

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

SÁURIA LÚCIA ROCHA DE CASTRO

**Rede de interações aves-plantas arbóreas em fragmentos de floresta ripária  
na região noroeste do Paraná**

Maringá  
2011

SÁURIA LÚCIA ROCHA DE CASTRO

**Rede de interações aves-plantas arbóreas em fragmentos de floresta ripária  
na região noroeste do Paraná**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Luiz dos Anjos

Maringá  
2011

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

C355r

Castro, Sáuria Lúcia Rocha de, 1967-

Rede de interações aves-plantas arbóreas em fragmentos de floresta ripária na região noroeste do Paraná / Sáuria Lúcia Rocha de Castro. -- Maringá, 2011.  
42 f. : il. (algumas color.).

Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Luiz dos Anjos.

1. Mutualismo - Interação aves-plantas arbóreas - Floresta ripária - Paraná (Estado).  
2. Aves frugívoras - Dispersão de sementes - Floresta ripária - Paraná (Estado). 3. Aninhamento - Interação aves-plantas arbóreas - Floresta ripária - Paraná (Estado). I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 22. ed. -577.852098162  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

SÁURIA LÚCIA ROCHA DE CASTRO

**Rede de interações aves-plantas arbóreas em fragmentos de floresta ripária  
na região noroeste do Paraná**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Luiz dos Anjos  
Universidade Estadual de Londrina / UEM-PEA (Presidente)

Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* de Londrina

Prof. Dr. José Flávio Cândido Júnior  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Cascavel

Prof. Dr. Cláudio Henrique Zawadzki  
Universidade Estadual de Maringá, *Campus* de Maringá

Aprovada em: 22 de agosto de 2011.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Bloco G-90, *Campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Aos meus pais e ao Luciano.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz dos Anjos por todo o seu apoio e orientação.

À Prof<sup>ta</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Conceição de Souza, curadora da Coleção Especial Vegetação Ripária - Nupélia (CNUP), pela permissão de acesso ao acervo e auxílio na identificação das plantas. À Msc. Kazue Kawakita e ao Carlos E B. Fernandes pelo auxílio na preparação do material botânico e na sua identificação.

Ao Nupélia pelo apoio logístico e financeiro nos trabalhos de campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pelo apoio financeiro nos trabalhos de campo.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul pela oportunidade de aperfeiçoamento profissional.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul pela bolsa de estudos.

Aos amigos Dilermando e à Sybelle pela paciência e troca de informações sobre as redes de interações.

À amiga Camila por todo apoio.

Ao amigo Tião e sua esposa, por todo o apoio.

Ao Alfredo, à Frora demais funcionários da base da Universidade Estadual de Maringá.

À todos os mateiros e barqueiros que tornaram esse trabalho possível.

# Rede de interações aves-plantas arbóreas em fragmentos de floresta ripária na região noroeste do Paraná

## RESUMO

A dispersão de sementes mediada por animais é considerada essencial ao ciclo de vida da maioria das plantas. Em comunidades naturais, as espécies e suas interações estão organizadas em redes não randômicas, com padrões complexos, repetidos e distintos. O estudo foi realizado em três fragmentos de floresta ripária na região noroeste do Paraná para analisar a rede de interações entre aves frugívoras e plantas arbóreas. A amostragem mensal ocorreu de janeiro de 2009 a março de 2010, totalizando 420 horas. Foram observadas interações envolvendo 18 espécies de plantas e 43 espécies de aves. A rede de interações foi construída com base em 338 eventos de alimentação. A conectância foi baixa e a rede apresentou simultaneamente padrão aninhado e modular. Oito módulos foram identificados, observando-se que aves próximas filogeneticamente não interagem necessariamente com as mesmas plantas. *Turdus leucomelas* foi a ave mais generalista, interagindo com seis espécies de plantas, enquanto *Cecropia pachystachya*, a planta, que teve o maior número de interações com aves (35). Verificou-se a predominância de espécies de aves não florestais interagindo com espécies pioneiras, o que pode ser um reflexo do estado de conservação dos fragmentos, que apresenta vegetação em recuperação.

**Palavras-chave:** Mutualismo. Aves frugívoras. Aninhamento. Modularidade. Fragmentos florestais.

## **Bird-tree interaction network in the northwest of Paraná State, Brazil**

### ***ABSTRACT***

Seed dispersal mediated by animals is an essential process to the life cycle of plants. In natural communities, species and their interactions are arranged in non-random networks with complex, repeated and distinct patterns. This study was conducted in three fragments of riparian forest in the northwest of Paraná State in order to describe the interaction network between frugivorous birds and tree plant species. Sampling occurred monthly from January 2009 to March 2010, except in June and July. Interactions involved 18 plant species and 43 bird species, totaling 420 observation hours. The interaction network was constructed based on 338 feeding events. There was a large number of specialist species simultaneously promoting a low connectance and modular and nested patterns in the network. Eight modules were identified and *Cecropia pachystachya* was the only module hub. The nested pattern indicates that specialist plants are dispersed by generalist birds, while specialist and generalist birds disperse generalist plants. It was found that phylogenetically close birds do not necessarily interact with the same plants. *Turdus leucomelas* was the most generalist bird, interacting with six plant species, while *Cecropia pachystachya* had the highest number of interactions (35). In this study, there was predominance of non-forest bird species interacting strongly with pioneer plant species. This reflects the conservation state of the fragments, which present vegetation in early successional stage.

***Keywords:*** Mutualism. Frugivorous birds. Nestedness. Modularity. Forest fragments

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	12
<b>3</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	15
3.1	PROCEDIMENTOS PARA AMOSTRAGEM .....	15
3.1.1	Plantas .....	16
3.1.2	Interações aves-plantas.....	17
3.1.3	Redes de interações.....	18
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	20
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	34
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

Interações mutualísticas entre plantas e animais são essenciais ao ciclo de vida da maioria das plantas, especialmente nas regiões tropicais, devido a a reprodução de mais de 90% das espécies de árvores e arbustos nos trópicos, que depende da polinização de suas flores e da dispersão de suas sementes por animais (Almeida-Neto *et al.* 2008, Bascompte & Jordano 2008, Jordano *et al.* 2006, Sekercioglu 2006, Tabarelli & Peres 2002). Howe & Smallwood (1982) mencionam que nas florestas tropicais, um mínimo de 50% e, frequentemente, mais de 75% das espécies de árvores produzem frutos carnosos adaptados ao consumo de aves e mamíferos. O desaparecimento desses animais, importantes na dispersão à longa distância, pode ter consequências catastróficas para a regeneração da floresta tropical (Bascompte & Jordano 2008).

O suprimento de frutos está sujeito à forte padrão de organização espaço-temporal, ou seja, os frutos constituem um recurso não disponível durante todo o ano, não sendo distribuído homogeneamente por todo o hábitat (Herrera 1985, Jordano 2000). Algumas aves, como o tucano toco (França *et al.* 2008) e o quetzal (Wheelwright 1983), frequentemente exploram áreas amplas em busca de seus frutos prediletos e sua abundância relativa aumenta onde esses frutos estão presentes.

