

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – CCN

Lorena Santos Bonifácio

REDES ECOLÓGICAS: AVALIANDO A INTERAÇÃO ENTRE AVES FRUGÍVORAS E PLANTAS EM DIFERENTES
AMBIENTES DE UM AGROECOSSISTEMA

Buri
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – CCN

Lorena Santos Bonifácio

REDES ECOLÓGICAS: AVALIANDO A INTERAÇÃO ENTRE AVES FRUGÍVORAS E PLANTAS EM DIFERENTES
AMBIENTES DE UM AGROECOSSISTEMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel
em Ciências Biológicas na Universidade Federal de São
Carlos

Orientação: Prof^a Dr^a Débora Cristina Rother

Buri
2025

Bonifácio, Lorena Santos

Redes ecológicas: avaliando a interação entre aves frugívoras e plantas em diferentes ambientes de um agroecossistema / Lorena Santos Bonifácio -- 2025. 38f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Débora Cristina Rother

Banca Examinadora: Eduardo Roberto Alexandrino, Carina Isabella Motta

Bibliografia

1. Interação ecológica. 2. Frugivoria. 3. Agroecossistema. I. Bonifácio, Lorena Santos. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (CCCBIO-LS)**

Rod. Lauri Simões de Barros km 12 - SP-189, s/n - Bairro Aracaçu, Buri/SP, CEP 18290-000
Telefone: (15) 32569030 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 47/2025/CCCBio-LS/CCN/R

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)

FOLHA DE APROVAÇÃO

LORENA SANTOS BONIFÁCIO

**REDES ECOLÓGICAS: AVALIANDO A INTERAÇÃO ENTRE AVES FRUGÍVORAS E PLANTAS EM
DIFERENTES AMBIENTES DE UM AGROECOSSISTEMA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino

Buri, 04 de dezembro de 2025

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientadora	Débora Cristina Rother
Membro da Banca 1	Eduardo Roberto Alexandrino
Membro da Banca 2	Carina Isabella Motta



Documento assinado eletronicamente por **Debora Cristina Rother, Docente**, em 12/12/2025, às 09:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **2108205** e o código CRC **AABCOD72**.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº 23112.017166/2025-60

SEI nº 2108205

Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação, versão de 02/Agosto/2019

Documento assinado digitalmente



EDUARDO ROBERTO ALEXANDRINO

Data: 12/12/2025 15:16:46-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente



CARINA ISABELLA MOTTA

Data: 15/12/2025 12:43:00-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

A MINHA MAIS CONCISA REDE DE CARINHO, ENCORAJAMENTO,
APOIO, CONFORTO E CORAGEM: MINHA FAMÍLIA.

“NA NATUREZA NADA SE CRIA, NADA SE PERDE, TUDO SE TRANSFORMA.”

- ANTOINE-LAURENT DE LAVOISIER

AGRADECIMENTO

Passo brevemente para informar que esta pesquisa foi mais que uma obrigação, mas sim uma experiência de vida e proximidade com o tema, assim entendendo o que amo fazer. Entretanto, esta jornada para respostas e mais perguntas não foi desenvolvida sozinha e eu só tenho a guardar cada pedaço e momento vivenciado com as pessoas que fizeram parte. Então, aqui vai o agradecimento para algumas das pessoas pontuais, mas também abrangidas de grupos que fizeram parte da experiência de vivenciar as aves e suas interações. Saibam vocês pessoas que fizeram mais que parte de uma página, mas sim de lembranças que não serão esquecidas.

Início com a pessoa que sempre me deu apoio por eu ser quem sou e me dar incentivos para graduar no curso que sonhei ter. Obrigada mãe (Sheyla Regina Souza dos Santos), saiba que sem você como meu exemplo de vida, tudo seria mais difícil. Sou muito grata desde todo o carinho do mundo em momentos de altos e baixos, até com os materiais de campo que me são super úteis até os dias atuais.

Sou grata aos meus amigos de graduação, Angelo C. Furquim, Matheus Antonio Geroto Lerya, Vittoria F. Baçanha, Karen Sayure Tukahara, Jullya Rozendo Navarro, Michelle Rodrigues Barbosa, Miriã Gonçalves de Moraes. Por apoiarem desde os campos até os momentos de reflexões e conselhos.

Aos meus familiares, principalmente Julia M. Pires, Augusto M. Piffer, que puderam também ser base de apoio e companhia em momentos solitários de espera para as observações.

Também, sou completamente consciente que meus pensamentos, gostos e portas que escolhi seguir, dentro da biologia, tiveram completa influência do meio docente acadêmico. Dando destaque à Giuliana, Vinicius, Alexandra, Juliano, Roberta, Débora, Alexandrino e Borsatto. Não apenas por conteúdos em sala, mas por mostrar a empatia e o que é ser humano nos meios acadêmicos.

Como também, Agradeço imensamente aos meus orientadores Débora Cristina Rother e Alexandre Gabriel F. por além de apoio, me proporcionarem oportunidades de estágios, voluntariados e aprendizados em campo, onde obtive muitas experiências que foram muito úteis para o desenvolvimento e finalização de minha graduação.

RESUMO

A manutenção da diversidade de plantas necessita da presença de dispersores para a disseminação de suas sementes, sendo majoritariamente as aves os principais agentes de dispersão nas regiões tropicais. As aves, de forma recíproca, precisam das plantas para a obtenção de recursos. No entanto, perturbações causadas pelo homem alteram os ecossistemas, prejudicando as espécies e conseqüentemente suas interações. Considerando a importância das interações mutualísticas para a manutenção da complexidade e da diversidade biológica nos ecossistemas, levanta-se a questão de quais espécies e interações por estas estabelecidas se mantêm em ambientes alterados. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi compreender como as interações entre aves e plantas se estruturam em diferentes áreas de um agroecossistema, no campus Lagoa do Sino da UFSCar. Foi registrado também o comportamento de manipulação, remoção, engolimento e regurgito dos frutos em plantas presentes em quatro ambientes de um agroecossistema, divididos em: Sistema Agroflorestal (SAF), fragmentos florestais (fragmento de floresta remanescente e fragmento de floresta de eucaliptos abandonados) e área urbanizada aberta. A partir desse estudo entende-se que determinadas espécies são fundamentais para a resiliência do agroecossistema, como *Thraupis sayaca*, *Turdus leucomelas* e *Dacnis cayana*. Estas aves atuam como conectores ecológicos ao interagir com diferentes grupos de plantas, como a *Cecropia pachystachya*, e promovem a manutenção e o equilíbrio do ambiente. As áreas Urbanizada Aberta e SAF abrigam espécies vegetais altamente atrativas e eficientes para a formação de redes de interações mais consistentes. Isso ocorre devido à diversidade de recursos disponíveis e à presença de plantas que frutificam ao longo do ano todo, o que garante a manutenção contínua das interações ecológicas.

BONIFÁCIO, Lorena. **Redes ecológicas: AVALIANDO A INTERAÇÃO ENTRE AVES FRUGÍVORAS E PLANTAS EM DIFERENTES AMBIENTES DE UM AGROECOSSISTEMA.** 2025. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, CAMPUS LAGOA DO SINO, BURI, 2025.

Palavras-chave: avifauna, frugivoria, interações mutualísticas, redes de interações, teoria de redes.

ABSTRACT

The maintenance of plant diversity depends on the presence of seed dispersers, with birds being the main agents of dispersal in tropical regions. Birds, in turn, rely on plants for resources. However, human-induced disturbances alter ecosystems, negatively affecting species and consequently their interactions. Considering the importance of mutualistic interactions for maintaining the complexity and biological diversity of ecosystems, it is crucial to understand which species and their established interactions persist in altered environments. Therefore, the aim of this study was to understand how bird–plant interactions are structured across different areas of an agroecosystem located on the Lagoa do Sino campus of UFSCar. The study also recorded fruit manipulation, removal, swallowing, and regurgitation behaviors of birds in four environments of the agroecosystem: an Agroforestry System (AFS), forest fragments (a remnant forest and a regenerating forest with abandoned eucalyptus), and an open urbanized area. The results indicate that certain species, such as *Thraupis sayaca*, *Turdus leucomelas*, and *Dacnis cayana*, are essential for the resilience of the agroecosystem. These birds act as ecological connectors by interacting with different groups of plants, such as *Cecropia pachystachya*, thereby promoting environmental maintenance and balance. The Open Urban Area and Agroforestry System harbor highly attractive plant species that efficiently support the formation of more consistent interaction networks. This pattern is associated with the diversity of available resources and the presence of plant species that bear fruit throughout the year, ensuring the continuous maintenance of ecological interactions.

Keywords: avifauna, frugivory, mutualistic interactions, interaction networks, network theory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo.....	15
Figura 2 - Transectos delimitados.....	17
Figura 3 - Heatmap do Fragmento de Floresta Remanescente.....	20
Figura 4 - Heatmap do Área Urbanizada Aberta.....	21
Figura 5 - Heatmap do Fragmento de Floresta de Eucaliptos Abandonados.....	21
Figura 6 - Heatmap do Sistema Agroflorestal.....	22
Figura 7 - Centralidade por intermédio de todos os ambientes.....	26
Figura 8 - Rede complexa de aves e plantas em todos os ambientes.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

FR - Fragmento de Floresta Remanescente

AUA - Área Urbanizada Aberta

FEA - Fragmento de Floresta com Eucaliptos Abandonados

SAF - Sistema Agroflorestal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
3. METODOLOGIA	14
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
3.2.1 Fragmento de Floresta Remanescente (FR)	14
3.2.2 Fragmento de Floresta com Eucaliptos Abandonados (FEA)	14
3.2.3 Área Urbanizada Aberta (AUA)	14
3.2.4 Sistema Agroflorestal (SAF)	15
3.3 COLETA DE DADOS	16
3.4 ANÁLISE DE DADOS	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 RESULTADO DE INTERAÇÕES ATRAVÉS DO GRÁFICO DE PRESENÇA E AUSÊNCIA	19
4.2 ESTRUTURA MODULAR	22
4.3 CONECTÂNCIA	23
4.4 ANINHAMENTO	24
4.5 CENTRALIDADE POR INTERMÉDIO	25
5. CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28
APÊNDICE	32

1. INTRODUÇÃO

A região tropical se caracteriza por um elevado número de espécies e por uma variedade de processos e interações ecológicas que resultam em um sistema dinâmico (Martínez-Ramos; Soto-Castro, 1993). Essas interações entre as espécies são vitais para a manutenção da complexidade dos ecossistemas (Emer *et al.*, 2018). Nesse sistema destacam-se as interações entre animais frugívoros e plantas com cerca de 90% das espécies arbustivas e arbóreas apresentando síndrome de dispersão zoocórica (Howe; Smallwood, 1982).

