,9% epífitas e 11,8% trepadeiras (VENTURI, 2000; MÜLLER; WAECHTER, 2001; MATOS *et al.*, 2017; KIRSTEN; DE MARCHI; ROSA, 2023; material suplementar, tabela S3). A espécie *Miconia hyemalis* (pixirica) se destacou, sendo dispersada por sete espécies de aves diferentes e apresentando maior força de interação (2,70), seguida da *Myrsine* sp. (capororocas) e *Erythroxylum argentinum* (cocão) dispersas por quatro espécies cada. Por outro lado, 14 espécies de plantas foram dispersas por apenas uma espécie de ave (Tabela 2).

Tabela 1 – Valores de grau, ocorrência das interações e valores de importância das espécies de aves em relação a seus parceiros, na rede de interação

Espécies de aves	grau (links)	ocorrência	força da interação
<i>Elaenia sordida</i>	9	11	6,98
<i>Turdus rufiventris</i>	5	9	2,88
<i>Chiroxiphia caudata</i>	3	4	2,11

<i>Euphonia pectoralis</i>	2	2	2,00
<i>Saltator similis</i>	3	3	1,55
<i>Turdus albicollis</i>	4	6	1,46
<i>Turdus amaurochalinus</i>	4	11	1,06
<i>Turdus leucomelas</i>	1	1	1,00
<i>Elaenia parvirostris</i>	3	11	0,74
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1	5	0,55
<i>Elaenia mesoleuca</i>	2	7	0,48
<i>Columbina talpacoti</i>	2	2	0,16

Legenda: “Grau” se refere a quantidade de parceiros com as quais a espécie manteve interações (*links*). A “ocorrência” diz respeito a quantidade de interações que a espécie apresentou na rede, considerando as interações com uma mesma espécie que ocorreram mais de uma vez. A “força de interação” é a soma das dependências que os outros vértices da rede apresentam em relação à espécie, também pode ser descrita como um tipo de medida de centralidade na rede.

Tabela 2 – Valores de grau, ocorrência das interações e valores de importância das espécies de plantas em relação a seus parceiros, na rede de interação

Espécies de plantas	grau (<i>links</i>)	ocorrência	força da interação
<i>Miconia hyemalis</i>	7	20	2,70
<i>Erythroxylum argentinum</i>	4	9	1,77
<i>Myrsine</i> sp.	4	12	1,37
<i>Ficus</i> sp.	3	9	1,30
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	1	1,00
<i>Guarea macrophylla</i>	1	2	0,50
<i>Rhipsalis</i> sp.	1	1	0,50
Morfo 1	1	1	0,50
<i>Leandra australis</i>	2	2	0,44
Solanaceae morfo 2	1	1	0,33
<i>Ocotea</i> sp.	3	3	0,29
Solanaceae morfo 1	1	1	0,25
<i>Paullinia trigonia</i>	2	2	0,20
<i>Schinus</i> sp.	1	1	0,16
<i>Psychotria carthagenensis</i>	1	1	0,11
<i>Chiococca</i> cf. <i>alba</i>	1	1	0,09
<i>Eugenia hiemalis</i>	1	1	0,09
<i>Myrcia</i> sp.	1	1	0,09

<i>Ocotea pulchella</i>	1	1	0,09
Rubiaceae Morfo 1	1	1	0,09
<i>Smilax campestris</i>	1	1	0,09

Legenda: “Grau” se refere a quantidade de parceiros com as quais a espécie manteve interações (*links*). A “ocorrência” diz respeito a quantidade de interações que a espécie apresentou na rede, considerando as interações com uma mesma espécie que ocorreram mais de uma vez. A “força de interação” é a soma das dependências que os outros vértices da rede apresentam em relação à espécie, também pode ser descrita como um tipo de medida de centralidade na rede.

Em relação aos dois locais amostrados, houve diferenças quanto à composição de espécies interagindo mutuamente na dispersão de sementes. Na Mata de Restinga Arenosa, foram encontradas 11 espécies de plantas e 10 aves, sendo *Turdus leucomelas* (sabiá-barranco), *Elaenia mesoleuca* (tuque), *Columbina talpacoti* (rolinha-roxa) e *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), não amostrados na Mata Paludosa, que por sua vez apresentou 13 espécies de plantas e oito espécies de aves, sendo *Chiroxiphia caudata* (tangará) e *Euphonia pectoralis* (ferro-velho) exclusivamente amostradas neste ambiente (Material suplementar, tabela S4.1 e S4.2).

A comparação das matrizes de interações de cada local amostrado resultou em uma dissimilaridade total das interações de 41% (BWN = 0,41), sendo 32% desta dissimilaridade causada por religação (BOS = 0,32) - quando as espécies ocorrem em ambos os locais, mas interagem com outros parceiros; e 9% causado por substituição de espécies (Bst = 0,09) - quando as espécies não ocorrem em ambos locais. Ou seja, aproximadamente 60% das interações de um local ocorrem no outro, apresentando um alto nível de similaridade.

A rede bipartida regional (Tabela 3) não apresentou uma topologia aninhada ($wNODF_{obs} = 6,13$; IC 95% $wNODF_{r2dtable} = 10,41 - 17,82$), mas, sim, modular ($Q_{obs} = 0,53$, IC 95% $Q_{r2dtable} = 0,33 - 0,42$), com seis módulos (Material suplementar, Figura F1) e algumas interações que ligam estes diferentes grupos entre si. A espessura dos *links* na representação da rede indica a intensidade em que a interação ocorreu, baseado na frequência em que duas espécies interagiram (Figura 2).

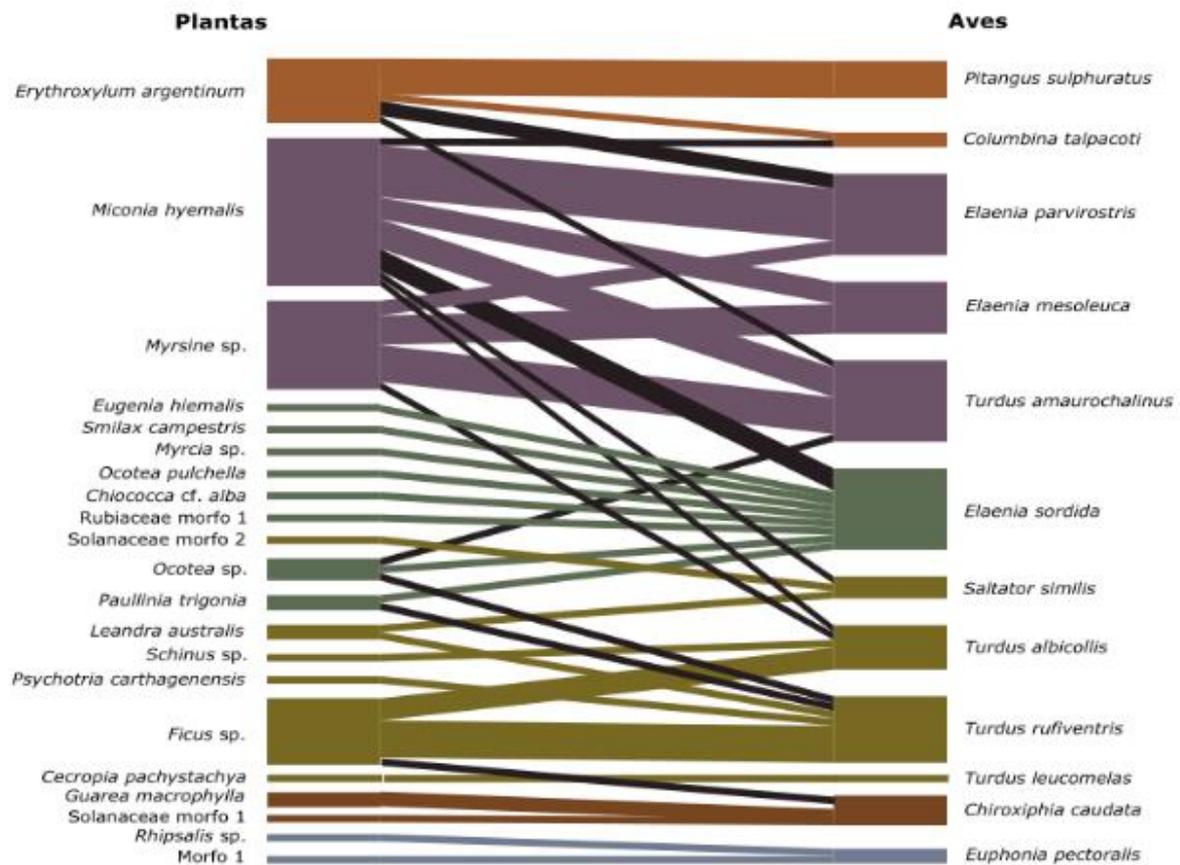
Tabela 3 – Métricas estatísticas geradas a partir da análise da rede de interação, levando em consideração a ocorrência (análise ponderada) das interações mutualísticas entre aves e plantas.