A maioria dos frugívoros consome apenas parte da diversidade dos frutos carnosos existente no seu hábitat (Snow 1981) e pelo menos três tipos básicos de frugivoria podem ser definidos, em relação às suas consequências potenciais para a dispersão de sementes (Jordano 2000): (a) dispersores legítimos que engolem os frutos inteiros e defecam ou regurgitam sementes intactas; (b) consumidores de polpa que arrancam pedaços enquanto o fruto está ligado ao seu pedúnculo, ou que mandibulam os frutos e ingerem somente a polpa separando-

a cuidadosamente da semente, e (c) predadores de sementes que extraem as sementes dos frutos, rejeitam a polpa, abrem a semente e ingerem seu conteúdo, ou que engolem e digerem os frutos inteiros. A ecomorfologia e o comportamento das aves, assim como as características dos frutos (especialmente o tamanho das sementes) influenciam nos padrões de interação planta-ave frugívora (Jordano 2000).

Em comunidades naturais, frequentemente as espécies e suas interações estão organizadas em redes não randômicas, exibindo padrões complexos, repetidos e distintos (Olesen *et al.* 2007). Diversos estudos sobre redes ecológicas tratam apenas de interações antagonísticas (também chamadas de redes tróficas) ou mutualísticas, sendo poucos os estudos que envolvem ambos os tipos de rede (Bascompte 2010, Thébault & Fontaine 2010).

Em redes mutualísticas envolvendo animais frugívoros e plantas, a dispersão de sementes pode iniciar-se com a remoção dos frutos pelos animais, sendo que o sucesso da dispersão das sementes é um reflexo do comportamento alimentar do frugívoro, do processamento do fruto e dos movimentos pós-alimentares (Jordano & Schupp 2000, Scherer *et al.* 2007). Este processo pode refletir as relações co-evolutivas ou oportunistas entre as espécies (Charles-Dominique 1993, Howe 1993), podendo beneficiar a restauração da biodiversidade em áreas degradadas (Wunderle Jr 1997).

Considerando as redes mutualísticas, frequentemente espécies generalistas (i.e., que participam de muitas interações) interagem na rede com outras generalistas e especialistas (i.e., espécies que realizam poucas interações), sendo que as últimas raramente interagem entre si, caracterizando um padrão chamado de aninhado (Bascompte *et al.* 2003). Entretanto, outro padrão, conhecido como modular, também pode ser verificado em redes mutualísticas (Fortuna *et al.* 2010, Olesen *et al.* 2007). Este padrão caracteriza-se por grupos de espécies que interagem mais entre si do que com as outras espécies da rede (Lewinsohn *et al.* 2006). Quando a modularidade está presente, o papel funcional das espécies da rede pode ser

determinado, e reflete o número de interações que cada espécie realiza com aquelas de seu módulo e com as dos demais módulos (Guimerà & Nunes Amaral 2005a, b, Olesen *et al.* 2007).

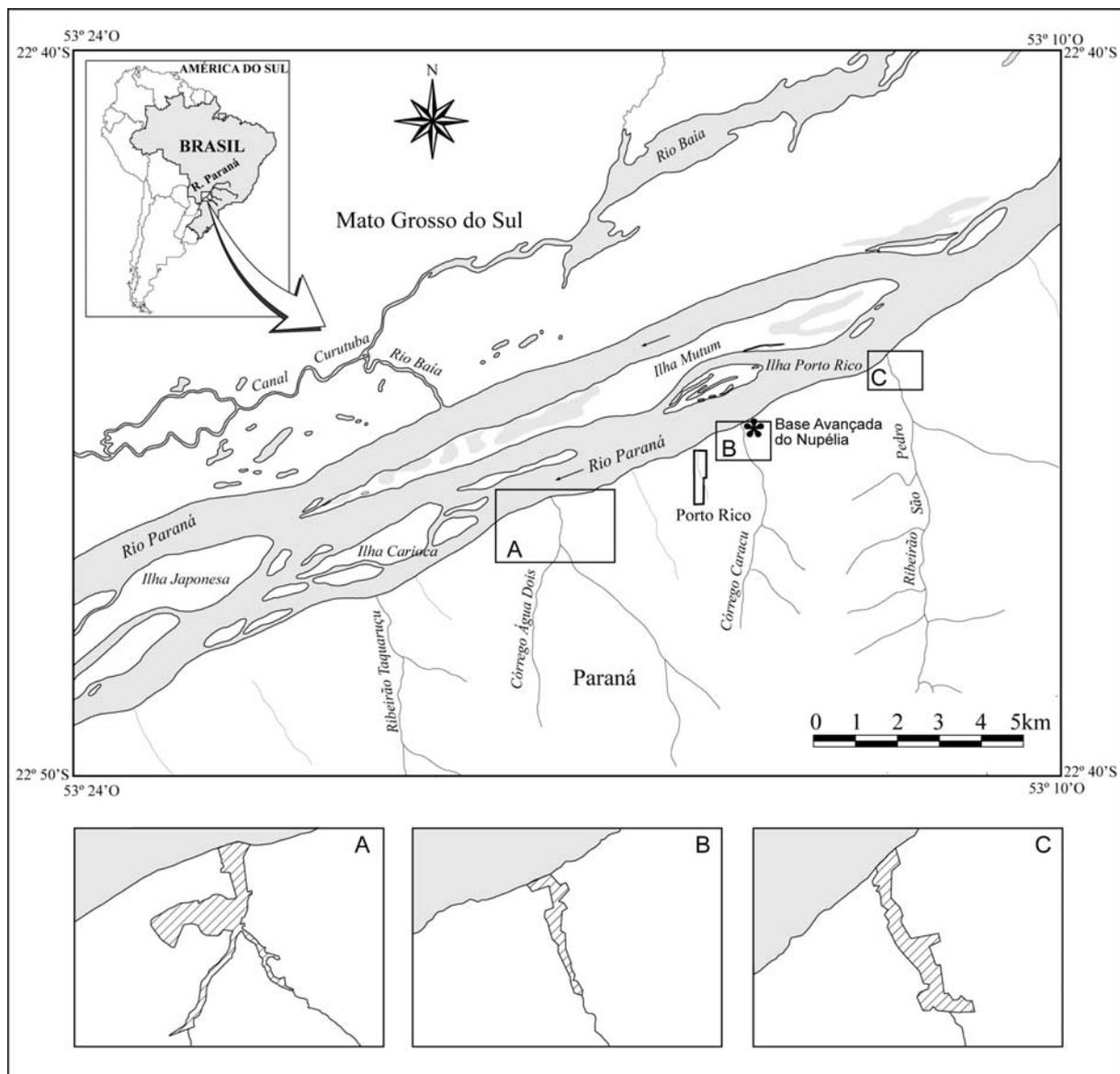
Ao analisar interações entre grupos distintos de organismos (e.g. plantas e animais), tende-se a verificar um padrão assimétrico ou heterogêneo das interações (i.e., as espécies apresentam um maior número de interações distintas) e a intensidade destas determina a conectividade da rede, que pode gerar diferentes padrões estruturais (Fortuna *et al.* 2010, Vázquez *et al.* 2007).