As interações entre os animais frugívoros e as plantas zoocóricas moldaram as comunidades biológicas na região tropical ao longo da escala evolutiva, influenciando sua estrutura (Terborgh, 1996) que se modifica ao longo do tempo (Brokaw, 1982). Como agentes importantes nessas interações destacam-se as aves por apresentarem parcela significativa da biomassa de vertebrados, elevada diversidade e alta mobilidade (Terborgh, 1996). As aves frugívoras são as principais dispersoras de sementes de vários grupos de plantas (Van Der Pijl, 1982). Sendo um terço das espécies, em florestas tropicais, frugívoras, contribuindo com grande parte do processo de dispersão (Snow, 1981)

A dispersão de sementes desempenhada pelas aves é responsável por transportar as sementes para longe da planta-mãe (Janzen, 1970) e determina a área potencial de recrutamento, possibilitando a chegada de sementes a locais mais favoráveis para o seu estabelecimento (Nathan; Muller-Landau, 2000). A forma como estes frutos são consumidos, seja por ingestão completa ou por manipulação, influencia as características da semente e sua propensão à germinação após a dispersão. Deste modo, diferem-se as formas de dispersão e sua efetividade em serem dispersas (Herrera; Jordano, 1981; Schupp, 1993; Jordano; Schupp, 2000).

A dispersão representa, portanto, um importante mecanismo de sobrevivência para as comunidades de plantas, uma vez que diminui a competição e a predação de sementes e o adensamento de plântulas próximas à planta-mãe, além de possibilitar a colonização de novas áreas (Janzen, 1970; Connell, 1971; Howe; Smallwood, 1982). No entanto, as perturbações causadas pelo homem alteram os ecossistemas, levando a perda de espécies o que pode alterar de modo direto e/ou indireto as interações estabelecidas entre elas (Pires *et al.*, 2020). Assim, por consequência, ambientes degradados, com defaunação, causam um efeito cascata negativo com consequências para os serviços ecossistêmicos (Bello *et al.*, 2015; Haddad *et al.*, 2015).

Considerando a importância das interações mutualísticas para a manutenção da complexidade e da diversidade biológica nos ecossistemas, levanta-se a questão de quais espécies e interações por elas estabelecidas se mantêm em ambientes alterados. Estudos envolvendo os padrões de interação entre aves e plantas têm sido amplamente utilizados para a compreensão da estrutura e dinâmica de comunidades biológicas (Rother *et al.*, 2016; Emer *et al.*, 2019). Dessa forma, entender como as aves frugívoras influenciam as populações de plantas e como a distribuição e disponibilidade de recursos oferecidos pelas plantas afeta a comunidade de aves são temas fundamentais para a conservação.

As interações entre espécies formam as redes ecológicas (Emer *et al.*, 2019) que podem ser analisadas de diferentes formas: pela estrutura das conexões e pela forma como as espécies interagem entre si; pela identificação dos grupos funcionais envolvidos; pela determinação de espécies mais oportunistas; pela presença de espécies comuns em diferentes ambientes; e pela identificação de espécies-chave, responsáveis por manter a conectividade e a dinâmica dos ecossistemas (Jordano, 1987; Emer *et al.*, 2019).

A análise de redes é uma maneira efetiva para compreender visualmente as relações ecológicas a partir da estrutura das interações (Bascompte *et al.*, 2003; Jordano *et al.*, 2009). A análise das redes permite ainda identificar as espécies e os grupos mais relevantes para o funcionamento das comunidades (Mello *et al.*, 2011) e o grau de interação entre os indivíduos (Olesen; Jordano, 2002). Interações mutualísticas beneficiam os indivíduos envolvidos (Townsend *et al.* 2006, Jordano, 1987). Diante dos aspectos relevantes que a análise de redes permite investigar nas comunidades biológicas, surge a questão: quais espécies e interações permanecem em diferentes ambientes alterados, como Sistemas Agroflorestais (SAFs), Fragmento de Floresta Remanescente (FR), Fragmento de Floresta com Eucaliptos Abandonados e Área Urbanizada Aberta (AUA)?

2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar a estrutura de redes de interação entre aves e plantas em diferentes ambientes de um agroecossistema. Buscou-se caracterizar as redes de dispersão de sementes em quatro contextos, Sistema Agroflorestal (SAF), Floresta Remanescente (FR), Floresta em Regeneração com Eucaliptos Abandonados (FEA) e Área Urbanizada Aberta (AUA), e identificar tanto as espécies de aves generalistas e especialistas quanto as plantas ornitócoricas predominantes em cada rede.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A UFSCar, campus Lagoa do Sino está localizada no município de Buri, na região sul do Estado de São Paulo (23° 36' 4.65" S, 48° 31' 25.53" W) a 637 m de altitude (Figura 1). O clima da região é classificado como “Cwa”, conforme Köppen, sendo clima com invernos secos com temperaturas inferiores a 18°C e verões quentes com temperaturas superiores a 22°C. Já sua precipitação total anual média é de 1.300 mm (Alvares *et al.*, 2013). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa ou muito argilosa, álico, relevo suave ondulado (Rossi, 2017). A área de estudo abrange vegetação de Floresta Estacional Semidecidual e de Savana, configurando um ecótono entre esses dois tipos de vegetação (IBGE, 2012).

Este estudo foi desenvolvido em diferentes ambientes de um agroecossistema divididos em: Sistema Agroflorestal (SAF), fragmentos florestais (Fragmento de Floresta remanescente, Fragmento de Floresta com Eucaliptos Abandonados) e área urbanizada aberta (AUA) (Figura 1).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.2.1 Fragmento de Floresta Remanescente (FR)

O FR possui dossel com altura média de seis metros, estratificação composta por estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, e presença de araucárias plantadas que ultrapassam o dossel. A vegetação apresenta clareiras e entrada intermediária de luz. Dentre as espécies identificadas na área incluem *Zanthoxylum rhoifolium*, *Guazuma ulmifolia*, *Cecropia pachystachya*, *Piper corcovadensis*, *Ocotea* sp. (canela) e uma espécie indeterminada.

3.2.2 Fragmento de Floresta com Eucaliptos Abandonados (FEA)

O fragmento é composto majoritariamente por eucaliptos, com dossel de aproximadamente oito metros e sub-bosque pouco estratificado e entrada intermediária de luz. A vegetação apresenta separação entre estratos e maior densidade na borda. Entre as espécies registradas estão *Pera glabrata*, *Cecropia pachystachya*, *Ficus* sp., *Lithraea molleoides*, *Senna macranthera*, *Tabernaemontana catharinensis*, *Ocotea* sp. (canela) e *Schinus terebinthifolia*.

3.2.3 Área Urbanizada Aberta (AUA)

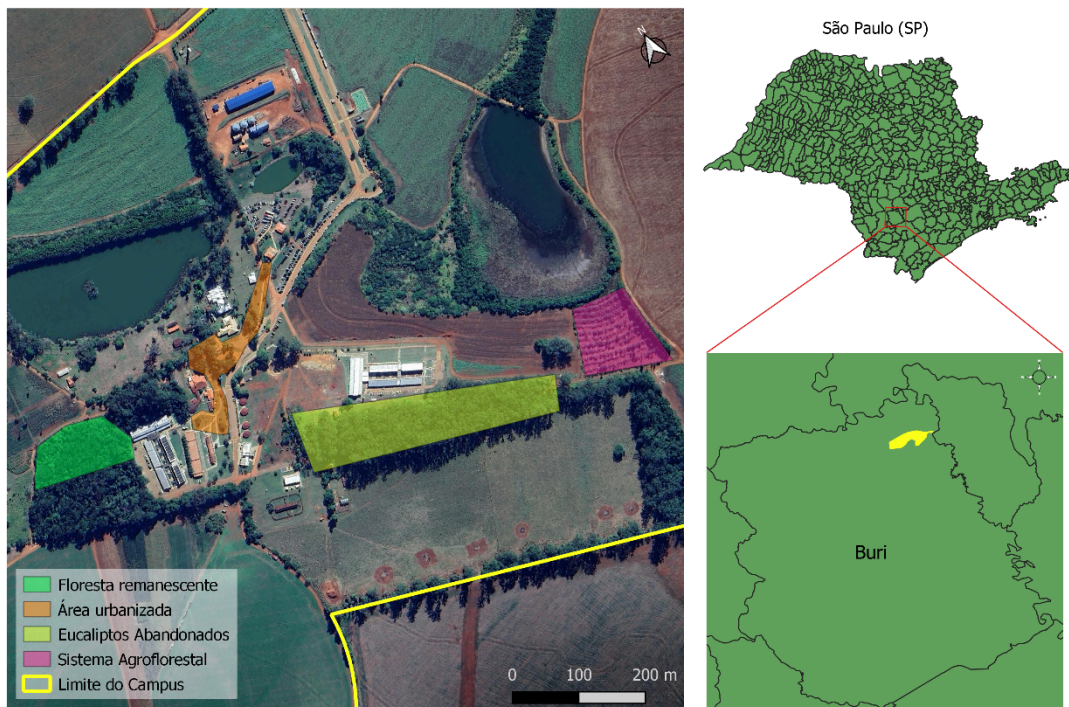
A Área Urbanizada Aberta (AUA) apresenta árvores esparsas, gramíneas e edificações, calçadas e vias. A área apresenta elevada entrada de luminosidade. A vegetação é

composta por espécies zoocóricas e ornamentais, como *Nectandra grandiflora*, *Annona sylvatica*, *Syagrus romanzoffiana*, *Ficus* sp., *Eugenia involucrata*, *Plinia peruviana*, *Magnolia grandiflora*, *Spondias dulcis*, *Citharexylum myrianthum* e *Eugenia uniflora*.