Métricas	Rede regional	Teste modelos nulos (n = 1000; <i>r2dtable</i>)	Varição da métrica
Modularidade (Qw)	0,53	5% - 95% (0,33 - 0,42)	0 a 1

Aninhamento (wNODF)	6,13	5% - 95% (10,41 - 17,82)	0 a 100
Conectância	0,15	Métrica descritiva.	0 a 1
Complementaridade (H ₂ ')	0,48	5% - 95% (0.14 - 0.27)	0 a 1

Legenda: Qw - *weighted modularity* (modularidade ponderada); wNODF - *weighted nestedness* (aninhamento ponderado). Conectância - valor dos *links* observados em relação à totalidade de *links* possíveis (soma das interações, dividida pela totalidade de células da matriz). H₂' - complementaridade, derivada do índice de diversidade de Shannon.

Figura 2 – Rede de interação mutualista entre aves e plantas do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, representando a dispersão de sementes amostrada nas regiões de Restinga do RVSBP

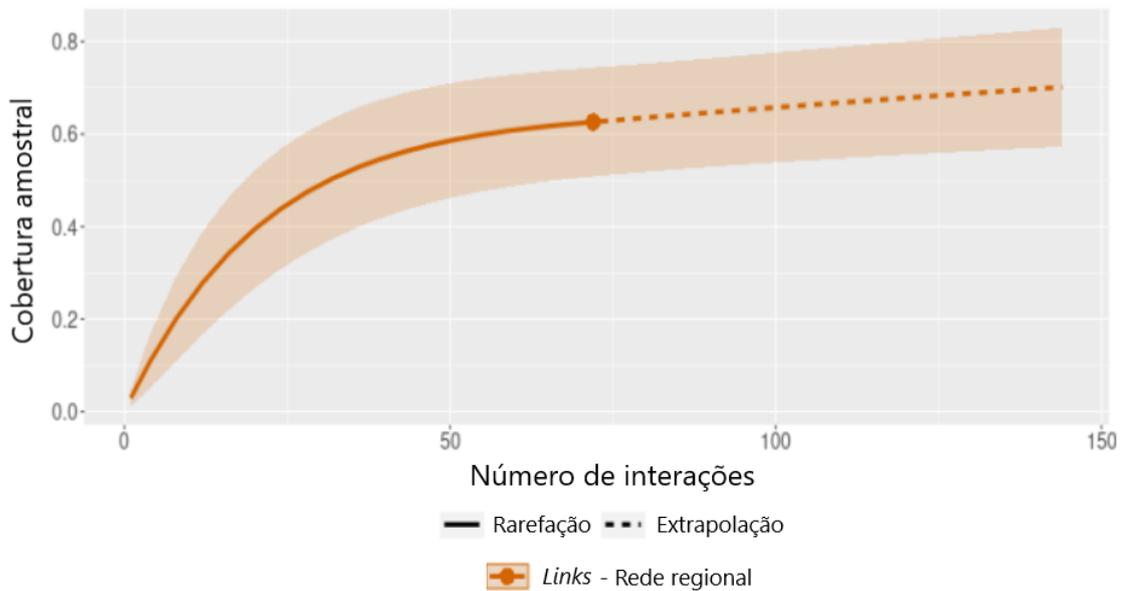


Legenda: Lado esquerdo: espécies de plantas; Lado direito: espécies de aves. A espessura de cada *link* (aresta que conecta dois vértices da rede) representa a intensidade de ocorrência de uma interação: quanto mais espessa, mais vezes a interação entre duas espécies ocorreu. As cores representam os seis módulos onde as espécies se relacionam mais fortemente entre si, com algumas espécies se relacionando entre módulos - *links* pretos).

A curva de suficiência amostral indicou que no ambiente de Restinga (Arenosa e Paludosa), a cobertura amostrada em relação ao total de interações existentes entre espécies de aves e plantas foi de 62,62% (Figura 3), resultando em uma curva não

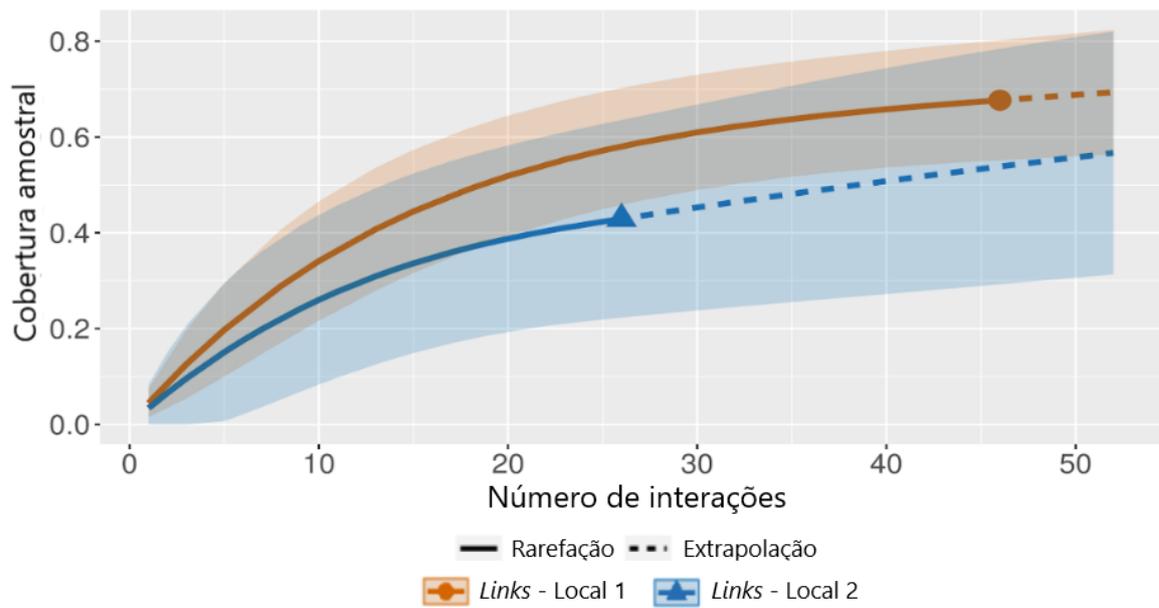
assimptótica. Separando-se as localidades, obtivemos para o Local 1 - 67,68% e para o Local 2 - 42,92% de cobertura amostral. Os locais não diferem quanto à riqueza de *links*, as curvas interpoladas e extrapoladas para uma mesma cobertura se sobrepõem, indicando que a riqueza de *links* é similar entre as áreas (Figura 4).

Figura 3 – Cobertura amostral das interações (*links* de dispersão de sementes) amostrados para uma comunidade de aves e plantas em uma zona de Restinga no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos. A curva ainda não se mostra assimptótica, o que indicaria uma cobertura mais representativa das interações da comunidade.