Uma arquitetura de rede altamente conectada (com muitas conexões) e aninhada, em redes mutualísticas, promove estabilidade da comunidade, enquanto a estabilidade de redes tróficas aumenta em arquiteturas compartimentadas (i.e. modulares) e fracamente conectadas (Thébault & Fontaine 2010). Deste modo este estudo objetiva descrever a rede de interações entre aves frugívoras e plantas arbóreas em fragmentos florestais ripários na região noroeste do Paraná.

## **2 ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado em três remanescentes de floresta ripária, os quais se encontram em diferentes estados de conservação/regeneração e sob diferentes graus de pressão antropogênica (Universidade Estadual de Maringá, 2000). Todas as matas ripárias estudadas estão localizadas ao longo de cursos d'água da margem esquerda do rio Paraná. Um deles é o remanescente que ocorre ao longo do córrego Caracu (CCA; 22°45'55''S; 53°15'30''W), situado ao lado de um complexo turístico da cidade de Porto Rico (PR). O outro remanescente ocorre ao longo do ribeirão São Pedro (RSP; 22°44'56''S; 53°13'24''W) e localiza-se no município vizinho de São Pedro do Paraná, distando cerca de 5 km a leste de Porto Rico. O

terceiro remanescente é o córrego do Araldo (ou córrego Água Dois; CAR;  $22^{\circ}46'52''\text{S}$ ;  $53^{\circ}18'11''\text{W}$ ), localizado cerca de 4 km a oeste da cidade de Porto Rico (Figura 1).



**Figura 1.** Vista geral das áreas de estudo na região noroeste do Paraná. Em detalhe: A) Mata do córrego do Araldo (ou do córrego Água Dois), B) Mata do córrego Caracu e C) Mata do ribeirão São Pedro.

Estes locais foram escolhidos por apresentarem estudos botânicos, que serviram de base para as análises das interações aves-plantas, que serão apresentados no presente trabalho.

O clima do local, de acordo com o sistema de Köeppen, é classificado como Cfa (clima tropical-subtropical) com temperatura média anual de 22°C (média no verão de 26°C e no inverno de 19°C) e precipitação média anual de 1500 mm (Vazzoler et al. 1997). Os dados climáticos referentes ao período de estudo foram obtidos da estação meteorológica de Porto Rico (PR) localizada na latitude 22° 45' 54"S, longitude 53°15'25"W e elevação de 260 m.

Os remanescentes estão localizados na região fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual (limite oeste da Mata Atlântica). Nesta área de estudo, durante a o período de ocupação do solo, as matas nativas foram devastadas dando lugar, inicialmente, a áreas de cultivo de café. Estas foram, posteriormente, substituídas por pastagens e áreas de plantio de arroz, feijão, milho e mandioca (Campos & Souza 1997). Atualmente, a matriz que envolve os remanescentes de mata é constituída por áreas agropastoris.

Os três remanescentes florestais estudados têm conectividade com a mata ripária do rio Paraná, sendo interrompidos por estradas no sentido oposto de sua foz. O CCA possui área de 4,5 ha, o RSP possui área de 11 ha e o CAR possui área de 89,68 ha.

Estudos anteriores sobre a flora dos três locais de estudo identificaram 165 espécies reunidas em 124 gêneros e 60 famílias no CAR (Souza & Monteiro 2005). Do total de espécies levantadas, 51,52% são arbóreas, o que constituiu o valor mais elevado para as florestas ripárias do alto rio Paraná. As famílias e gêneros dominantes são Leguminosae, Myrtaceae e Meliaceae; e *Casearia*, *Eugenia*, *Guarea* e *Inga* (Souza & Monteiro 2005).

No remanescente de mata do ribeirão São Pedro, as espécies de plantas arbóreas com perímetro a altura do peito (PAP) superior ou igual a 15 cm e com maior valor de importância foram (Universidade Estadual de Maringá 2003): *Cecropia pachystachia*, *Inga vera*, *Tabernaemontana catharinenses*, *Allophylus edulis*, *Trichilia pallida*, *Vitex montevidensis*, *Casearia gossypiosperma*, *Pouteria glomerata*, *Casearia sylvestris* e *Eugenia moraviana*.

Na mata do córrego Caracu as plantas arbóreas com perímetro (PAP) a altura do peito superior ou igual a 15 cm e com maior valor de importância em estudo fitossociológico realizado por Universidade Estadual de Maringá (2005) foram: *Tabernaemontana catharinenses*, *Cecropia pachystachia*, *Sloanea guianensis*, *Archornea glandulosa*, *Inga vera*, *Guarea guidonia*, *Melia azedarach* e *Psidium guajava*.

Espécies exóticas como *Melia azedarach* e *Psidium guajava* são comuns no CCA. *Cecropia pachystachia* (Cecropiaceae) se sobressai como planta pioneira nas matas do CCA e do RSP. Já na mata ripária do CAR destaca-se uma pioneira do gênero *Miconia* (Melastomataceae). Esta mata do CAR é considerada a mais preservada, seguida pela do RSP e pela do CCA.

### 3 MÉTODOS

#### 3.1 PROCEDIMENTOS PARA AMOSTRAGEM

As amostragens-piloto das áreas de estudo, para reconhecimento da avifauna e das espécies de plantas, foram realizadas entre abril e dezembro de 2008. A amostragem mensal para a coleta sistemática de dados botânicos e/ou zoológicos ocorreu de janeiro de 2009 a março de 2010, exceto nos meses de junho e julho, por motivo logístico.

A partir de trilhas já existentes, foram estabelecidas transecções nas três matas ripárias. As transecções se estendem da região da foz dos cursos d'água em cada mata ripária em direção às suas nascentes. Ambos os lados dos cursos d'água foram amostrados. Como o córrego Caracu é muito estreito, uma única trilha percorria ambas as margens e a transecção percorrida foi de 850 m. Tanto no ribeirão São Pedro quanto no córrego do Araldo, existia uma trilha em cada margem, e cada transecção media 1.100 m, desde a foz. As transecções

foram marcadas com fitas coloridas a cada 50 m para facilitar a localização durante o percurso. O local de início em cada amostragem (foz ou nascente) foi invertido a cada mês.

As matas ripárias do ribeirão São Pedro e do córrego do Araldo foram amostradas mensalmente por três dias em cada margem, sendo um dia destinado à coleta das plantas e à fenologia, outro destinado ao registro da frequência de ocorrência das aves e outro ao apontamento das interações, totalizando seis dias/mês para cada área. No córrego Caracu, a amostragem foi de três dias/mês.