3.2.4 Sistema Agroflorestal (SAF)

O SAF é composto por 13 linhas de plantio com espécies arbóreas e zoocóricas. As plantas se distribuem no espaço em linhas distantes, de 4 metros em média, sendo uma área com elevada entrada de luz. Nas entrelinhas, são cultivadas espécies para adubação verde e diferentes culturas anuais, sendo milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), sorgo (*Sorghum bicolor*), soja (*Glycine max*), mandioca (*Manihot esculenta*), batata doce (*Ipomoea batatas*), o que modifica o microecossistema devido ao constante plantio e manejo destas espécies quando retirado para consumo, pois o ambiente se torna variado, sendo mais preenchido quando presente as culturas e retalhado quando retirado. Entre as espécies vegetais registradas estão *Cecropia pachystachya*, *Solanum granulosum-leprosum*, *Schinus terebinthifolia*, *Sphagneticola trilobata*, *Syagrus romanzoffiana*, *Morus nigra* e *Malpighia emarginata*.

Delimitação das áreas de estudo na Universidade Federal de São Carlos
Campus Lagoa do Sino



Sistema de referência: SIRGAS 2000; Sistema de Projeção: UTF-8; Dados: IBGE, US Geologia Survey.

Figura 1 - Localização da área de estudo, com destaque para as áreas onde ocorreram os levantamentos.

3.3 COLETA DE DADOS

As observações das interações entre aves e plantas foram realizadas de novembro de 2022 à fevereiro de 2025, totalizando 100 horas de observações. As observações foram distribuídas entre as diferentes estações do ano e realizadas por dois métodos complementares: observações focais e transectos, de modo a otimizar o registro e a amostragem das interações entre aves e plantas.

Nas observações focais, as plantas encontradas em frutificação foram identificadas, marcadas e observadas pelo método de observação focal conforme Pizo (1997). Esse método consiste em permanecer em frente à planta por um período de no mínimo 30 min e máximo de duas horas observando as interações. As interações foram registradas em sessões com tempo amostral fixo de 40 minutos, conduzidas no período da manhã (entre 7h00 e 9h00) e no período da tarde (entre 15h00 e 17h00).

Para o método de transectos, foi estabelecido um percurso em cada ambiente, onde as interações entre aves e plantas foram registradas durante o deslocamento (Eberhardt, 1978). Em cada área amostral, o tempo de observação variou entre 30 e 120 minutos por transecto, com duração média de 60 minutos. Os registros foram realizados no início da manhã e final da tarde (Figura 2).

Foi considerada uma interação quando a ave engolia o fruto por inteiro ou parte dele. Em ambos os métodos, cada evento observado foi registrado desde a chegada da ave à planta até a sua saída, respeitando o total de 40 minutos de observação. Os registros das interações foram realizados em ficha de campo conforme Pizo e Galetti (2010), registrando espécie de ave e de planta, o ambiente, data de observação, abundância de indivíduos, número de frutos manipulados, regurgitados, removidos e observação do tipo de manipulação, quando não engolido o fruto por inteiro.

Após a observação das interações, seja no focal ou no transecto, as plantas não identificadas em campo foram coletadas e/ou fotografadas para posterior identificação. A partir das amostras de plantas coletadas confeccionou-se exsicatas para posterior consulta em herbário, guias ou especialistas.

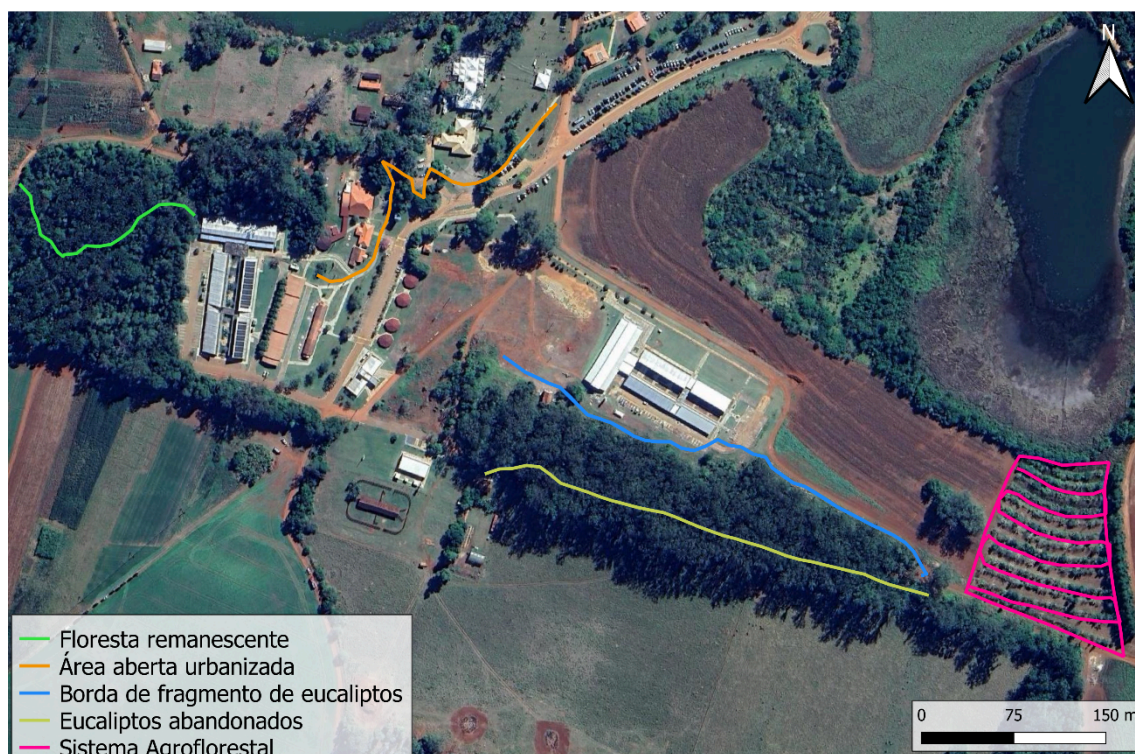


Figura 2 – Delimitação dos transectos percorridos em cada uma das áreas.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Para a construção das redes de interações de cada ambiente foram elaboradas duas matrizes de interações entre aves e plantas. A primeira foi uma **matriz binária**, na qual se atribui valor zero (0) para ausência de interação e um (1) para presença de interação (Bascompte *et al.*, 2003). A segunda foi uma **matriz quantitativa**, na qual o número de interações observadas substituiu o valor 1, permitindo visualizar, por meio de um *heatmap*, a intensidade da frugivoria de cada espécie (Bascompte *et al.*, 2006). Para a análise o mapa de calor (*heatmap*) representa graficamente as interações observadas nas diferentes áreas de estudo. A intensidade das interações é indicada por tonalidades de cor, em que tons mais escuros correspondem a um maior número de interações registradas. Cada área (ex.: AUA, SAF, FEA, FR) é representada em eixos distintos, permitindo a visualização comparativa dos padrões de interação entre ambientes. Assim, facilitando a identificação de espécies generalistas (muitas interações ou especialistas (poucas interações), conforme proposto por Dormann *et al.* (2009), Blüthgen *et al.* (2006) e Bascompte *et al.* (2006) .

Para caracterizar a estrutura das redes de interações foram usados descritores relevantes para determinar o valor de conservação das redes ecológicas: três métricas

estruturais ao nível da rede (*aninhamento, modularidade e conectância*) e uma métrica estrutural ao nível do vértice (*centralidade por intermédio*) (Beckett *et al.*, 2021).

Uma rede aninhada indica que i) existe um grupo de espécies generalistas que interagem entre si e são responsáveis pela maioria das interações, ii) espécies especialistas tendem a ter poucas interações e interagem preferencialmente com as generalistas e iii) espécies especialistas raramente interagem entre si (Bascompte *et al.*, 2006). O *aninhamento* foi calculado usando o índice WNODF (*Nestedness metric based on Overlap and Decreasing*), nos quais fornece um aninhamento ponderado, medido na escala de 0-1, no qual quanto maior o valor, mais alto é o aninhamento (Almeida-Neto; Ulrich, 2011).

A extensão nos quais as interações entre espécies são organizadas dentro de módulos é chamada de *modularidade* da rede (Olesen *et al.*, 2007). Os módulos contêm as espécies que são mais fortemente conectadas entre si do que espécies entre módulos. O uso dessa métrica é útil para separarmos grupos funcionais e guildas (Mello *et al.*, 2011) e como tal, fornecem informações sobre as espécies mais importantes para a rede nos diferentes ambientes estudados. A modularidade foi calculada pelo índice M que varia de 0, quando não há subgrupos, a 1, quando os subgrupos são totalmente separados. A significância foi estimada pelo programa *Modular* (Marquitti *et al.*, 2014) usando-se a métrica de Newman e Girvan (2004).