Fonte: software *iNext*. Modificada - tradução para língua portuguesa.

Figura 4 – Cobertura amostral das interações (*links* de dispersão de sementes) amostrados para uma comunidade de aves e plantas em cada uma das zona de Restinga no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos - Local 1: Mata de Restinga Arenosa e Local 2: Mata Paludosa. O número de interações da menor amostra (Local 2), determinou o corte de comparação (dobro do valor da menor amostra) da cobertura e da riqueza de *links* para os dois ambientes. Os locais não diferem quanto à diversidade de *links* - as curvas se sobrepõem, não havendo desvio amostral significativo que as separe.



Fonte: *software iNext*. Modificada - tradução para língua portuguesa.

Quanto às variações sazonais, o período de frutificação das plantas (informação baseada na coleta de sementes dispersadas) revelou um perfil mensal de “disponibilidade de recurso”, com poucas sendo relevantes ao longo de todo o ano, como *Ficus* sp. (figueiras), e outras estando presentes somente ao longo da primavera, como *Miconia hyemalis* e *Myrsine* sp. (Tabela 4). No que diz respeito às aves (Tabela 5), pode-se notar a presença de espécies migratórias de primavera/verão, como *Elaenia parvirostris* (tuque-pium) e *E. mesoleuca*. O gênero *Turdus* foi abundante durante todo o ano. No que diz respeito ao número de amostras, durante o outono/inverno, das 46 amostras coletadas, 24 apresentaram sementes (52%), refletindo a interação de 16 espécies de plantas e 7 de aves. No período de primavera/verão, de maior atividade das aves e frutificação das plantas, das 102 amostras coletadas, 48 apresentaram sementes (47%), refletindo a interação de 6 espécies de plantas e 9 de aves.

Tabela 4 – Distribuição mensal das espécies de plantas amostradas nas fezes de aves do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, considerando-se apenas a presença e ausência da espécie a cada mês, de abril a dezembro de 2023.

Espécies de plantas	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
<i>C. pachystachya</i>	1								
<i>Leandra australis</i>		1							
<i>Ficus</i> sp.		1		1	1	1			1

<i>Psychotria</i>	1								
<i>carthagenensis</i>									
<i>Rhipsalis</i> sp.	1								
<i>Schinus</i> sp.	1								
Solanaceae morfo 1	1								
Solanaceae morfo 2	1								
Morfo 1	1								
<i>Chiococca</i> cf. <i>alba</i>		1							
<i>Smilax campestris</i>		1							
<i>Myrcia</i> sp.			1						
<i>Eugenia hiemalis</i>					1				
<i>Paullinia trigonia</i>					1				
<i>Ocotea pulchella</i>					1				
Rubiaceae morfo 1					1				
<i>Guarea macrophylla</i>						1			
<i>Ocotea</i> sp.						1			
<i>Miconia hyemalis</i>							1	1	
<i>Myrsine</i> sp.							1	1	1
<i>Erythroxylum</i>									1
<i>argentinum</i>									

Legenda: de abril a agosto (outono e inverno) e de setembro a dezembro (primavera-verão).

Tabela 5 – Presença e ausência mensal (de abril a dezembro de 2023) das espécies de aves capturadas em rede de neblina que apresentaram sementes de plantas em suas fezes, no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

espécies de plantas	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
<i>Turdus leucomelas</i>	1								
<i>Saltator similis</i>		1							
<i>Euphonia pectoralis</i>		1							
<i>Chiroxiphia caudata</i>		1				1			
<i>Turdus rufiventris</i>		1		1	1	1			
<i>Turdus albicollis</i>		1		1				1	1
<i>Elaenia sordida</i>			1	1	1	1			
<i>T. amaurochalinus</i>						1	1	1	1

<i>Elaenia mesoleuca</i>	1		1
<i>Elaenia parvirostris</i>	1	1	1
<i>Columbina talpacoti</i>	1		1
<i>P. sulphuratus</i>			1

Legenda: de abril a agosto (outono e inverno) e de setembro a dezembro (primavera-verão).

4 DISCUSSÃO

As espécies de aves com maior número de *links* e maior força de interação na rede pertencem aos grupos funcionais onívoro e insetívoro generalista, conforme já constatado para outras áreas de Mata Atlântica (GOMES *et al.*, 2013), o que reforça a importância dos frutos na complementação da dieta desses animais para a dinâmica de dispersão de sementes, principalmente durante o inverno (VISSOTO, *et al.*, 2019). As famílias Tyrannidae e Turdidae se destacaram na comunidade com maior frequência de dispersão de sementes, visto que contemplam espécies generalistas e oportunistas. Esse padrão também foi encontrado em estudos no Chaco Argentino (REATI; TOLEDO; PELUC, 2022) e na Mata Atlântica (GOMES *et al.*, 2013).

Turdus amaurochalinus aparece como espécie significativa para a dispersão de sementes em diversos estudos, seja com os maiores números de sementes dispersadas (REATI; TOLEDO; PELUC, 2022), seja com a maior força de interação entre as espécies da rede, se destacando, inclusive, em ambientes de restinga (SCHERER; MARASCHIN-SILVA; BAPTISTA, 2007). Apesar de ter a maior ocorrência de interações entre os sabiás (*Turdus* spp.) neste estudo, *T. amaurochalinus* se relacionou com menos espécies de plantas do que *T. rufiventris*. O último, obteve a segunda maior força de interação na rede analisada, o que condiz com o sucesso dessa espécie na competição por recursos, pois apresenta alta plasticidade alimentar (VOGEL; ZAWADZKI; METRI, 2011). Sobre o gênero *Turdus*, apesar de transportarem as sementes a curtas distâncias (GUITIÁN, 2000), são considerados como um dos principais atores na dinâmica de dispersão de sementes, se destacando ao longo de todo o ano (CORTES, 2009; CARVALHO; ALVES; PIZO, 2023). Das 12 espécies de aves registradas na rede (Figura 2), quatro são sabiás (33%).

O gênero *Elaenia*, por sua vez, teve as maiores ocorrências de interações na rede estudada (Figura 2). A espécie *E. sordida* (anteriormente, *E. obscura sordida*) se destacou na comunidade de dispersores, apresentando o maior número de *links* e a maior força de interação entre todas as espécies analisadas, provavelmente devido ao seu padrão generalista de consumo que acaba por suprir a dependência de várias espécies de plantas pelo recurso de dispersão. Outras espécies desse mesmo gênero, como *E. parvirostris* e *E. mesoleuca*, integraram-se na rede somente em outubro, após completarem sua migração para a região sul e passarem a ocupar a

área de estudo. Estas, mesmo não estando presentes durante todo o ano, apresentaram um papel importante como dispersoras, pois imigram justamente em um período de maior frutificação das plantas e abundância de recursos alimentares. Tais espécies utilizam os frutos gordurosos, como os de *Ocotea* sp. (canelas), como complementação de sua dieta na fase adulta e para suprir as necessidades energéticas dos filhotes, durante o período reprodutivo (JESUS; MONTEIRO-FILHO, 2007). Espécies de *Elaenia* e *Turdus* foram as mais frequentes no estudo de Vissoto *et al.* (2019), correspondendo a 65% de todas as interações registradas, também em formações pioneiras no Rio Grande do Sul.

Outras espécies de aves que apresentaram poucos *links*, mas alto valor de força de interação, foram *Chiroxiphia caudata* e *Euphonia pectoralis*. A primeira dispersou sementes de plantas de dossel (*Ficus* sp.) e sub-bosque (*Guarea macrophylla* [pau-de-arco]), o que reflete sua plasticidade comportamental, como constatado por Fadini e Marco Júnior (2004). Essa espécie se destaca por ser dispersora de *G. macrophylla*, cujas grandes sementes possuem até 12 mm de comprimento e 7 de diâmetro (DAL RI, 2023), interação possibilitada por adaptações morfológicas da ave, como a grande abertura do bico (JORDANO, 2000). Sobre *E. pectoralis*, foi a espécie que dispersou o maior número absoluto de sementes neste estudo, uma vez que interagem com plantas com alto número de sementes por fruto (como *Rhipsalis* sp. [cacto-macarrão]). Tal fator pode ser consequência da quantidade de sementes produzidas por fruto, estando relacionado às estratégias de dispersão de cada espécie de planta (HOWE, 1993).