### 3.1.1 Plantas

Foram amostradas, ao longo das transecções, as plantas zoocóricas/ornitocóricas com perímetro à altura do peito ( $PAP \geq 10$  cm) e que se encontravam com frutos, nas quais, em algum momento foram observadas aves em atividade de alimentação. Plantas que apresentaram outro tipo de dispersão também foram adicionadas à amostragem, desde que consumidas pelas aves.

As árvores amostradas foram contadas e marcadas com plaquetas de alumínio ou fita plástica colorida. Para a identificação das plantas, foram realizadas coletas de material fértil para comparação com exemplares provenientes de estudos botânicos realizados na área, depositados no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Os procedimentos de coleta e preparação seguiram as recomendações propostas por Fidalgo & Bononi (1989). A identificação do material foi feita pela equipe da Profa. Dra. Maria Conceição de Souza, curadora da Coleção Especial Vegetação Ripária - Nupélia (CNUP), depositada no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM). Os materiais foram enviados a especialistas, sempre que necessário.

Os frutos foram coletados para medida de seu tamanho (comprimento e largura; ou diâmetro). Galetti *et al.* 2004 recomendam que pelo menos 10 frutos de cada espécie e de indivíduos diferentes sejam coletados para esse fim. Neste estudo optou-se pelo número de 30 frutos (sempre que possível), conforme sugestão de Ragusa-Netto (2002). O número de sementes de cada fruto foi contado, assim com o seu tamanho foi medido com paquímetro digital.

### 3.1.2 Interações aves-plantas

As observações das aves foram feitas com binóculos. Os registros das interações entre aves e plantas ocorreram principalmente pela manhã (06:00h às 11:00h) e no final da tarde (entre 16:00h e 18:00h). As observações foram feitas de uma distância variável entre 3-10m da planta (conforme a localização da planta e da ave). Os dados foram registrados em cadernetas de campo e/ou em gravador cassete. A identificação das aves foi realizada por meio de consulta a guias de campo impressos ou digitais como os de De la Peña & Rumboll 1998, Dunning 1987, Erize *et al.* 2006, Gimenes *et al.* 2007, Minns *et al.* 2009, Ridgely & Tudor 1989, 1994, Sick 2001, Sigrist 2009, Yzurieta & Narosky 2003), por gravações das suas vocalizações e/ou uso de "playback". As vocalizações e "playback" foram realizados com gravador cassete Marantz PMD222 ou Marantz PMD660 e com microfone direcional Sennheiser ME-67.

Cada ave encontrada (seja um indivíduo ou um bando) se alimentando de frutos foi considerada como um evento de alimentação ("feeding bout"), independentemente do tempo de duração desse evento (Galetti & Pizo 1996). Dessa forma, ia-se caminhando pela trilha sorteada até que um contato era feito.

Assim como foi feito por Ramos (2010), os dados referentes ao peso das aves foram plotados num histograma, sendo que quatro classes principais de tamanho ficaram evidentes: aves que pesam até 18,00g, aves que pesam de 18,01 a 57,89g, aves que pesam de 57,90 a

158,00g e aves pesam acima de 158,00g. As aves que pesam até 18,00g foram chamadas de muito pequenas; as aves que pesavam entre 18,01 e 57,89g foram tratadas como aves de pequeno porte; aves que pesavam de 57,90 a 158,00g foram denominadas de aves de médio porte e as aves com peso acima de 158,00g foram chamadas de aves de grande porte.

### 3.1.3 Redes de interações

A rede mutualística foi construída através de observações de interações entre aves frugívoras e plantas arbóreas. Uma matriz de presença-ausência foi usada para as análises, onde o valor “1” foi atribuído quando uma determinada planta serviu de recurso para uma espécie de ave e “0” quando a interação não foi verificada.

A conectância (C), ou seja, a proporção de interações realizadas dentre todas as interações possíveis foi medida para a rede. O grau de aninhamento da rede foi verificado através da métrica NODF (Almeida-Neto *et al.* 2008) e do algoritmo CE do software Aninhado (Guimarães Jr & Guimarães 2006), com 999 aleatorizações da matriz empírica, ordenada de modo decrescente, de acordo com o número de interações das espécies, na qual as aves estavam nas linhas e plantas nas colunas. O papel do porte/peso das aves e o do comprimento dos frutos sobre o aninhamento da matriz foi avaliado, considerando que aves pequenas dispersam sementes de frutos pequenos que, em conjunto com frutos grandes, são também alimentos para aves grandes. A matriz empírica foi ordenada de modo decrescente para as linhas de acordo com os pesos, e crescente para as colunas de acordo com os comprimentos, sendo testadas com esta estrutura quanto ao grau de aninhamento. Os valores de pesos das aves e comprimentos utilizados na análise foram valores médios descritos na literatura (peso das aves de acordo com Dunning Jr (2008); dimensões dos diásporos foram medidas em campo).

Para medir a modularidade (M), a identificação dos módulos e a funcionalidade das espécies da rede foi utilizado o programa Netcarto (Guimerà & Nunes Amaral 2005a, b), com

100 aleatorizações da matriz empírica (Olesen *et al.* 2007). Uma vez constatada a modularidade, foi analisada individualmente cada interação ave frugívora-planta no interior dos módulos, para verificar se características espaço-temporais interferem ou apresentam relações na organização destes módulos. Para a determinação do papel funcional das espécies, foi utilizada a classificação de Olesen *et al.* (2007), que considera o grau  $z$  (número de ligações) das espécies dentro do módulo e da conectividade  $c$  entre os módulos (Guimerà & Nunes Amaral 2005a, b). De acordo com os “ $zc$  scores”, as espécies foram consideradas como periféricas ( $z \leq 2,5$  e  $c \leq 0,62$ ), i.e., espécies com poucas ligações com outras espécies; conectoras ( $z \leq 2,5$  e  $c > 0,62$ ), i.e., espécies que ligam vários módulos; centrais no módulo ( $z > 2,5$  e  $c \leq 0,62$ ), i.e., espécies altamente conectadas com espécies do próprio módulo; ou centrais na rede ( $z > 2,5$  e  $c > 0,62$ ), i.e., espécies que são conectoras e centrais no módulo.