A *conectância* mede a proporção de interações realizadas entre as totais possíveis e essa métrica diminui conforme o tamanho da rede. A conectância foi calculada utilizando-se o pacote *Bipartite* (Beckett *et al.*, 2021), a partir da fórmula:

<p>Onde:</p> <p>L = número de interações observadas</p> <p>I = número de espécies de plantas</p> <p>J = número de espécies de aves</p> <p>I×J = total de interações possíveis</p>	$C = \frac{L}{I \times J}$
---	----------------------------

Considerou-se a conectância como alta quando superior a 0,4; média ou moderada entre 0,2 e 0,4; e baixa quando inferior a 0,2.

A *centralidade por intermédio* corresponde à soma do número de menores caminhos de todos os vértices para quaisquer outros vértices que passam por aquele nó. A centralidade

por intermédio é uma medida mais útil do que apenas a conectividade de um nó. Todas as análises foram realizadas no programa R utilizando os pacotes *ggplot2*, *tidyr*, *dplyr*, *readr*, *pheatmap*, *igraph*, *bipartite* (R Development Core Team, 2021).

A dieta das espécies foi classificada de acordo com a literatura (Willis, 1979; Motta-Júnior, 1990; Sick, 1997; Marini; Cavalcanti, 1998; Willman *et al.*, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas 234 interações, abrangendo 36 espécies de aves e 21 de plantas zoocóricas. Para as aves registradas em cada área, todas as espécies que interagem na FEA também foram observadas em interações nas demais áreas. A Área Urbanizada Aberta (AUA) apresentou o maior número de interações (n = 126), seguida pelo Sistema Agroflorestal (SAF) (n = 69), Fragmento de Floresta Remanescente (FR) (n = 26) e, finalmente, a FEA (n = 13). Três espécies foram identificadas apenas em nível de gênero, sendo elas: *Euphonia* sp., *Myiarchus* sp. e *Elaenia* sp. (Apêndice 1).

A baixa sobreposição de espécies de plantas forrageadas entre ambientes sugere que cada área oferece recursos alimentares distintos, possivelmente devido às diferenças na estrutura vegetal, histórico de perturbação ou disponibilidade de dispersores. A presença das três espécies comuns (*S. romanzoffiana*, *M. nigra*, *C. pachystachya*) indica que elas são recursos-chave para a fauna em paisagens heterogêneas. Considerando a diversidade de plantas observadas nas interações, registrou-se o maior número de espécies na Área Urbanizada Aberta (AUA) com nove espécies, seguida pelo Sistema Agroflorestal (SAF), com sete espécies; e pela Fragmento de Floresta com Eucaliptos Abandonados (FEA), com seis espécies, das quais duas não foram identificadas. O Fragmento de Floresta Remanescente (FR) apresentou o menor número, com cinco espécies, incluindo uma espécie não identificada, totalizando 25 espécies de plantas observadas (Apêndice 2).

A análise da dieta das aves revelou uma predominância de espécies onívoras, seguidas por representantes de outras dietas, incluindo nectarívora: *Coereba flaveola*; insetívoras: *Basileuterus culicivorus*, *Troglodytes musculus* e *Leptopogon amaurocephalus* e frugívoras (detalhadas na Tabela 2). Esses resultados alinham-se com estudos prévios que destacam a flexibilidade alimentar de aves em ambientes heterogêneos (Willis, 1979; Motta-Júnior, 1990; Sick, 1997; Marini; Cavalcanti, 1998; Willman *et al.*, 2014) (Apêndice 3).

4.1 PADRÕES DE INTERAÇÕES FRUGÍVORAS EM DIFERENTES TIPOS DE AMBIENTES

Nas interações de FR, *Dacnis cayana* foi a espécie de ave com maior frequência de observações de frugivoria (n = 7), enquanto *Zanthoxylum rhoifolium* foi a espécie vegetal com maior número de interações no fragmento. Observou-se o consumo de seus frutos por *Thraupis sayaca* (n = 1) e *Dacnis cayana*, ambas consideradas espécies generalistas, enquanto *Euphonia violacea* se destacou como espécie especialista (Figura 3).

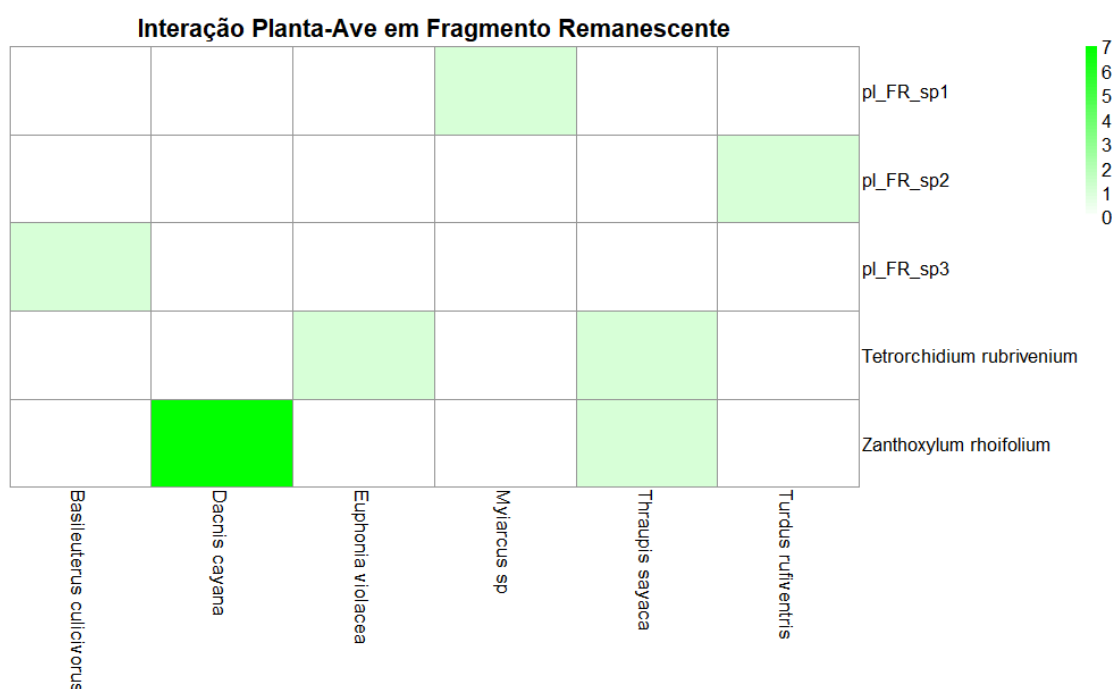


Figura 3 - Matriz de interações frugívoras entre espécies de aves e plantas no Fragmento de Floresta Remanescente (FR). As células com valores diferentes de zero indicam a ocorrência de interações, sendo os números equivalentes à frequência de interações registradas entre cada par de espécies.

Na AUA, o gráfico de presença e ausência (Figura 4) evidencia baixa diversidade de interações, refletida na pequena concentração de registros de uma espécie interagindo com determinada planta. Entretanto, estão presentes espécies-chave para a manutenção da diversidade no agroecossistema. Destacam-se como generalistas *Thraupis sayaca* (Nt = 44), com maior interação com *Eugenia brasiliensis* (N = 9) e *Ficus luschnathiana* (N = 20), e *Turdus leucomelas* (Nt = 16), com maior interação com *Magnolia grandiflora* (N = 7) e *Eugenia uniflora* (N = 3).

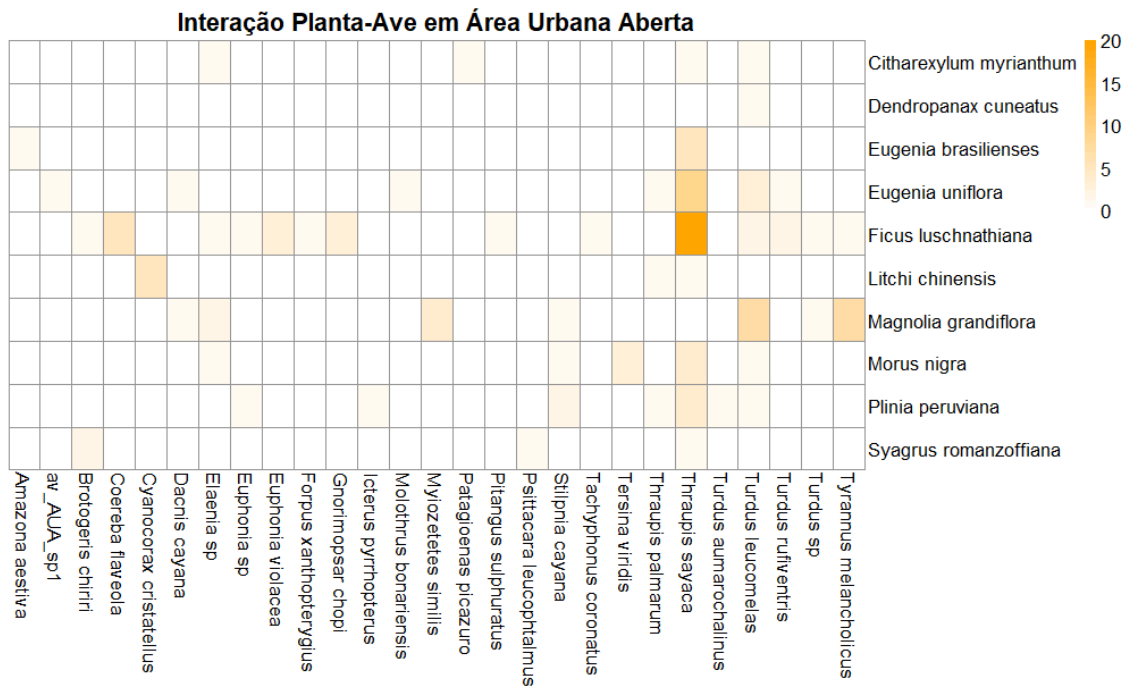


Figura 4 - Matriz de interações frugívoras entre espécies de aves e plantas na Área Urbana Aberta.