Exemplo de planta que produz frutos pequenos e em grandes quantidades, *Miconia hyemalis* teve maior grau e força de interação (muitas espécies consumidoras e dependentes desse recurso) e maior ocorrência de *links* na rede. Sua frutificação só foi registrada nos meses de primavera, durante o período reprodutivo das aves, sendo utilizada como recurso alimentar de espécies migratórias (*Elaenia mesoleuca* e *E. parvirostris*) e residentes (*Turdus amaurochalinus*, *T. albicollis*, *Saltator similis* [trinca-ferro] e *Columbina talpacoti*). Espécies do gênero *Miconia* estão associadas a aves oportunistas (SNOW, 1981), sendo uma das mais importantes em redes de interação da Mata Atlântica, como constatado por Fadini e Marco Júnior (2004) e Gomes *et al.* (2013).

O gênero *Myrsine* se destaca em redes de interação de diversos estudos, seja por ser consumida por diversas espécies de aves (SCHERER; MARASCHIN-SILVA;

BAPTISTA, 2007) das guildas frugívora, onívora e insetívora generalista (JESUS; MONTEIRO-FILHO, 2007) ou por se apresentar dominante na rede de interações (MALMORIA *et al.*, 2021). Assim como *Miconia hyemalis*, as capororocas frutificaram durante o período reprodutivo das aves e podem estar relacionadas à alimentação dos ninhegos de algumas espécies, conforme exposto por Jesus e Monteiro-Filho (2007).

Erythroxylum argentinum foi amostrada nas fezes das aves apenas no mês de dezembro, mas apresentou um alto valor de força de interação e interagiu com quatro espécies diferentes. Em um estudo de regeneração ambiental na APA do Banhado Grande, localidade na qual se insere a área de estudo deste trabalho, *E. argentinum* e espécies de *Ficus* foram as mais abundantes na chuva de sementes provenientes de poleiros artificiais utilizados por aves. Como espécie pioneira na nucleação de habitats, na APA a espécie *E. argentinum* mostrou-se importante para a restauração ecológica de habitats (ESCOBAR, 2018).

Estando entre as espécies deste estudo com maior grau e força de interação, bem como ocorrência de *links*, *Ficus* sp. se destaca também por sua frutificação se prolongar por diversos meses do ano, disponibilizando frutos inclusive durante o inverno. Scherer, Maraschin-Silva e Baptista (2007) destacam, para outra região de restinga no estado, que as figueiras agem como espécies-chave na dinâmica de disponibilidade de recursos e dispersão de sementes, o que se deve à baixa oferta de alimento de outras espécies de plantas, principalmente durante os meses mais frios (LAPATE, 2009).

Apesar de ainda não terem sido amostrados os meses de janeiro a março, o que possibilitaria uma análise mais robusta da composição de espécies de plantas e dispersores da comunidade estudada, alguns padrões já podem ser visualizados. Primeiramente, o aumento da riqueza de espécies de aves na comunidade, da frutificação de plantas e de eventos de dispersão a partir da primavera, corroborado por Scherer, Maraschin-Silva e Baptista (2007). Também, é possível observar que espécies de plantas consumidas por aves generalistas e oportunistas tendem a ter picos de frutificação curtos, como sugerido por Howe e Estabrook (1977).

O conjunto de eventos de interação amostrado na Mata de Restinga Arenosa e Paludosa apresentaram alta similaridade, provavelmente porque as espécies que constituem o *core* da matriz são as mais generalistas, comumente encontradas ao longo de comunidades adjacentes (BASCOMPTE; JORDANO; OLESEN, 2006), o que

corroborar com os dados encontrados de interações similares por “relição” e não por “turnover” (mudança na composição) de espécies. Considerando os dois locais amostrados, obteve-se uma topologia modular para a rede de interação regional. Isso indica a existência de grupos de espécies que interagem mais fortemente entre si do que com outros grupos da mesma comunidade. Apesar da premissa de Bascompte e Jordano (2007) de que redes mutualistas entre animais e plantas são topologicamente aninhadas, estudos mais recentes e que consideram a intensidade das interações (matrizes não binárias) têm detectado padrões modulares em redes de dispersão de sementes (SCHLEUNING *et al.*, 2014, VIZENTIN-BUGONI, *et al.* 2019). Pimm e Brown (2004) acrescentam que em ambientes ricos em espécies, as redes tendem a ter um padrão modular, regido pela competição por recursos. Mas, esta não é geralmente a característica dos ambientes de Restinga, que apresentam baixa riqueza de espécies (SCHERER; MARASCHIN-SILVA; BAPTISTA, 2007). Uma possível explicação, como sugerido por Schleuning *et al.* (2012), é de uma topologia modular definida por padrões de sazonalidade e periodicidade na oferta de recursos. Essa proposta se encaixa também com o valor de especialização (índice H_2') moderadamente alto detectado nesta comunidade. Um alto nível de especialização é esperado em redes modulares, visto que esta métrica leva em consideração justamente o quanto o consumo de recursos por cada espécie de ave/planta desvia da disponibilidade do mesmo no ambiente, podendo ser considerada especializada uma espécie comum que se alimenta múltiplas vezes de frutos de uma espécie muito abundante, ou então, espécies que se alimentam múltiplas vezes de espécies raras (o mesmo vale para o recurso de dispersão). Espécies generalistas se comportam como especializadas no contexto de frugivoria por causa da variação temporal na disponibilidade de recursos. Por exemplo, uma ave generalista que tipicamente preda animais consome frutos apenas quando são altamente abundantes e ocorrem em um período do ano de escassez de outros tipos de alimento, como as presas (DALSGAARD *et al.*, 2017). Como discutido por Plein *et al.* (2013), módulos podem ser formados por associações temporárias entre aves e plantas, como foi encontrado para o ambiente de Restinga estudado, com baixa riqueza e marcado pela sazonalidade. É importante ressaltar que as amostragens devem continuar para que sejam obtidos valores mais robustos das métricas de rede, porém, estes valores já se mostram significativos, a partir do teste de modelos nulos, para explicar a estrutura de rede encontrada.

O valor de conectância da rede encontrado para a região de Restinga foi baixo. Em outro estudo, Jordano (1987) discute que este índice se apresenta baixo em ambientes ricos em espécies, onde existem múltiplas combinações de interações possíveis, visto que a métrica é calculada com base na proporção de *links* amostrados sobre o somatório das células da matriz *aij* de interações (incluindo *links* proibidos). Porém, em um ambiente pouco rico em espécies e fortemente influenciado pela sazonalidade, como o ambiente amostrado neste estudo, a baixa conectância pode ter relação tanto com a incompleta cobertura amostral de *links* ou então com o não pareamento (*links* proibidos) entre espécies de plantas e animais, por motivos de desencontro espaço-temporal, incompatibilidades morfológicas, entre outros, como encontrado por Scherer, Maraschin-Silva e Baptista (2007) nas restingas do Parque Estadual de Itapuã - RS. Novamente, o valor baixo de conectância também pode ser explicado pela suficiência amostral, o que pode ter influenciado na detecção de novos *links*, como interações raras.

O padrão modular refletido pela rede de interações da comunidade de Restinga do RVSBP é consequência de fatores ecológicos e evolutivos (SCHLEUNING *et al.*, 2014). A topologia modular se mostra importante para a coexistência de espécies e para a estabilidade da comunidade, visto que distúrbios podem afetar apenas um módulo, não se estendendo por toda a rede de interações (THÉBAULT; FONTAINE, 2010). Em um contexto de Unidade de Conservação, tal característica denota a estabilidade do ambiente e a possibilidade de novas ações para conservação das espécies-chave da comunidade dispersora. Tais resultados indicam que espécies de aves e plantas abundantes e frequentes também devem ser alvo de políticas de conservação, não somente aquelas espécies raras ou em perigo de extinção.