Foi calculado o índice de diversidade taxonômica (IDT) para a comunidade de aves e de plantas, considerando ordem, família, gênero e espécie. Este índice tem como base a média dos valores do triângulo inferior da matriz de distância taxonômica das comunidades de aves e plantas, gerada através da subtração da distância máxima da comunidade (distância máxima= 4) e pela soma das matrizes geradas através da função `weight.taxo` do pacote `Ape` (Paradis *et al.* 2004) do Software R 2.12 (ver Rezende *et al.* 2007) para cada nível taxonômico. Em relação ao valor deste índice, quanto mais próximo da maior distância taxonômica verificada para a comunidade, maior será a diversidade taxonômica desta comunidade. Para verificar se espécies de aves próximas evolutivamente apresentavam maior similaridade quanto às suas interações com as espécies de plantas, foi realizado o teste de Mantel através pacote `Vegan` (Oksanen *et al.* 2011) do Software R 2.12, utilizando o coeficiente  $r$  para testar a correlação (Legendre & Legendre 1998, Manly 2004), entre a matriz de distância taxonômica das aves e a matriz de dissimilaridade das interações das aves com as plantas. A matriz de distância taxonômica utilizada foi a mesma gerada para o cálculo do índice de diversidade taxonômica, onde espécies diferentes, mas do mesmo gênero,

apresentaram o valor de distância taxonômica ( $dt$ ) igual a 1. Gêneros distintos apresentaram  $dt$  igual a 2, famílias distintas  $dt$  igual a 3 e ordens distintas  $dt$  igual a 4, na diagonal principal encontra-se o valor 0. A matriz de dissimilaridade foi gerada através da função `vegdist`, também do pacote `Vegan`, com o coeficiente de dissimilaridade de Jaccard

A classificação taxonômica das aves seguiu a adotada pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (2011) e a classificação taxonômica das plantas seguiu a adotada pelo The International Plant Names Index (2011).

#### 4 RESULTADOS

Foram observadas interações envolvendo 18 espécies de plantas (Tabela 1) e 43 espécies de aves frugívoras (Tabela 2), totalizando 420 horas de observações. Das 774 interações possíveis de ocorrer entre aves e plantas, foram registradas 338. As aves pertencem a quatro ordens e 14 famílias, e as plantas a 11 ordens e 14 famílias (Tabelas 1 e 2). Duas das espécies de plantas são exóticas (*Melia azedarach* e *Syzygium cumini*). Apenas uma espécie arbórea é climácica, mostrando que as áreas estudadas têm vegetação alterada. Somente uma planta anemocórica foi consumida, o jequitibá (*Cariniana estrellensis*) (Tabela 1).

As diversas espécies de plantas estudadas sucederam-se ou estiveram simultaneamente em floração/frutificação durante todo o ano, no período de amostragem. Dessa forma, as aves frugívoras sempre tiveram recursos alimentares disponíveis no decorrer do estudo. Entretanto, esse recurso nem sempre esteve disponível de maneira uniforme nas três áreas de estudo, pois há plantas que só ocorreram em uma área.

As duas únicas espécies de aves envolvidas comprovadamente em interações antagonistas (predação de sementes) foram *Ara chloropterus*, que ingeriu frutos imaturos de *Cariniana estrellensis*, e *Brotogeris chiriri*, que ingeriu frutos imaturos de *Cecropia*

*pachystachia*. A rede de interações foi construída com base em 338 eventos de alimentação (“feeding bouts”) envolvendo 43 espécies de aves frugívoras e 18 espécies de plantas arbóreas (Figura 2a). Conforme pode ser observado na Tabela 3, as interações foram assimétricas entre os locais de estudo, havendo 13 registros no CAR, 156 no RSP e 172 no CCA. A área considerada mais antropizada (CCA), por estar localizada ao lado da cidade de Porto Rico, foi a que apresentou maior número de registros de alimentação; a que apresentou menor número foi aquela considerada a mais preservada, por possuir mata menos alterada e mais contínua, e por estar mais distante da cidade e de outras áreas urbanizadas (ver Figura 1, item Material e Métodos).

Tabela 1. Espécies arbóreas com PAP  $\geq$  10 cm amostradas nas áreas de estudo na região noroeste do Paraná. GE = Grupo ecológico, SD = Síndrome de dispersão, P = Pioneira, S = Secundária, C = Climática, ND = Não determinado, Z = Zoocórica, A = Anemocórica, \* = comprimento

Plantas	Ordem	Família	Díaspоро* (mm)	GE <sup>1</sup>	SD <sup>2</sup>
<i>Unonopsis lindmanii</i> R.E.Fr.	Magnoliales	Annonaceae	15,5	S	Z
<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	Gentianales	Apocynaceae	5,7	P	Z
<i>Didymopanax cf. morototoni</i> Decne. & Planch.	Apiales	Araliaceae	6,0	S	Z
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecales	Arecaceae	16,9	S	Z
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Urticales	Cecropiaceae	2,0	P	Z
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Malpighiales	Euphorbiaceae	7,5	P	Z
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	Fabales	Fabaceae	82,5	S	A
<i>Nectandra cf. hihua</i> (Ruiz & Pav.) Rohwer	Laurales	Lauraceae	14,3	S	Z
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Ericales	Lecythidaceae	14,3	C	A
<i>Miconia</i> sp.	Myrtales	Melastomataceae	4,5	P	Z
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Sapindales	Meliaceae	10,1	S	Z
<i>Guarea</i> sp.	Sapindales	Meliaceae	16,1	S	Z
<i>Melia azedarach</i> L.	Sapindales	Meliaceae	12,0	ND	Z
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	Sapindales	Meliaceae	8,4	S	Z
<i>Eugenia florida</i> DC.	Myrtales	Myrtaceae	9,1	S	Z
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Myrtales	Myrtaceae	22,3	ND	Z
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Nederl.	Sapindales	Sapindaceae	4,9	P	Z
<i>Trema micrantha</i> Blume	Rosales	Ulmaceae	3,4	P	Z

Fontes: <sup>1</sup>Lorenzi 2002a,b, <sup>1</sup>Lorenzi 2009, <sup>1</sup>Borghi 2004, <sup>2</sup>Yamamoto *et al.* 2007

**Tabela 2.** Aves frugívoras que interagiram com plantas arbóreas com PAP  $\geq 10$  cm amostradas nas áreas de estudo, na região noroeste do Paraná.  
\* Peso (g), segundo Dunning Jr (2008); B= florestal, tolerante à borda; Ms= misto; F= estritamente florestal; A= aberto ou campestre; AA= áreas antropogênicas (pastagens e áreas de cultivo).