A FEA apresentou uma rede simplificada, com baixa diversidade de espécies observadas (Figura 5). Destaca-se como espécie generalista *Thraupis sayaca* (Nt = 17), enquanto a espécie-chave é *Senna macranthera*, concentrando a maioria das interações, principalmente com *Thraupis sayaca* (N = 14).

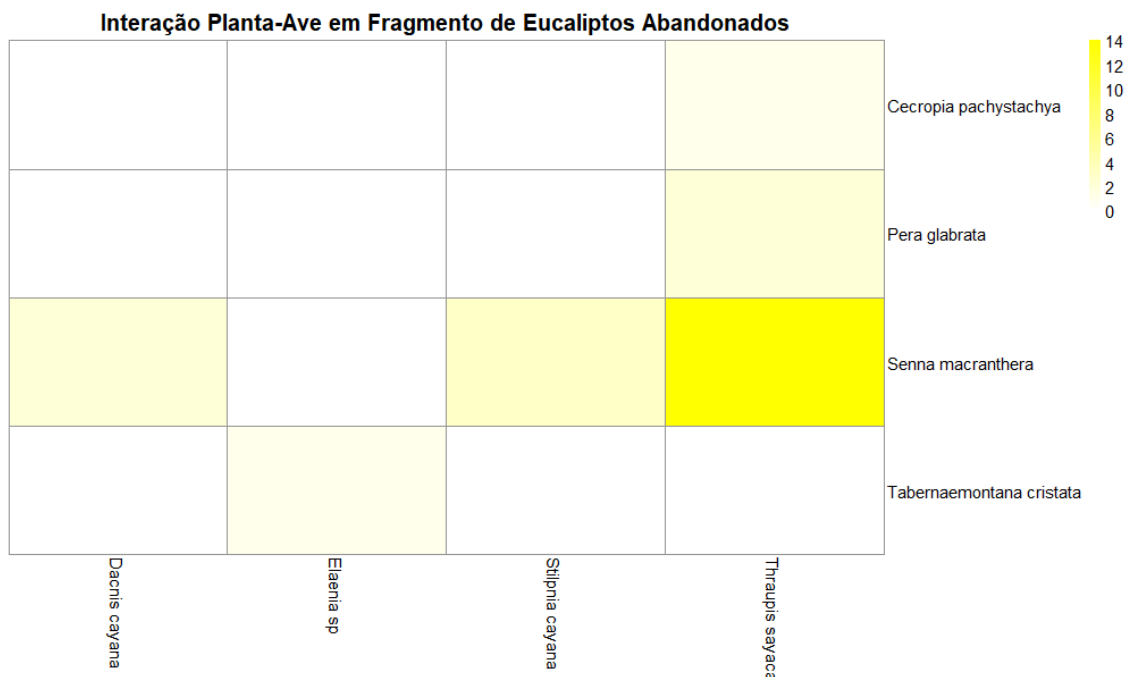


Figura 5 - *Heatmap* planta-ave do Fragmento de Floresta de Eucaliptos Abandonados. Observa-se a dominância da interação entre *Thraupis sayaca*, sugerindo um padrão de rede funcionalmente simplificado, típico de ambientes degradados.

A SAF apresentou uma rede de interações mais diversificada (Figura 6), com maior número de espécies de plantas e aves interagentes e equitatividade na distribuição de interações. Destacam-se como generalistas, ou seja, espécies que se conectam com um maior número de plantas, *Elaenia* sp. (Nt = 10) e *Thraupis sayaca* (Nt = 14).

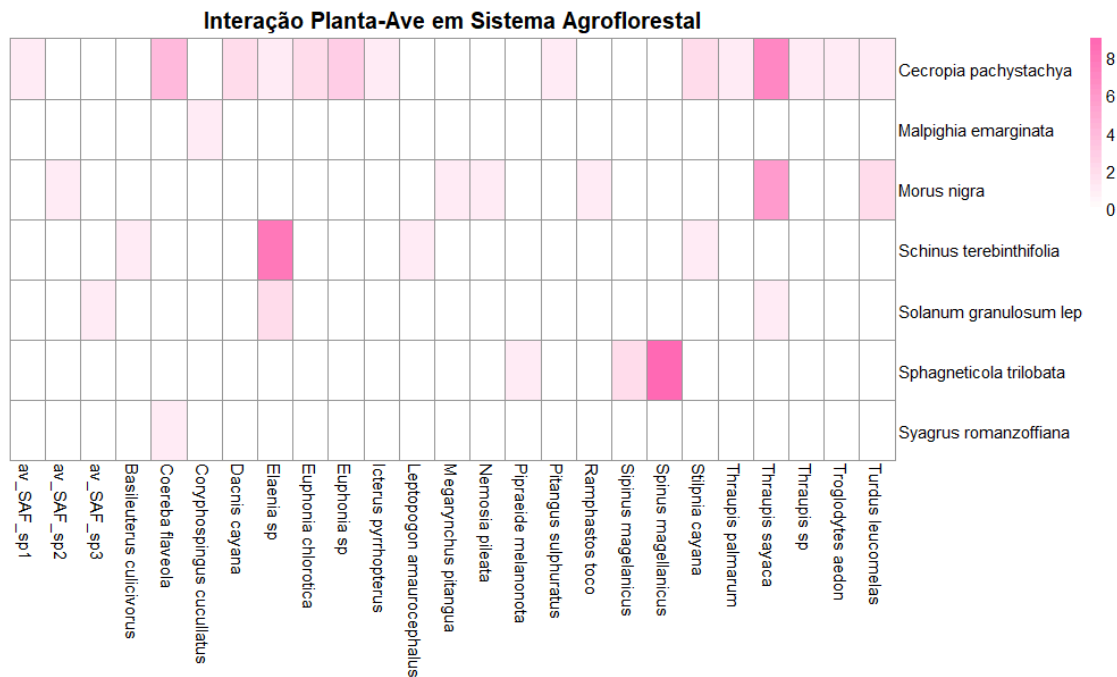


Figura 6 - *Heatmap* planta-ave para o Sistema Agroflorestal. Aves como *Elaenia* sp., *Thraupis sayaca* tiveram maior frequência de interações, enquanto plantas como *Cecropia pachystachya* e *Morus nigra* foram as mais utilizadas como recurso alimentar.

4.2 ESTRUTURA MODULAR

A área FR apresentou uma rede com estrutura modular definida ($M = 0,53$), indicando boa compartimentalização. Isso sugere a existência de subconjuntos específicos de aves que interagem com determinadas plantas, como *Basileuterus culicivorus*, *Turdus rufiventris* e *Myiarchus* sp., indicando alta heterogeneidade ambiental e, conseqüentemente, diversidade florística, o que contribui para a resiliência ecológica (Olesen *et al.*, 2007; Fortuna *et al.*, 2010).

A modularidade da AUA ($M = 0,42$) indica um ambiente dividido em subgrupos, com predominância de interações internas e poucas entre grupos, configurando uma estrutura moderada. Isso sugere que algumas espécies de aves e plantas formam subconjuntos

interativos preferenciais, ou seja, grupos onde as interações ocorrem com maior frequência entre pares específicos de espécies (Olesen *et al.*, 2007).

Essa estrutura modular pode estar associada a características ambientais da área urbana, como presença de plantas exóticas, distúrbios antrópicos ou disponibilidade desigual de recursos, favorecendo a formação de grupos funcionais de interação (Emer *et al.*, 2013; Morante-Filho *et al.*, 2015).

A modularidade da rede de interações no FEA se mostra uma estrutura modular fraca ($M = 0,145$), estando possivelmente relacionado a alta homogeneidade ambiental do eucaliptal, que reduz os recursos florísticos e, conseqüentemente, dificulta a formação de nichos especializados (Tylianakis *et al.*, 2007; Dormann; Strauss, 2014).

O SAF possui uma estrutura modular definida ($M = 0,58$), com grupos de aves e plantas que interagem interespecificamente com subconjuntos específicos de plantas. Isso indica uma diversidade estrutural e vegetativa, sugerindo a presença de micro-habitats e diversidade funcional de espécies vegetais (Harvey *et al.*, 2006).

4.3 CONECTÂNCIA

A conectância da FR foi de 0,52, indicando uma rede de interações moderadamente conectada. Apesar da diversidade de espécies ser baixa, há um equilíbrio entre especialização e generalismo, o que sugere uma estrutura de rede funcionalmente resiliente, mesmo sem a interação de todas as espécies. Em ambientes com vegetação nativa mais preservada, como Fragmento de Floresta Remanescente (FR), é comum observar redes mais complexas, com maior heterogeneidade na distribuição das interações; porém a rede de FR se mostra pequena para observar a complexidade presente (Jordano, 1987; Schleuning *et al.*, 2011).

A conectância da AUA foi de 0,48, indicando um valor intermediário e um certo grau de estruturação ecológica. Em ambientes com plantas ornamentais, exóticas ou espontâneas, a adaptação das aves generalistas a áreas urbanas pode favorecer à ocorrência de múltiplas interações, porém com baixa especialização (Oliveira *et al.*, 2015). Também o ambiente possibilita a conectividade de uma área para a manutenção da diversidade e interações, além de aumentar a permeabilidade do ambiente, pois permite que diferentes tipos de fluxos de materiais, organismos entre outros, tenham a possibilidade de passagem pela matriz ambiental. Assim, um ambiente urbano planejado possui uma capacidade de restabelecer uma diversidade perdida de áreas que anteriormente estavam degradadas e assim possibilitar a reestruturação ecológica e de vida do local (Rodà, 2003). E conseqüentemente a oferta

aumentada de frutos garante a conectividade entre aves e plantas promovendo uma rede mais coesa, mesmo que em um ambiente antropizado.