Como a amostragem é um dos fatores que influencia na detecção das interações ecológicas, a topologia da rede de interações observada pode ser diferente da estrutura real das interações ave-planta na natureza (VÁZQUEZ *et al.*, 2009). A contabilização de novos *links* requer um maior esforço amostral, pois mesmo com a captura de espécies de aves novas para a rede de interações, isso não é suficiente para reportar novas interações de dispersão (COSTA, *et al.* 2016), como no caso das espécies *Cyanoloxia brissonii*, *Pipraeidea melanonota* e outras que foram capturadas, mas não defecaram nenhuma semente, impossibilitando o estabelecimento de relações ave-planta a partir dessas amostras. Outro caso diz respeito à amostragem

de espécies comuns de aves e plantas que interagem de forma rara, sendo difícil sua detecção, a exemplo de insetívoros que ocasionalmente consomem frutos.

Ainda sobre a amostragem de interações, o esforço de 1.639 horas-rede permitiu a contabilização de 72 *links*, o que resultou em uma cobertura amostral de 62% das interações da comunidade. Visto que o método de CHAO *et al.* (2014) para análise de cobertura se aplica, também, a amostras de tamanho reduzido (COLWELL; CODDINGTON, 1994), pode-se supor que os 38% de *links* não encontrados refletem a amostragem incompleta dos meses de verão, que apresentam uma frutificação intensa e grande atividade das aves, ou, ainda, um baixo esforço amostral para detecção de interações raras. As amostragens serão continuadas pelo menos até o final do verão, portanto. Com base na suficiência amostral, ainda pode-se analisar a robustez das métricas de rede obtidas. De acordo com COSTA *et al.* (2016), as medidas de aninhamento (wNODF) e modularidade (Qw) se mostram estáveis já na primeira metade de cobertura amostral de interações em ambientes com baixa riqueza de espécies, como o da comunidade estudada. Tal afirmação confirma o resultado encontrado neste estudo, de uma comunidade com interações distribuídas de forma modular.

Por último, é importante ressaltar que redes de neblina têm sua taxa de captura sujeita ao comportamento e ao nível de atividade das aves (KARR, 1981) e, geralmente, permitem a amostragem de apenas um estrato do ambiente (DERLINDATI; CAZIANI, 2005). No caso deste estudo, considerando as dimensões das redes de neblina utilizadas, houve a captura majoritária de aves de sub-bosque. Isso pode ter influenciado na descrição da rede de interações observada que favoreceu a detecção de eventos de dispersão de sementes de espécies que ocupam os estratos baixo e médio da floresta, ficando de fora a avifauna dispersora habitante do estrato superior. Para que seja obtido uma rede de interações com propriedades que descrevam toda a comunidade florestal de dispersores e plantas zoocóricas da área, outras sub-redes de interação devem ser estudadas (JORDANO, 2016).

Apesar disso, a captura com redes de neblina permite uma melhor resolução taxonômica das espécies inconspícuas ou com plumagem críptica (COSTA *et al.* 2016). Evitando o viés do observador, esse método é considerado um dos mais adequados para a construção de redes de interação de dispersão de sementes (amostragem zoocêntrica), pois pode informar dados da dispersão de espécies de plantas raras, pouco comuns ou com períodos de frutificação curtos, bem como

permite a amostragem simultânea de diversos indivíduos de diferentes espécies de aves. Tal amostragem é dificultada por métodos de observação focal, onde se acompanha o comportamento alimentar das aves em uma espécie de planta pré-definida (amostragem fitocêntrica) (PIZO; GALETTI, 2010). Ainda assim, a utilização desses dois métodos associados poderia trazer resultados quanto à completa estruturação das interações no ambiente amostrado (SCHERER; MARASCHIN-SILVA; BAPTISTA, 2007; DORMANN, 2009, VITORINO *et al.* 2022).

5 CONCLUSÃO

Neste estudo, investigou-se a estruturação da rede de interação entre plantas e aves em formações pioneiras dentro dos limites de uma Unidade de Conservação no leste do Rio Grande do Sul, a partir da captura das aves com rede de neblina e identificação das sementes dispersadas. A estrutura da rede se mostrou modular, com valores moderados de especialização, o que reflete o padrão sazonal de distribuição de recursos das matas de Restinga. As espécies-chave da rede de interações, como as aves *Elaenia sordida* e *Turdus rufiventris* e as plantas *Miconia hyemalis* e *Myrsine* sp., podem embasar o planejamento e gestão do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, contribuindo para a conservação das interações e estabilidade do ecossistema. Como perspectivas, o grupo de pesquisa realizará amostragens durante os próximos meses, com intuito de contemplar a variação sazonal anual, ainda não observada em sua integridade. Outros estudos, envolvendo métodos de observação focal ou capturas de aves de dossel, complementariam o presente trabalho, elucidando ainda mais a dinâmica de interações do ambiente de Restinga.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, J; GERTRUD BERENS, D; JAROSZEWICZ, B; SELVA, N; BRANDL, R; FARWIG, N. Correlated loss of ecosystem services in coupled mutualistic networks. **Nature communications**, v. 5, n. 1, p. 3810, 2014.
- BARNEA, A.; YOM-TOV, W; FRIEDMAN, J. Effect of frugivorous birds on seed dispersal and germination of multi-seeded fruits. **Acta Ecologica**, v.13, n. 2, p. 209-219, 1992.
- BASCOMPTE, J; JORDANO, P. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 38, p. 567-593, 2007.
- BASCOMPTE, J; JORDANO, P; OLESEN, J. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. **Science**, v. 312, n. 5772, p. 431-433, 2006.
- BECKETT, S. Improved community detection in weighted bipartite networks. **Royal Society open science**, v. 3, n. 1, p. 140536, 2016.
- BLÜTHGEN, N; MENZEL, F; BLÜTHGEN, N. Measuring specialization in species interaction networks. **BMC ecology**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2006.
- BRACK, P. Vegetação e paisagem do Litoral Norte do Rio Grande do Sul: exuberância, raridade e ameaças à biodiversidade. In: Norma Luiza Würdig; Suzana Maria F. de Freitas. (Org.). **Ecossistemas e biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre, p. 32-55, 2009.
- CARLO, T; YANG, S. Network models of frugivory and seed dispersal: challenges and opportunities. **Acta Oecologica**, v. 37, n. 6, p. 619-624, 2011.
- CARVALHO, R; ALVES, K; PIZO, M. Spillover of avian seed dispersers between secondary forests and degraded areas in a tropical island. **Acta Oecologica**, v. 121, p. 103959, 2023.
- CHAO A; GOTELLI N; HSIEH T; SANDE E; MA K; COLWELL R; ELLISON A. "Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies." **Ecological Monographs**, v. 84, p. 45–67, 2014.
- COLWELL, R; CODDINGTON, J. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 345, n. 1311, p. 101-118, 1994.
- CORDEIRO, N; HOWE, H. Forest fragmentation severs mutualism between seed dispersers and an endemic African tree. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 24, p. 14052-14056, 2003.
- CORTES, M; CAZETTA, E.; STAGGEMEIER, V; GALETTI, M. Linking frugivore activity to early recruitment of a bird dispersed tree, *Eugenia umbelliflora* (Myrtaceae) in the Atlantic rainforest. **Austral Ecology**, v. 34, n. 3, p. 249-258, 2009.
- COSTA, J; DA SILVA, L; RAMOS, J; HELENO, R. Sampling completeness in seed dispersal networks: when enough is enough. **Basic and Applied Ecology**, v. 17, n. 2, p. 155-164, 2016.
- DAL RI, L. **Frutos e sementes das árvores e palmeiras nativas do Rio Grande do Sul**. 1ª ed. Editora Letra1 LTDA. Porto Alegre, 2023

DEL HOYO, J; COLLAR, N; KIRWAN, G. Small-headed Elaenia (*Elaenia sordida*), version 1.0. **Birds of the World** (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, DA Christie, and E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA, v. 1, 2020.