Espécies de aves	Famílias	Peso*	Porte	Araldo	Caracu	São Pedro	Habitat preferencial
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	Columbidae	279	G		X		Ms
<i>Amazona aestiva</i> (Linnaeus, 1758)	Psittacidae	451	G		X		Ms
<i>Ara chloropterus</i> Gray, 1859	Psittacidae	1214	G	X	X	X	F
<i>Aratinga aurea</i> (Gmelin, 1788)	Psittacidae	84,65	M		X	X	Ms
<i>Aratinga leucophthalma</i> (Statius Muller, 1776)	Psittacidae	158	M		X		B
<i>Brotogeris chiriri</i> (Vieillot, 1818)	Psittacidae	61,6	P			X	F
<i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824)	Psittacidae	31	P		X	X	F
<i>Pteroglossus castanotis</i> Gould, 1834	Ramphastidae	273	G		X	X	F
<i>Ramphastos toco</i> Statius Muller, 1776	Ramphastidae	618	G			X	Ms
<i>Celeus flavescens</i> (Gmelin, 1788)	Picidae	139	M			X	F
<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	Picidae	158	M		X		A/A A
<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	Picidae	127,75	M			X	B
<i>Melanerpes candidus</i> (Otto, 1796)	Picidae	108	M		X		B/A
<i>Melanerpes flavifrons</i> (Vieillot, 1818)	Picidae	58	M		X		F
<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	Tyrannidae	8,1	PP		X	X	Ms
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	Tyrannidae	24,8	P	X	X	X	B/A
<i>Elaenia spectabilis</i> Pelzeln, 1868	Tyrannidae	27,3	P			X	F
<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	27,1	P		X	X	B
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	Tyrannidae	73,5	M		X	X	B
<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin, 1789)	Tyrannidae	27,5	P		X		F

<i>Myiophobus fasciatus</i> (Statius Muller, 1776)	Tyrannidae	9,9	PP		X		A
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	Tyrannidae	28	P		X	X	B
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	Tyrannidae	61	M		X	X	Ms
<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819	Tyrannidae	69,1	M		X	X	Ms
<i>Pipra fasciicauda</i> Hellmayr, 1906	Pipridae	15,9	PP	X			F
<i>Pachyramphus validus</i> (Lichtenstein, 1823)	Tityridae	43	P	X		X	F
<i>Tityra inquisitor</i> (Lichtenstein, 1823)	Tityridae	37,4	P			X	F
<i>Cyanocorax chrysops</i> (Vieillot, 1818)	Corvidae	166	G			X	F
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	Turdidae	43,1	P			X	B
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	Turdidae	57,9	M	X	X	X	B
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	Mimidae	63,7	M		X	X	A
<i>Conirostrum speciosum</i> (Temminck, 1824)	Thraupidae	8,8	PP	X	X	X	F
<i>Nemosia pileata</i> (Boddaert, 1783)	Thraupidae	16	PP		X	X	B
<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas, 1764)	Thraupidae	28	P	X	X	X	B
<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766)	Thraupidae	18	PP		X		Ms
<i>Tangara palmarum</i> (Wied, 1823)	Thraupidae	39	P		X	X	B
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	Thraupidae	32	P	X	X	X	B
<i>Tersina viridis</i> (Illiger, 1811)	Thraupidae	29	P			X	B
<i>Sporophila caerulea</i> (Vieillot, 1823)	Emberizidae	9,75	PP		X		A/A A
<i>Cacicus haemorrhous</i> (Linnaeus, 1766)	Icteridae	85,35	M	X			B
<i>Icterus cayanensis</i> (Linnaeus, 1766)	Icteridae	29,7	P		X	X	F
<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus, 1766)	Fringillidae	13	PP			X	F
<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	Fringillidae	11	PP		X	X	B

**Tabela 3.** Número de eventos de alimentação observados em cada uma das áreas estudadas, no noroeste do Paraná.

Aves	Plantas	Araldo (CAR)			Caracu (CCA)			São Pedro (RSP)		
		1º SEM 2009	2º SEM 2009	1º SEM 2010	1º SEM 2009	2º SEM 2009	1º SEM 2010	1º SEM 2009	2º SEM 2009	1º SEM 2010
<i>Amazona aestiva</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				1					
<i>Ara chloropterus</i>	<i>Cariniana estrellensis</i>			1						1
<i>Ara chloropterus</i>	<i>Melia azedarach</i>					2				
<i>Aratinga aurea</i>	<i>Cariniana estrellensis</i>					2		1	1	
<i>Aratinga leucophtalma</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				1	3	1			
<i>Brotogeris chiriri</i>	<i>Syagrus romanzoffiana</i>							2		
<i>Brotogeris chiriri</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>							4		
<i>Cacicus haemorrhous</i>	<i>Miconia</i> sp.		1							
<i>Camptostoma obsoletum</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>						1	2		
<i>Camptostoma obsoletum</i>	<i>Trema micrantha</i>							4		
<i>Camptostoma obsoletum</i>	<i>Allophylus edulis</i>								2	
<i>Celeus flavescens</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>							3		
<i>Colaptes campestris</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>					1	1			
<i>Colaptes melanochloros</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>							3		
<i>Conirostrum speciosum</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>	1			1	1	2	2		1
<i>Conirostrum speciosum</i>	<i>Trema micrantha</i>							1		
<i>Cyanocorax chrysops</i>	<i>Cariniana estrellensis</i>								2	
<i>Dacnis cayana</i>	<i>Trema micrantha</i>									1
<i>Elaenia flavogaster</i>	<i>Miconia</i> sp.		2							
<i>Elaenia flavogaster</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				1		4		2	1
<i>Elaenia spectabilis</i>	<i>Allophylus edulis</i>								1	
<i>Empidonomus varius</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>					3	1			
<i>Empidonomus varius</i>	<i>Trema micrantha</i>									1
<i>Euphonia chlorotica</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				1		1	3		
<i>Euphonia chlorotica</i>	<i>Allophylus edulis</i>								2	
<i>Forpus xanthopterygius</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				3	1		2		
<i>Icterus cayanensis</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				3	2	1			2
<i>Megarynchus pitangua</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				3			4	1	
<i>Melanerpes candidus</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				3	3	2			
<i>Melanerpes flavifrons</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				6					