A rede de interações no Fragmento de Floresta de Eucaliptos Abandonados apresentou conectância máxima ($C = 1$), indicando que todas as interações potenciais entre as espécies de aves e plantas registradas foram efetivamente realizadas. Esse valor máximo de conectância em uma rede bipartida sugere uma estrutura altamente generalista e totalmente conectada. Tal padrão pode estar associado a baixa diversidade de espécies ou à predominância de espécies oportunistas, capazes de explorar eficientemente os recursos disponíveis, mesmo em ambientes modificados (Blüthgen *et al.*, 2007; Devoto *et al.*, 2012).

A conectância do SAF foi relativamente alta ($C = 0,40$), sugerindo uma rede em que muitas interações estão potencialmente conectadas. Esse padrão reflete a diversidade de espécies e a estrutura vegetal particular do SAF, composta por espécies nativas e cultivadas.

4.4 ANINHAMENTO

A FR apresentou uma rede não aninhada, sendo o WNODF igual a 0, indicando uma segmentação das interações. Isso evidencia um ambiente com complexidade ecológica ou nichos bem definidos para interações específicas. Em redes pouco aninhadas, espécies especialistas tendem a interagir com um subconjunto próprio de espécies, sem necessariamente compartilhar os mesmos parceiros dos generalistas, resultando em uma estrutura mais modular e menos redundante (Bascompte *et al.*, 2003; Almeida-Neto *et al.*, 2008). Além disso, essa característica pode ser influenciada pelo ambiente possuir maior número de frutos não zoocóricos presentes, o que tende a diminuir a possibilidade de presenciar zoocoria.

O aninhamento da AUA (WNODF = 0,45) indica alto aninhamento, com interações compartilhadas entre generalistas e especialistas. Isso mostra que as espécies especialistas interagem com as mesmas espécies que as generalistas. Mesmo em uma área urbanizada, a presença planejada de plantas zoocóricas atrai aves e contribui para o aninhamento da rede (Bascompte *et al.*, 2003; Almeida-Neto *et al.*, 2008).

A FEA possui uma rede não aninhada (WNODF = 0), indicando que não há sobreposição nas interações entre espécies especialistas e generalistas. Nesse contexto, as espécies com poucas interações não compartilham as mesmas espécies de plantas que as mais generalistas. Tal padrão está associado à baixa diversidade de espécies registradas, e à disponibilidade limitada e homogênea de recursos.

O aninhamento da SAF apresentou grau moderado ($WNODF = 0,373$) com algumas espécies especialistas interagindo com subconjuntos compartilhados com generalistas. No entanto, esse padrão não é consistente para a rede toda (Bascompte; Jordano; Olesen, 2006). Trata-se, portanto, de uma rede com diversidade intermediária de espécies, cuja composição vegetal, exótica e nativa, e o manejo humano influenciam a disponibilidade e previsibilidade dos recursos (Bascompte *et al.*, 2006; Almeida-Neto *et al.*, 2008).

4.5 CENTRALIDADE POR INTERMÉDIO

A centralidade por intermédio no FR foi observada em apenas três espécies: entre as aves, *Thraupis sayaca* ($CI = 1$) e entre as plantas, *Tetrorchidium rubrivenium* ($CI = 0,75$) e *Zanthoxylum rhoifolium* ($CI = 0,75$) (Figura 7). Esses valores indicam uma baixa centralidade por intermédio, inferior à observada para o Fragmento de Floresta de Eucaliptos Abandonados, indicando o pequeno número de observações registradas.

A centralidade por intermédio na AUA apresentou 19 registros, entretanto, duas espécies se destacaram com maior centralidade, sendo a planta *Ficus luschnathiana* ($CI = 1$) e a ave *Thraupis sayaca* ($CI = 0,464$). Essas espécies são chaves para a conectividade da rede (Figura 7).

A centralidade por intermédio (CI) da FEA está centrada em uma espécie de ave e uma espécie de planta, sendo respectivamente *Thraupis sayaca* ($CI = 1$) e *Senna macranthera* ($CI = 0,75$), os quais não possuem uma pontuação alta, entretanto se mostram presentes para criarem a conexão com as demais espécies (Figura 7).

Ao avaliar todas as espécies quanto à centralidade por intermédio em cada área (Figura 7), evidencia-se *Thraupis sayaca* presente em todas elas, sendo, portanto, uma espécie-chave para a conexão entre interações à medida que desempenha um papel central na estrutura da rede ecológica, conectando diferentes espécies entre si. Sua presença contribui para a resiliência ecológica e para a estrutura das redes, influenciando a forma como as áreas se conectam.

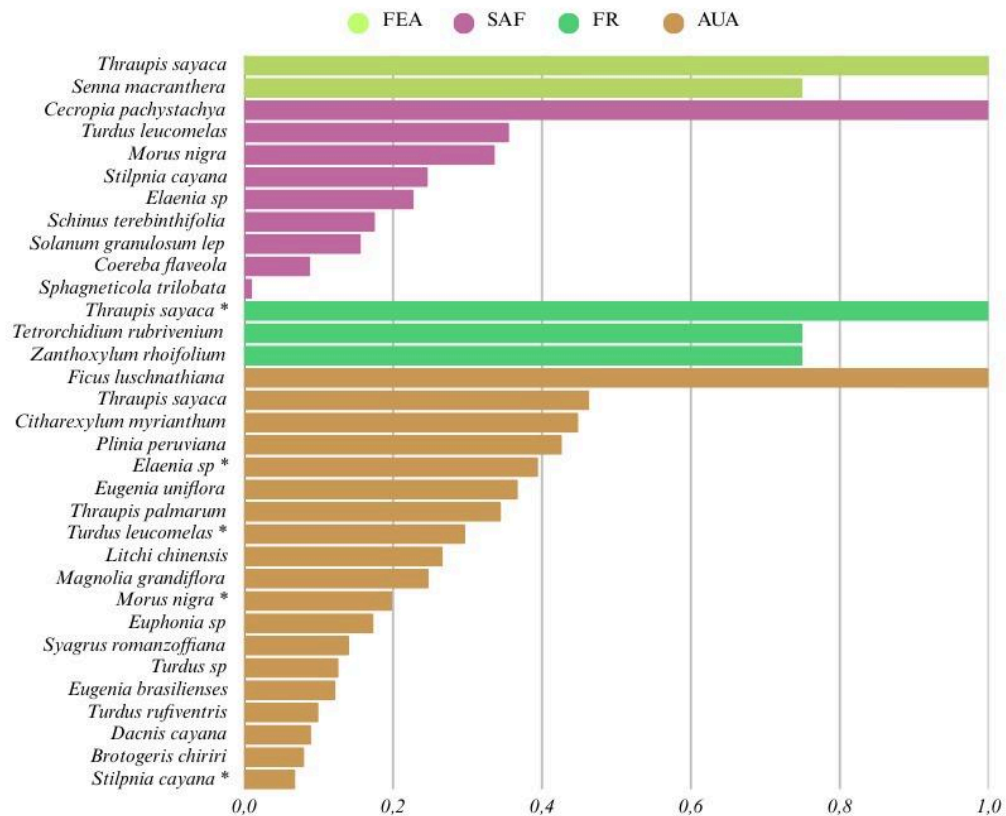


Figura 7 - Centralidade por intermédio com espécies de plantas e aves com resultados entre 0 e 1 indicando uma maior conectividade e intermédio nas redes, quando mais próximo de 1 e menor conectividade entre as espécies, quando mais próximo de 0. Cada coloração indicando uma área e as espécies com valores para a centralidade por intermédio. O (*) indica as espécies repetidas em cada uma das áreas.

A alta frequência de interações com *Senna macranthera* sugere que essa espécie desempenha um papel importante como recurso alimentar em fragmentos empobrecidos, onde há escassez de recursos vegetais e poucas espécies frugívoras adaptadas às condições degradadas. Esse padrão é coerente com observações de outros estudos sobre redução da diversidade e especialização das interações em ambientes degradados (Emer *et al.*, 2018). A presença de *Senna macranthera* no Fragmento de Floresta de Eucaliptos Abandonados mostra sua importância na manutenção mínima da funcionalidade ecológica local.

A partir da composição do agroecossistema e suas áreas, extraiu-se as espécies de plantas e aves e suas maiores conexões e interações entre espécies (figura 8). Assim, a rede se mostra centralizada em três espécies de plantas, como demonstra os aninhamentos em sua periferia (presentes na SAF e FR). Indicando a heterogeneidade e as áreas com mais

conexões (AUA e SAF), como também áreas que necessitam de enriquecimento para aumentar suas interações e consequentemente as dispersões existentes.