DALSGAARD, B; SCHLEUNING, M; MARUYAMA, P; DEHLING, D; SONNE, J; VIZENTIN-BUGONI, J; ... & RAHBK, C. Opposed latitudinal patterns of network-derived and dietary specialization in avian plant–frugivore interaction systems. **Ecography**, v. 40, n. 12, p. 1395-1401, 2017.

DE PIACENTINI, V; ALEIXO, A; AGNE, C; MAURÍCIO, G; PACHECO, J; BRAVO, G; ... CESARI, E. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee/Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 23, p. 91-298, 2015.

DÉMINICIS, B; VIEIRA, H; ARAÚJO, S; JARDIM, J; PÁDUA, F; NETO, A. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 224, p. 35-58, 2009.

DERLINDATI, E; CAZIANI, S. Using canopy and understory mist net and point count to study bird assemblages in Chaco forest. **The Wilson Bulletin**, v. 117, p. 92–99, 2005.

DORMANN, C; GRUBER, B; FRUEND, J. Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. **R News**, v. 8, n. 2, 8-11, 2008.

DORMANN, C; FRÜND, J; BLÜTHGEN, N; GRUBER, B. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. **The Open Ecology Journal**, n. 2, p. 7-24, 2009.

DUNNE, J; WILLIAMS, R; MARTINEZ, N. Food-web structure and network theory: the role of connectance and size. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 20, p. 12917-12922, 2002.

ESCOBAR, L. **Chuva de sementes ornitocóricas e o uso de poleiros artificiais em área em recuperação sob o domínio da mata atlântica**. Dissertação de mestrado. Universidade La Salle, 2018.

FADINI, R; MARCO JR., P. Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. **Ararajuba**, p. 97-103, 2004.

FORGET, P; JORDANO, P; LAMBERT, J; BÖHNING-GAESE, K; TRAVESET, A; WRIGHT, S. Frugivores and seed dispersal (1985-2010); the 'seeds' dispersed, established and matured. **Acta Oecologica**, 2011.

FRANCISCO, M; LUNARDI, V; GALETTI, M. Bird attributes, plant characteristics, and seed dispersal of *Pera glabrata* (Schott, 1858), (Euphorbiaceae) in a disturbed cerrado area. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 627-634, 2007.

GALEANO, J; PASTOR, J.; IRIONDO, J. Weighted-interaction nestedness estimator (WINE): a new estimator to calculate over frequency matrices. **Environmental Modelling & Software**, v. 24, n. 11, p. 1342-1346, 2009.

GALETTI, M; FRANCISCO, M. Aves como potenciais dispersoras de *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) numa área de vegetação de cerrado do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 11-17, 2002.

GARCIA, D. Birds in ecological networks: insights from bird-plant mutualistic interactions. **Ardeola**, v. 63, n. 1, p. 151-180, 2016.

GOMES, C. **Interações entre aves e plantas: frugivoria, amplitude de nicho e relações morfológicas, em três diferentes ambientes**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, 104p. Uberlândia, 2013

GUIMARÃES JR, P; JORDANO, P; THOMPSON, J. Evolution and coevolution in mutualistic networks. **Ecology letters**, v. 14.9, p. 877-885, 2011.

GUITIÁN, J. Zorzales, espinos y serbales: **Un estudio sobre el consumo de frutos silvestres de las aves migratorias en la costa occidental europea**. Universidad Santiago de Compostela, 2000.

HOWE, H. Specialized and generalized dispersal systems: where does 'the paradigm' stand? **Vegetatio**, v. 107, p. 3-13, 1993.

HOWE, H; ESTABROOK, G. On intraspecific competition for avian dispersers in tropical trees. **The American Naturalist**, v. 111, n. 981, p. 817-832, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Biomas e sistema costeiro marinho do Brasil Compatível com a escala 1:250 000. **Série Relatórios Metodológicos**. 2019.

JESUS, S; MONTEIRO-FILHO, E. Frugivoria por aves em *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) e *Myrsine coriacea* (Myrsinaceae). **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 4, p. 585-591, 2007.

JORDANO, P. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. **American Naturalist**, v.129, p. 657-677, 1987.

JORDANO, P. Fruits and frugivory. In, M. Fener (Ed.): *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, p. 125–166. CABI Publishing, Wallingford, 2000.

JORDANO, P. Sampling networks of ecological interactions. **Functional ecology**, v. 30, n. 12, p. 1883-1893, 2016.

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

JORDANO, P; FORGET, P; LAMBERT, J; BÖHNING-GAESE, K; TRAVESET, A; WRIGHT, S. Frugivores and seed dispersal: mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. **Biology Letters**, v. 7, n. 3, p. 321-323 2011.

JOHNSON, W. Estimating dispersibility of *Acer*, *Fraxinus* and *Tilia* in fragmented landscapes from patterns of seedling establishment. **Landscape Ecology**, v. 1, p. 175-187, 1988.

KARR, J. Surveying birds with mist nets. **Studies in Avian Biology**, v. 6, p. 62-67, 1981.

KEYES, B; GRUE, C. Capturing birds with mist nets: A review. **North American Bird Bander**, v. 7, n. 1, p. 2-14, 1982.

- KIRSTEN, I; DE MARCHI, T; ROSA, A. Florística e fitossociologia da vegetação arbórea no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, Viamão, RS, Brasil. **Balduinia**, n. 71, p. 6-21, 2023.
- KUHLMANN, M; FAGG, C. Frutos e sementes do Cerrado: espécies atrativas para fauna. Ed. Ipsis Gráfica. Volume I e II. Brasília, 2018
- LANDI, P; MINOARIVELLO, H; BRÄNNSTRÖM, Å; HUI, C; DIECKMANN, U. Complexity and stability of ecological networks: a review of the theory. **Population ecology**, v. 60, p. 319-345.
- LAPATE, M. **Frugivoria de Ficus (Moraceae) por aves em paisagens com diferentes níveis de fragmentação florestal no Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 52p. São Paulo, 2019.
- LOISELLE, B; BLAKE. J. Diets of understory fruit-eating birds in Costa Rica. **Studies in Avian Biology**, v. 13, p. 91-103, 1990.
- LOISELLE, B; BLAKE. J. Dispersal of melastome seeds by fruit-eating birds of tropical forest understory. **Ecology**, v. 80, p. 330-336, 1999.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum Ltda. Volume 1. 1992
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum Ltda. Volume 2. 1998.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum Ltda. Volume 2. 2009
- MALMORIA, P. **Redes de interações de frugivoria de sabiás (turdidae) em dois estágios sucessionais na Mata Atlântica no Sul do Brasil**. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 52p, Porto Alegre, 2021.
- MATOS, J; FARIAS-SINGER, R; SENNA, R; RAMOS, R; CARNEIRO, A. Epífitos vasculares do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 3, n.4, p. 798-806, 2007.
- MATTEI, G; MÜLLER, S; PORTO, M. Corredores de imigração e distribuição de espécies arbóreas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 12-14, 2007.
- MORENO, J. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 11, p. 49-83, 1961.
- MÜLLER, S; WAECHTER, J. Estrutura sinusal dos componentes herbáceo e arbustivo de uma floresta costeira subtropical. **Revista brasileira de botânica**, v. 24, n. 4, p. 395-406, 2001.
- NUISMER, S; THOMPSON, J; GOMULKIEWICZ, R. Gene flow and geographically structured coevolution. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 266, p. 605–609, 1999.
- PATEFIELD, W. Algorithm AS 159: An efficient method of generating $r \times c$ tables with given row and column totals. **Applied Statistics**, v. 30, p. 91-97, 1981.