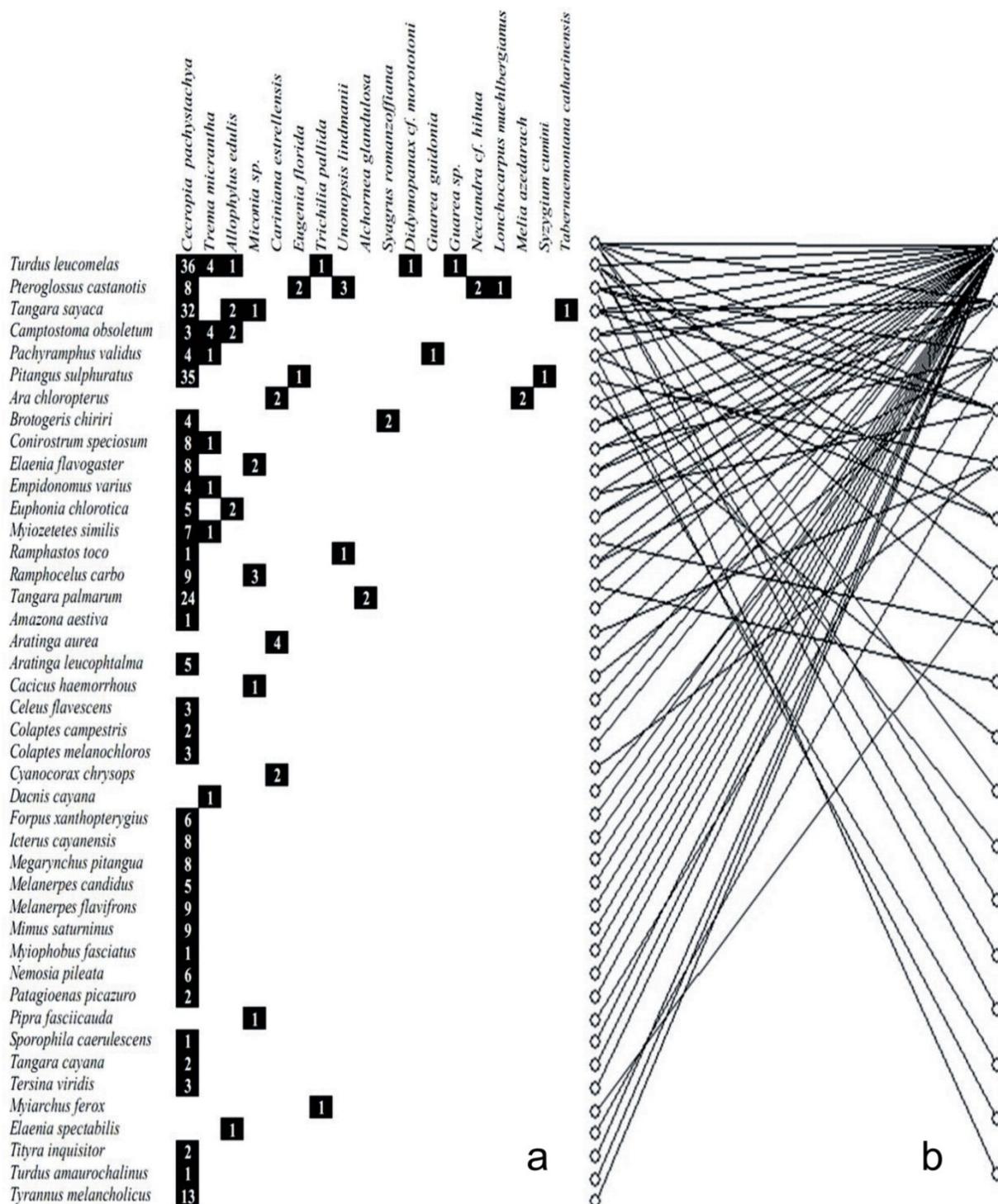
**Tabela 3 (continuação).** Número de eventos de alimentação observados em cada uma das áreas estudadas, no noroeste do Paraná.

Aves	Plantas	Araldo			Caracu			São Pedro		
		1º SEM 2009	2º SEM 2009	1º SEM 2010	1º SEM 2009	2º SEM 2009	1º SEM 2010	1º SEM 2009	2º SEM 2009	1º SEM 2010
<i>Tersina viridis</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>									3
<i>Turdus amaraurochalinus</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>									1
<i>Turdus leucomelas</i>	<i>Didymopanax morototoni</i>	1								
<i>Turdus leucomelas</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				7	2	2	17	1	7
<i>Turdus leucomelas</i>	<i>Trichilia pallida</i>					1				
<i>Turdus leucomelas</i>	<i>Trema micrantha</i>							1		3
<i>Turdus leucomelas</i>	<i>Guarea</i> sp.					1				
<i>Turdus leucomelas</i>	<i>Allophylus edulis</i>								1	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>				1		8	4		
<i>Tityra inquisitor</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>							2		

Existe um elevado número de espécies especialistas na rede, o que gerou uma baixa conectância ( $C=9,17\%$ ). Considerando todas as espécies de aves, apenas 24 interagiram com mais de uma espécie de planta e somente seis aves interagiram com cinco ou mais espécies de plantas. *Turdus leucomelas* foi a ave mais generalista, interagindo com seis espécies de plantas, enquanto *Cecropia pachystachya* foi a planta, que teve o maior número de interações ( $n=35$ , Figura 2a).

A rede de interações apresentou simultaneamente padrão aninhado e modular. O padrão aninhado significa que espécies de plantas especialistas foram dispersas por aves generalistas, enquanto aves especialistas e generalistas dispersaram sementes de plantas generalistas (NODF= 36,86;  $P<0,01$ ; Figura 2b).

A matriz ordenada pelos pesos das aves e comprimentos dos frutos também teve padrão aninhado (NODF= 17,04;  $P<0,01$ ). Foi verificada a influência do peso/porte das aves (NODF linha= 16,92;  $P<0,01$ ) e do comprimento dos frutos (NODF coluna= 17,75;  $P<0,01$ ) sobre o padrão de aninhamento, confirmando que as aves maiores da rede se alimentam de frutos grandes e pequenos, enquanto as aves pequenas se alimentam de frutos menores. Entretanto, as aves grandes não são as que interagem com o maior número de espécies de plantas na rede, o que justifica o menor valor de NODF para a matriz ordenada pelo peso das aves e o comprimento dos frutos, quando comparado com o valor obtido para a matriz ordenada pelo número de interações das espécies. Isso pode significar tanto um reflexo do pequeno número de espécies de aves de grande porte ou um reflexo de interações especializadas na rede.



**Figura 2.** a. Matriz de interação aves frugívoras-plantas da região noroeste do Paraná (os números indicam as interações pontuais entre as espécies). b. Grafo bipartido mostrando a estrutura aninhada da rede de interação (figura gerada pelo programa PAJEK; Batagelj & Mrvar 1998).

Um exemplo desta especificidade ocorre com *Pipra fasciicauda*, espécie de ave que apresenta poucos registros de espécies de frutos consumidos, conforme descrito na literatura (Piratelli & Mello 2001, Snow 2004). Piratelli & Mello (2001) mencionaram que *P. fasciicauda* apresenta cerca de 93% de sua dieta constituída por frutos, evidenciando a importância do item *Miconia* sp. na sua alimentação. Por outro lado, *P. fasciicauda*, atua como potencial dispersora da planta.

Outro exemplo que também merece ser citado é o da planta *Eugenia florida*, que possui poucos indivíduos amostrados, provavelmente pelo fato de ser rara na área de estudo. Somente um indivíduo da espécie foi encontrado em RSP, sendo que a planta pareceu ser bastante apreciada pela avifauna, pois quando estava com os frutos maduros estes logo eram consumidos por seus potenciais dispersores (no caso, *Pteroglossus castanotis* e *Pitangus sulphuratus*).

A rede encontrada é também modular ( $M= 0,52$ ;  $P<0,01$ ), sendo que oito módulos foram identificados, com duas a 23 espécies (Figura 3). Apenas o Módulo 2 não está conectado à rede principal. As interações interiores de cada módulo revelam padrões relacionados com os fragmentos onde as interações foram observadas, assim como com a disponibilidade de recursos e os períodos do ano em que estes estiveram disponíveis (1º ou 2º semestres) (Tabela 3). Na Tabela 4 estão os principais padrões observados no interior de cada módulo.