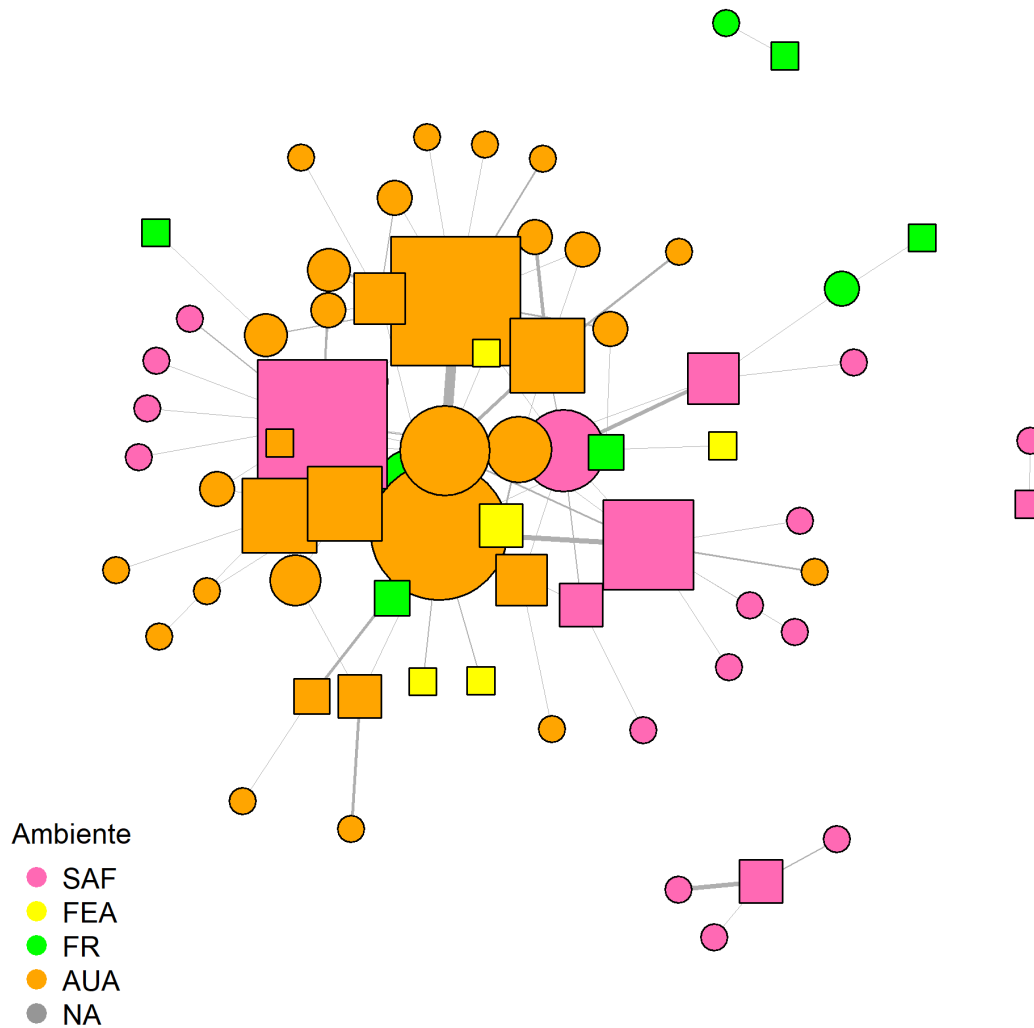


Figura 8 - Representação das redes de interação entre aves e plantas nas três áreas de estudo em conjunto. A coloração indica a área de origem de cada indivíduo. Aves são representadas por círculos e plantas por quadrados. SAF: Sistema Agroflorestral; FEA Fragmento de Floresta de Eucaliptos Abandonados; FR: Fragmento de Floresta Remanescente; AUA: Área Urbana Aberta; NA: Nenhuma das Anteriores.

5. CONCLUSÃO

As redes apresentam diferentes níveis de estrutura modular, com maior compartimentalização no Fragmento de Floresta Remanescente (FR) e menor na área com eucaliptos, o que indica diferenças na heterogeneidade ambiental e na disponibilidade de recursos.

Áreas urbanas planejadas não devem ser vistas apenas como espaços artificiais, mas como potenciais aliadas na conservação da biodiversidade, quando manejadas com foco em espécies vegetais nativas atrativas para a avifauna, que forneçam recursos tróficos. Algumas espécies se mostram mais resistentes independentemente do ambiente, desempenhando importantes papéis para a manutenção e regeneração da vegetação. A integração de espécies nativas e de plantas atrativas à fauna pode contribuir não apenas para a manutenção da diversidade de aves, mas também para o fortalecimento dos serviços ecossistêmicos.

A partir dos resultados, recomenda-se ampliar o monitoramento para outros ambientes do agroecossistema e região, bem como dar continuidade aos levantamentos nas mesmas áreas, a fim de gerar dados para diferentes anos e estações, permitindo compreender de forma detalhada a ecologia funcional das espécies frente às mudanças climáticas.

Os resultados deste estudo evidenciam como diferentes ambientes influenciam a estrutura e a funcionalidade das redes de interações entre plantas e aves, destacando espécies-chave e padrões de interação que sustentam a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, fornecendo subsídios importantes para a conservação e a restauração ecológica em agroecossistemas.

Com a possibilidade de analisar quais os ambientes mais conectados com as espécies em comum entre os ambientes, permite-se avaliarmos quais as áreas que necessitam de espécies de plantas atrativas para aumentar sua interação com outros ambientes e assim ter uma maior resiliência das áreas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA-NETO, M.; GUIMARÃES, P.; GUIMARÃES, P. R.; LOYOLA, . D.; ULRICH, W. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. **Oikos**, [s. l.], v. 117, n. 8, p. 1227–1239, ago. 2008. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16644.x>.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIÁN, C. J.; OLESEN, J. M. The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 100, n. 16, p. 9383–9387, 5 ago. 2003. <https://doi.org/10.1073/pnas.1633576100>.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; OLESEN, J. M. Asymmetric Coevolutionary Networks Facilitate Biodiversity Maintenance. **Science**, [s. l.], v. 312, n. 5772, p. 431–433, 21 abr. 2006. <https://doi.org/10.1126/science.1123412>.

BROKAW, N. V. L. The Definition of Treefall Gap and Its Effect on Measures of Forest Dynamics. **Biotropica**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 158, jun. 1982. <https://doi.org/10.2307/2387750>.

CONNELL, J H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. [s. l.], [s. d.]. .

DORMANN, C. F.; STRAUSS, R. A method for detecting modules in quantitative bipartite networks. **Methods in Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 90–98, jan. 2014. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12139>.

EBERHARDT, L. L. Transect Methods for Population Studies. **The Journal of Wildlife Management**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 1, jan. 1978. <https://doi.org/10.2307/3800685>.

EMER, C.; GALETTI, M.; PIZO, M. A.; GUIMARÃES, P. R.; MORAES, S.; PIRATELLI, A.; JORDANO, P. Seed-dispersal interactions in fragmented landscapes – a metanetwork approach. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 484–493, abr. 2018. <https://doi.org/10.1111/ele.12909>.

GALLAGHER, R. S. **Seed - The Ecology of Regeneration in Plant Communities**. 3ª Edition. [S. l.]: CABI, 2014(, PDF). . Acesso em: 30 jul. 2025.

HARVEY, C. A.; MEDINA, A.; SÁNCHEZ, D. M.; VÍLCHEZ, S.; HERNÁNDEZ, B.; SAENZ, J. C.; MAES, J. M.; CASANOVES, F.; SINCLAIR, F. L. PATTERNS OF ANIMAL DIVERSITY IN DIFFERENT Forms of Tree Cover in Agricultural Landscapes. **Ecological**

Applications, v. 16, n. 5, p. 1986–1999, 2006. DOI: 10.1890/1051-0761(2006)016[1986:POADID]2.0.CO;2.

HERRERA, M.; JORDANO, P. *Prunus mahaleb* and Birds: The High-Efficiency Seed Dispersal System of a Temperate Fruiting Tree. **Ecological Monographs**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 203–218, jun. 1981. <https://doi.org/10.2307/2937263>.

HOWE, H F; SMALLWOOD, J. Ecology of Seed Dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 201–228, nov. 1982. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001221>.

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira, 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JANZEN, Daniel H. Herbivores and the Number of Tree Species in Tropical Forests. **The American Naturalist**, [s. l.], v. 104, n. 940, p. 501–528, nov. 1970. <https://doi.org/10.1086/282687>.

JORDANO, P. Patterns of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution. **The American Naturalist**, [s. l.], v. 129, n. 5, p. 657–677, maio 1987. <https://doi.org/10.1086/284665>.

JORDANO, P.; SCHUPP, E. W. Seed Disperser Effectiveness: The Quantity Component and Patterns of Seed Rain for *Prunus mahaleb*. **Ecological Monographs**, [s. l.], v. 70, n. 4, p. 591, nov. 2000. <https://doi.org/10.2307/2657187>.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Org.). *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. p. 1-44.

MARQUITTI, F. M. D.; GUIMARÃES, P. R.; PIRES, M. M.; BITTENCOURT, L. F. MODULAR: software for the autonomous computation of modularity in large network sets. **Ecography**, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 221–224, mar. 2014. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00506.x>.

MARTINEZ-RAMOS, M.; SOTO-CASTRO, A. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. **Vegetatio**, [s. l.], v. 107–108, n. 1, p. 299–318, jun. 1993. <https://doi.org/10.1007/BF00052231>.

OLIVEIRA, D. S. F.; FRANCHIN, A. G.; MARÇAL JÚNIOR, O. Rede de interações ave-planta: um estudo sobre frugivoria em áreas urbanas do Brasil. **Biotemas**, v. 28, n. 4, p. 83-97, 2015.

MELLO, M. A. R.; MARQUITTI, F. M. D.; GUIMARÃES, P. R.; KALKO, E. K. V.; JORDANO, P.; DE AGUIAR, M. A. M.. The modularity of seed dispersal: differences in structure and robustness between bat– and bird–fruit networks. **Oecologia**, [s. l.], v. 167, n. 1, p. 131, set. 2011. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1984-2>.

MORANTE-FILHO, J. C.; FARIA, D. M.; MARIANO-NETO, E.; RHODES, J. Birds in anthropogenic landscapes: the responses of ecological groups to forest loss in the Brazilian Atlantic Forest. **PLOS ONE**, v. 10, n. 6, e0128923, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128923>.

NATHAN, R.; MULLER-LANDAU, H. C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 15, n. 7, p. 278–285, jul. 2000. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01874-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01874-7).

OLESEN, J. M.; BASCOMPTE, J.; DUPONT, Y. L.; JORDANO, P. The modularity of pollination networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 104, n. 50, p. 19891–19896, 11 dez. 2007. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706375104>.

OLESEN, J. M.; JORDANO, P. GEOGRAPHIC PATTERNS IN PLANT–POLLINATOR MUTUALISTIC NETWORKS. [s. l.], [s. d.]. .