- PHILLIPS, O. The changing ecology of tropical forests. **Biodiversity & Conservation**, v. 6, p. 291-311, 1997.
- PIMM, S; BROWN, J. Domains of diversity. **Science**, v. 304, p. 831–833, 2004.
- PIZO, M; GALETTI, M. Métodos e perspectivas da frugivoria e dispersão de sementes por aves. Von Matter, S., Straube, FC, Piacentini, V., Cândido, Jr.(eds.), **Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento**, p. 493-506, 2010.
- PLEIN, M; LÄNGSFELD, L; NEUSCHULZ, E; SCHULTHEIß, C; INGMANN, L; TÖPFER, T; ... SCHLEUNING, M. Constant properties of plant–frugivore networks despite fluctuations in fruit and bird communities in space and time. **Ecology**, v. 94, n. 6, p. 1296-1306, 2013.
- POISOT, T; CANARD, E; MOUILLOT, D; MOUQUET, N; GRAVEL, D. The dissimilarity of species interaction networks. **Ecology letters**, v. 15, n. 12, p. 1353-1361, 2012.
- REATI, C; TOLEDO, J; PELUC, S. Bird species that disperse native seeds of the chaco serrano forest in a nature reserve of Central Argentina. **Ornitología Neotropical**, v. 33, p. 182-191, 2022.
- SCHERER, A; MARASCHIN-SILVA, F; BAPTISTA, L. Padrões de interações mutualísticas entre espécies arbóreas e aves frugívoras em uma comunidade de Restinga no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 203-212, 2007.
- SCHERER, A; MARASCHIN-SILVA, F; BAPTISTA, L. Estrutura do componente arbóreo em remanescentes florestais nas Restingas sul brasileiras. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 354-363, 2009.
- SCHLEUNING, M; FRÜND, J; KLEIN, A; ABRAHAMCZYK, S; ALARCÓN, R; ALBRECHT, M; ... BLÜTHGEN, N. Specialization of mutualistic interaction networks decreases towards tropical latitudes. **Current Biology**, v. 22, p. 1925–1931, 2012.
- SCHLEUNING, M; INGMANN, L; STRAUSS, R; FRITZ, S; DALSGAARD, B; MATTHIAS DEHLING, D; ... DORMANN, C. Ecological, historical and evolutionary determinants of modularity in weighted seed-dispersal networks. **Ecology letters**, v. 17, n. 4, p. 454-463, 2014.
- SNOW, D. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. **Biotropica**, p. 1-14, 1981.
- SOUSA, A; SERAFINI, P. **Manual de anilhamento de aves silvestres**. ICMBio-CEMAVE, Brasília, Brasil, 2020.
- THÉBAULT, E; FONTAINE, C. Stability of ecological communities and the architecture of mutualistic and trophic networks. **Science**, v. 329, n. 5993, p. 853-856, 2010.
- VÁZQUEZ, D; BLÜTHGEN, N; CAGNOLO, L; CHACOFF, N. Uniting pattern and process in plant–animal mutualistic networks: a review. **Annals of botany**, v. 103, n. 9, p. 1445-1457, 2009.
- VENTURI, S. **Florística e fitossociologia do componente apoiante-escandente em uma floresta costeira subtropical**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 110 p. 2000.

VIZENTIN-BUGONI, J; TARWATER, C; FOSTER, J; DRAKE, D; GLEDITSCH, J; HRUSKA, A; ... SPERRY, J. Structure, spatial dynamics, and stability of novel seed dispersal mutualistic networks in Hawai ' i. **Science**, v. 364, n. 6435, p. 78-82, 2019.

VIZENTIN-BUGONI, J; SPERRY, J; KELLEY, J; FOSTER, J; DRAKE, D; CASE, S; ... TARWATER, C. Mechanisms underlying interaction frequencies and robustness in a novel seed dispersal network: lessons for restoration. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 289, n. 1982, p. 20221490, 2022.

VISSOTO, M; VIZENTIN-BUGONI, J; BONNET, O; GOMES, G; DIAS, R. Avian frugivory rates at an abundant tree species are constant throughout the day and slightly influenced by weather conditions. **Journal of Ornithology**, v. 160, p. 655-663, 2019.

VITORINO, B; DA FROTA, A; MARUYAMA, P; NUNES, J; VIZENTIN-BUGONI, J. Influence of sampling methods on the description of a Neotropical seed dispersal network. **Acta Oecologica**, v. 114, p. 103805, 2022.

VOGEL, F; ZAWADZKI, C; METRI, R. Coexistência entre *Turdus leucomelas* Vieillot, 1818 e *Turdus rufiventris* Vieillot, 1818 (Aves: Passeriformes) em um fragmento urbano de floresta com araucárias, Sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 35-45, 2011.

WAECHTER, J. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. Comunicações do Museu de Ciências da PUC, **Série Botânica**, v. 33 p. 49-68, 1985.

WAECHTER, J; JARENKOW, J. Composição e estrutura do componente arbóreo nas matas turfosas do Taim, Rio Grande do Sul. **Biotemas**, v. 11, n. 1, p. 45-69, 1998.

WILMAN, H; BELMAKER, J; SIMPSON, J; DE LA ROSA, C; RIVADENEIRA, M; JETZ, W. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals: Ecological Archives E095-178. **Ecology**, v. 95, n. 7, p. 2027-2027. 2014.

APÊNDICE A — MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1 – Classificação taxonômica e de hábito alimentar das espécies de aves capturadas em rede de neblina, que apresentaram sementes de plantas em suas fezes, no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

Família	Nome científico	Nome popular	Hábito Alimentar
Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha-roxa	Granívora/Frugívora
Pipridae	<i>Chiroxiphia caudata</i>	tangará	Onívora (50% frugívora)
Tyrannidae	<i>Elaenia parvirostris</i>	tuque-pium	Insetívora (30% frugívora)
Tyrannidae	<i>Elaenia mesoleuca</i>	tuque	Onívora (50% frugívora)
Tyrannidae	<i>Elaenia sordida</i>	tucão	Onívora (50% frugívora)
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	Onívora (30% frugívora)
Turdidae	<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco	Insetívora (30% frugívora)
Turdidae	<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira	Onívora (50% frugívora)
Turdidae	<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca	Frugívora/Nectarívora (60% frugívora)
Turdidae	<i>Turdus albicollis</i>	sabiá-coleira	Insetívora (40% frugívora)
Thraupidae	<i>Saltator similis</i>	trinca-ferro	Insetívora (30% frugívora)
Fringillidae	<i>Euphonia pectoralis</i>	ferro-velho	Frugívora/Nectarívora (70% frugívora)

Legenda: Hábito alimentar conforme WILMAN et al. 2014.

Tabela S2 – Número de sementes dispersadas por espécies de aves capturadas entre abril e dezembro de 2023 no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

NÚMERO SEMENTES	<i>Miconia hyemalis</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>	<i>Myrsine sp.</i>	<i>Eugenia hiemalis</i>	<i>Psychotria carthagenensis</i>	<i>Leandra australis</i>	<i>Paullinia trigonia</i>
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Columbina talpacoti</i>	10	0	0	0	0	0	0
<i>Elaenia parvirostris</i>	68	0	4	0	0	0	0
<i>Elaenia mesoleuca</i>	72	0	27	0	0	0	0
<i>Turdus amaurochalinus</i>	84	0	28	0	0	0	0
<i>Elaenia sordida</i>	55	0	0	1	0	0	7
<i>Euphonia pectoralis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Turdus albicollis</i>	4	0	3	0	0	0	0
<i>Turdus rufiventris</i>	0	0	0	0	1	13	3
<i>Saltator similis</i>	2	0	0	0	0	4	0
<i>Chiroxiphia caudata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Turdus leucomelas</i>	157	0	0	0	0	0	0

0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Solanaceae morto 1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Solanaceae morto 2
0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	Morto 1
0	0	0	0	0	0	0	10	0	5	14	36	<i>Erythroxylum argentinum</i>