PIRES, M. M.; O'DONNELL, J. L.; BURKLE, L. A.; DÍAZ-CASTELAZO, C.; HEMBRY, David H.; YEAKEL, J.D.; NEWMAN, E. A.; MEDEIROS, L. P.; DE AGUIAR, M. A. M.; GUIMARÃES, P. R. The indirect paths to cascading effects of extinctions in mutualistic networks. **Ecology**, [s. l.], v. 101, n. 7, p. e03080, jul. 2020. <https://doi.org/10.1002/ecy.3080>.

PIZO, Marco. A. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 559–577, jul. 1997. <https://doi.org/10.1017/S0266467400010713>.

PIZO, M. A.; GALETTI, M. Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves. In: MATTER, O. S. V.; STRAUBE, F. C.; ACCORDI, I.; PIACENTINI, V.; CÂNDIDO-JR, J. F. (Org.). *Ornitologia e Conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*. Rio de Janeiro: **Technical Books**, 2010.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do estado de São Paulo: revisado e ampliado**. [S. l.]: CINP Instituto Florestal, 2017.

ROTHER, D. C.; PIZO, M. A.; JORDANO, P. Variation in seed dispersal effectiveness: the redundancy of consequences in diversified tropical frugivore assemblages. **Oikos**, [s. l.], v. 125, n. 3, p. 336–342, mar. 2016. <https://doi.org/10.1111/oik.02629>.

SCHUPP, E. W. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. [s. l.], 1993.

SNOW, D. W. Tropical Frugivorous Birds and Their Food Plants: A World Survey. **Biotropica**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 1, mar. 1981. <https://doi.org/10.2307/2387865>.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia 3ª Edição**. Av. Angélica, 1091 - Higienópolis: artmed, [s. d.](, PDF).

TYLIANAKIS, J. M.; TSCHARNTKE, T.; LEWIS, O. T. Habitat modification alters the structure of tropical host–parasitoid food webs. **Nature**, [s. l.], v. 445, n. 7124, p. 202–205, jan. 2007. <https://doi.org/10.1038/nature05429>.

APÊNDICES

Apêndice 1 Relação das espécies de aves presentes nas interações no Campus Lago do Sino da UFSCar de acordo com a área

Ambientes	Nome Científico	Nome Popular
Área Urbana Aberta	<i>Brotogeris chiriri</i>	periquito-de-encontro-amarelo
	<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco
	<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço-cinzent o
	<i>Stilpnia cayana</i>	saíra-amarela
	<i>Tachyphonus coronatus</i>	tiê-preto
	<i>Forpus xanthopterygius</i>	tuim
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi
	<i>Euphonia sp</i>	-
	<i>Euphonia violacea</i>	gaturamo-verda deiro
	<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira
	<i>Coereba flaveola</i>	cambacica
	<i>Thraupis palmarum</i>	sanhaço-do-coq ueiro
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri
	<i>Gnorimopsar chopi</i>	pássaro-preto
	<i>Elaenia sp</i>	-
	<i>Cyanocorax cristatellus</i>	gralha-do-camp o
	<i>Patagioenas picazuro</i>	pomba-asa-bran ca
	<i>Myiozetetes similis</i>	suiriri-cavaleiro
	<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul
	<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca
<i>Amazona aestiva</i>	papagaio-verdad eiro	
<i>Tersina viridis</i>	saí-andorinha	
<i>Molothrus bonariensis</i>	chupim	

	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	piriquitão/marita ca
	<i>Icterus pyrrhopterus</i>	encontro
	<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul
Fragmento de Floresta Remanescente	<i>Euphonia violacea</i>	gaturamo-verda deiro
	<i>Myiarchus sp</i>	-
	<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço-cinzent o
	<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira
Fragmento de Floresta de Eucaliptos Abandonados	<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço-cinzent o
	<i>Elaenia sp</i>	-
	<i>Stilpnia cayana</i>	saíra-amarela
	<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul
	<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco
	<i>Elaenia sp</i>	-
	<i>Stilpnia cayana</i>	saíra-amarela
	<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço-cinzent o
	<i>Euphonia sp</i>	-
	<i>Troglodytes musculus</i>	corruíra
Sistema Agroflorestal	<i>Coereba flaveola</i>	cambacica
	<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul
	<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco
	<i>Ramphastos toco</i>	tucano-toco
	<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	cabeçudo
	<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei
	<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu- preto
	<i>Basileuterus culicivorus</i>	pula-pula
	<i>Euphonia chlorotica</i>	fim-fim
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi
	<i>Thraupis palmarum</i>	sanhaço-do-coq ueiro
	<i>Pipraeidea melanonota</i>	saíra-viúva
<i>Icterus pyrrhopterus</i>	encontro	

APÊNDICE 2 - Relação das plantas presentes nas interações com as aves no Campus Lago do Sino da UFSCar de acordo com a área.

Ambientes	Nome Científico	Nome Popular
Área Urbana Aberta	<i>Magnolia grandiflora</i>	magnólia-branca
	<i>Ficus luschnathiana</i>	figueira-mata-pau
	<i>Litchi chinensis</i>	lichia
	<i>Eugenia brasiliensis</i>	grumixama
	<i>Citharexylum myrianthum</i>	tucaneira
	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	jerivá
	<i>Eugenia uniflora</i>	pitangueira
	<i>Plinia peruviana</i>	jabuticaba
	<i>Morus nigra</i>	amoreira
Fragmento Remanescente	<i>Dendropanax cuneatus</i>	maria-mole
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	mamica-de-porca
	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	canemuçu
Fragmento de Floresta de Eucaliptos Abandonados	<i>Pera glabrata</i>	tamanqueira
	<i>Pera glabrata</i>	tamanqueira
	<i>Cecropia pachystachya</i>	embaúba branca
	<i>Tabernaemontana catharinensis</i>	leiteira
	<i>Lithraea molleoides</i>	aroeira-brava
Sistema Agroflorestal	<i>Senna macranthera</i>	pau-fava
	<i>Cecropia pachystachya</i>	embaúba branca
	<i>Solanum granulosum-leprosum</i>	fumo-bravo
	<i>Schinus terebinthifolia</i>	aroeira-vermelha
	<i>Sphagneticola trilobata</i>	margaridão
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	jerivá	
<i>Morus nigra</i>	amoreira	

APÊNDICE 3 - Classificação da dieta e porcentagem de consumo de frutos das aves registradas durante o estudo de interação entre aves frugívoras e plantas nos diferentes ambientes no Campus Lago do Sino da UFSCar.

Nome Científico	Nome Popular	Dieta alimentar	Dieta prioritária (Wilman)	Dieta frutos (%)	Dieta de sementes (%)
<i>Amazona aestiva</i>	papagaio-verdadeiro	Frugívoro	Onívoro	50%	50%
<i>Basileuterus culicivorus</i>	pula-pula	Insetívoro	Insetívoro	0%	0%
<i>Brotogeris chiriri</i>	periquito-de-encontro -amarelo	Frugívoro	Frugívoro/ne ctarívoro	50%	20%
<i>Coereba flaveola</i>	cambacica	Nectarívoro	Nectarívoro	0%	0
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	gralha-do-campo	Onívoro	Onívoro	40%	0%
<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul	Onívoro	Onívoro	40%	0%
<i>Elaenia sp</i>	-	Frugívoro	Frugívoro/ insetívoro/on ívoro	20% - 50%	0%
<i>Euphonia chlorotica</i>	fim-fim	Onívoro	Frugívoro/N ectarívoro	100%	0%
<i>Euphonia violacea</i>	gaturamo-verdadeiro	Frugívoro	Frugívoro/N ectarívoro	100%	0%

<i>Forpus xanthopterygius</i>	tuim	Frugívoro	Onívoro	50%	50%
<i>Gnorimopsar chopi</i>	pássaro-preto	Onívoro	Onívoro	20%	30%
<i>Icterus pyrrhopterus</i>	encontro	Onívoro	Insetívoro	0%	0%
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	cabeçudo	Insetívoro	Insetívoro	20%	0%
<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei	Onívoro			
<i>Molothrus bonariensis</i>	chupim	Onívoro	Insetívoro	0%	30%
<i>Myiarchus sp</i>	-	Onívoro	Insetívoro	20%	10% - 0%
<i>Myiozetetes similis</i>	suiriri-cavaleiro	Onívoro	Onívoro	40%	10%
<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto	Onívoro			
<i>Patagioenas picazuro</i>	pomba-asa-branca	Frugívoro	Plantseed	30%	30%
<i>Pipraeidea melanonota</i>	saíra-viúra		Onívoro	50%	20%
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	Onívoro	Onívoro	30%	0%
<i>Psittacara leucophthalmus</i>	periquitão/maritaca	Frugívoro	Frugívoro	30%	30%
<i>Ramphastos toco</i>	tucano-toco	Onívoro	Frugívoro/Nectarívoro	70%	0%

<i>Stilpnia cayana</i>	saíra-amarela	Onívoro	Frugívoro/N ectarívoro	90%	0
<i>Tachyphonus coronatus</i>	tiê-preto	Onívoro	Insetívoro	20%	20%
<i>Tersina viridis</i>	saí-andorinha	Onívoro	Frugívoro/N ectarívoro	70%	0%
<i>Thraupis palmarum</i>	sanhaço-do-coqueiro	Onívoro	Frugívoro/N ectarívoro	60%	20%
<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço-cinzento	Onívoro	Onívoro	50%	40%
<i>Troglodytes musculus</i>	corruíra	Insetívoro	Insetívoro	0%	0%
<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca	Onívoro	Frugívoro/N ectarívoro	60%	0%
<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco	Onívoro	Insetívoro	30%	0
<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira	Onívoro	Onívoro	50%	0
<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri	Onívoro	Insetívoro	0%	0