Tabela S3 – Classificação taxonômica e de hábito de vida das espécies de plantas que tiveram suas sementes dispersadas por aves, entre abril e dezembro de 2023, no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

Família	Espécie vegetal	Hábito de vida	Fitofisionomia onde foi amostrada
Anacardiaceae	<i>Schinus</i> sp.	arbórea	Mata Paludosa
Cactaceae	<i>Rhipsalis</i> sp.	epífita	Mata Paludosa
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum argentinum</i>	arbusto	Restinga Arenosa
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i>	arbórea	Restinga Arenosa
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	arbórea	Mata Paludosa
Melastomataceae	<i>Miconia hiemalis</i>	arbórea	Restinga Arenosa e Mata Paludosa
Melastomataceae	<i>Leandra australis</i>	arbusto	Mata Paludosa
Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i>	arbórea	Mata Paludosa
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	arbórea	Restinga Arenosa e Mata Paludosa
Myrtaceae	<i>Eugenia hiemalis</i>	arbórea	Restinga Arenosa

Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.	arbórea	Mata Paludosa
Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp.	arbórea	Restinga Arenosa e Mata Paludosa
Rubiaceae	<i>P. carthagenensis</i>	arbórea	Mata Paludosa
Rubiaceae	<i>Chiococca</i> cf. <i>alba</i>	arbusto	Restinga Arenosa
Sapindaceae	<i>Paullinia trigonia</i>	liana/trepadeira	Restinga Arenosa
Smilacaceae	<i>Smilax</i> <i>campestris</i>	liana/trepadeira	Restinga Arenosa
Urticaceae	<i>C. pachystachya</i>	arbórea	Restinga Arenosa

Legenda: Hábito de vida conforme VENTURI, 2000; MÜLLER ; WAECHTER, 2001; MATOS et al., 2017; KIRSTEN; DE MARCHI; ROSA, 2023.

Número de interações de dispersão de sementes entre aves e plantas, amostradas entre abril e dezembro de 2023, no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

Tabela S4.1 – Local 1 - Mata de Restinga Arenosa - interações contabilizadas nos meses de abril, junho, agosto, outubro e dezembro

	OCORRÊNCIA	
	<i>Miconia hyemalis</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0	0
<i>Columbina talpacoti</i>	1	0
<i>Elaenia parvirostris</i>	6	0
<i>Elaenia mesoleuca</i>	3	0
<i>Turdus amaurochalinus</i>	4	0
<i>Elaenia sordida</i>	3	0
<i>Turdus albicollis</i>	1	0
<i>Turdus rufiventris</i>	0	0
<i>Saltator similis</i>	1	0
<i>Turdus leucomelas</i>	0	1

<i>Myrsine</i> sp.	<i>Eugenia</i> <i>hiemalis</i>	<i>Paullinia</i> <i>trigonia</i>	<i>Ficus</i> sp.	<i>Smilax</i> <i>campestris</i>	<i>Ocotea</i> <i>pulchella</i>	<i>Chiococca</i> cf. <i>alba</i>	Rubiaceae morto 1	<i>Erythroxylum</i> <i>argentinum</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	2
4	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

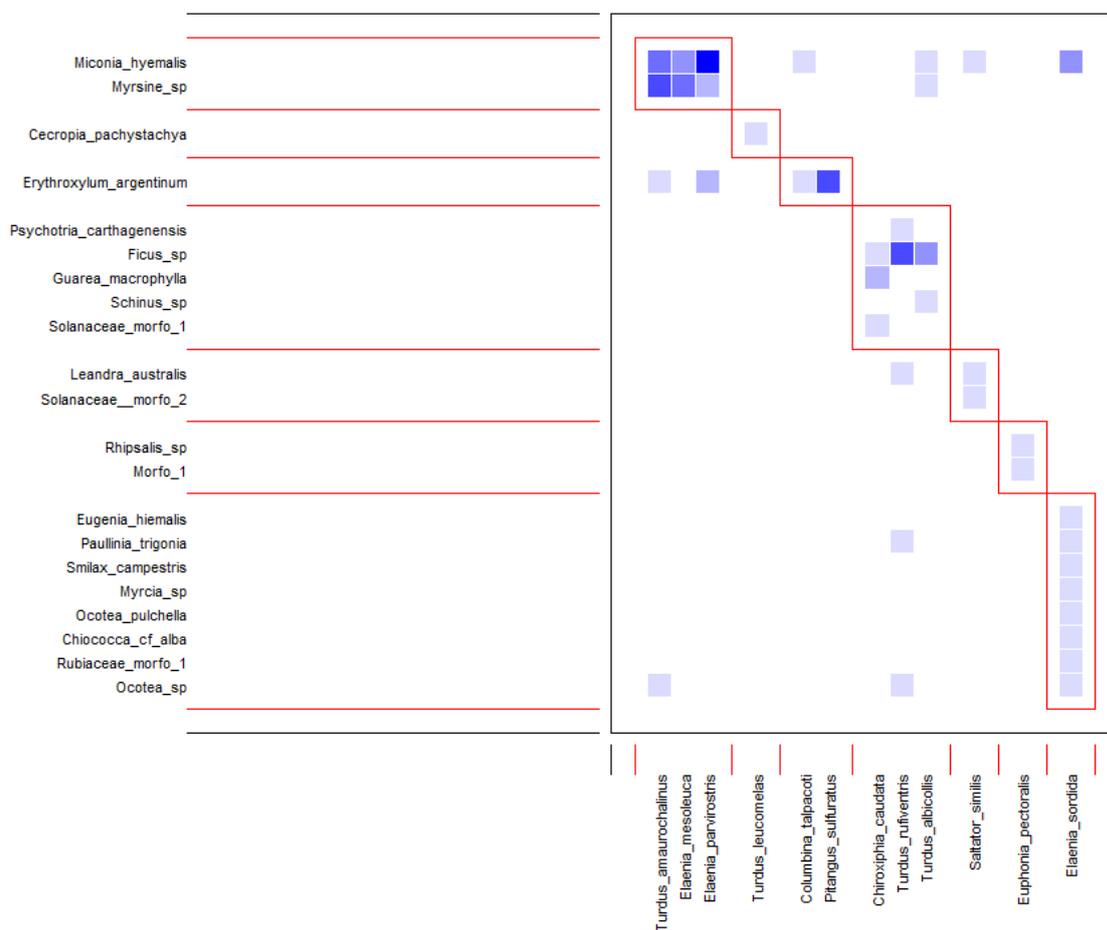
Tabela S4.2 – Local 2 - Mata Paludosa - interações contabilizadas nos meses de maio, julho, setembro e novembro

OCORRÊNCIA	<i>Miconia hyemalis</i>	<i>Myrsine sp.</i>	<i>Psychotria carthagenensis</i>	<i>Leandra australis</i>
<i>Elaenia parvirostris</i>	1	0	0	0
<i>Turdus amaurochalinus</i>	0	4	0	0
<i>Elaenia sordida</i>	0	0	0	0
<i>Elaenia pectoralis</i>	0	0	0	0
<i>Turdus albicollis</i>	0	1	0	0
<i>Turdus rufiventris</i>	0	0	1	1
<i>Saltator similis</i>	0	0	0	1
<i>Chiroxiphia caudata</i>	0	0	0	0

<i>Rhipsalis</i> sp.	<i>Ficus</i> sp.	<i>Guarea macrophylla</i>	<i>Myrcia</i> sp.	<i>Schinus</i> sp.	<i>Ocotea</i> sp.	Solanaceae morfo 1
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	1	0	0
0	3	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	2	0	0	0	1

	Solanaceae							Morfo 1							
	morfo 2														
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura F1 – Módulos da rede de interação entre plantas e aves no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, Viamão/RS, gerados a partir das análises no pacote *r2dtable*, no *software R*.



Legenda: As espécies são agrupadas com aquelas que mais interagem, sendo as interações fortemente dispostas dentro de um módulo e fracamente entre módulos.