Dentre as plantas com as quais as aves interagiram no módulo 1 estão: *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Syzygium cumini* e *Unonopsis lindmanii*. Todas estas interações foram detectadas no remanescente do CCA. *U. lindmanii* é a espécie que possui maior número de interações (2), sendo elas com: *Ramphastos toco* e *Pteroglossus castanotis*. A planta *Eugenia florida*, com somente um indivíduo marcado em RSP e que teve interação com *Pteroglossus castanotis* e *Pitangus sulphuratus* também faz parte deste módulo.

**Tabela 4.** Padrões principais das interações internas observados nos módulos.

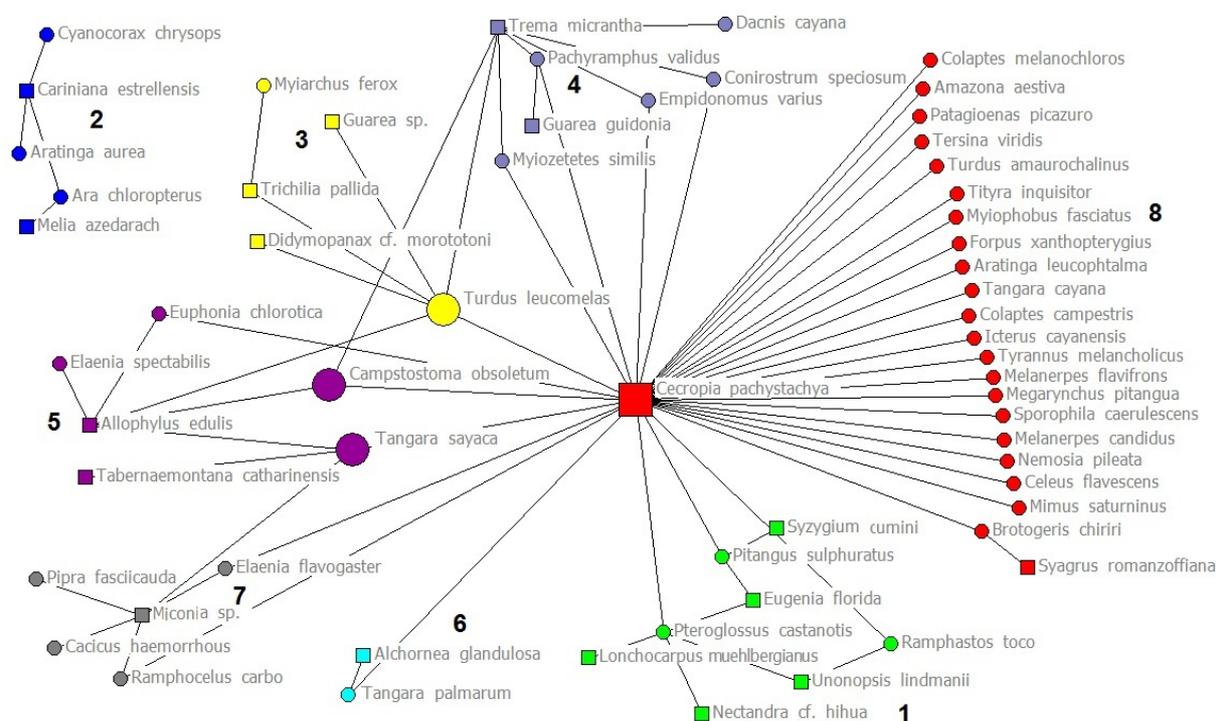
Módulos	Características principais das interações
1	Interações de aves especialmente com plantas do fragmento Caracu, realizadas no primeiro semestre de 2009
2	Interações entre algumas espécies de aves principalmente com a planta <i>Cariniana estrellensis</i> , que isolaram o módulo da rede principal
3	Interações das aves <i>Turdus leucomelas</i> e <i>Myiarchus ferox</i> no fragmento Caracu, realizadas no segundo semestre de 2009
4	Interações entre espécies do fragmento São Pedro, realizadas no primeiro semestre de 2009 e 2010
5	Interações entre espécies do fragmento São Pedro, realizadas no segundo semestre de 2009
6	Interações de <i>Tangara palmarum</i> com a planta <i>Alchornea glandulosa</i> , observadas apenas no fragmento Caracu
7	Interações entre espécies no fragmento Araldo, realizadas no primeiro semestre de 2009
8	Interações com <i>Cecropia pachystachya</i> , espécie generalista na rede

No módulo 2, além das aves interagirem com espécie climácica *Cariniana estrellensis*, também houve a interação de *Ara chloropterus* com *Melia azedarach*. Esta interação provavelmente é antagonista, uma vez que as araras parecem triturar os frutos enquanto esses são consumidos.

No módulo 3 foram observadas as aves *Myiarchus ferox* e *Turdus leucomelas*, interagindo com a planta *Trichilia pallida*, que foi registrada tanto no CCA quanto em RSP. Outra espécie de planta que ocorreu neste módulo e que foi encontrada somente na área de amostragem do CAR foi *Didymopanax cf. morotononi*, com a qual interagiu a ave *Turdus leucomelas*.

As principais interações ocorridas no módulo 4 referem-se à planta pioneira *Trema micrantha*, encontrada nas áreas CAR e RSP, que foram consumidas por *Myiozetetes similis*, *Camptostoma obsoletum*, *Empidonomus varius*, *Pachyramphus validus*, *Conirostrum*

*speciosum*, *Turdus leucomelas* e *Dacnis cayana*. Uma única interação entre a planta *Guarea guidonea* e *Pachyramphus validus* no CAR também ocorreu neste módulo.



**Figura 3.** Estrutura modular da rede de interação aves frugívoras-plantas da região noroeste do Paraná. Os módulos estão enumerados e em cores distintas. Legenda: Quadrados: plantas; Círculos: aves. Os símbolos maiores representam as espécies não periféricas (figura gerada através do programa NetDraw; Borgatti 2002).

Com relação ao módulo 5, as principais interações são aquelas entre a planta pioneira *Allophylus edulis* e as aves *Elaenia spectabilis*, *Camptostoma obsoletum*, *Euphonia chlorotica* e *Turdus leucomelas*. Também ocorreu neste módulo a interação entre a ave *Tangara sayaca* e a planta pioneira, registrada nas três áreas de estudo, *Tabernaemontana catharinensis*.

No módulo 6 destacam-se as interações entre a planta *Alchornea glandulosa* e *Tangara palmarum*, que ocorreram em CCA, apesar da planta ter sido registrada também em RSP.

O módulo 7 é representado pelas interações entre a planta pioneira *Miconia* sp., que somente foi observada na área CAR, e as aves *Elaenia flavogaster*, *Pipra fasciicauda*, *Ramphocelus carbo*, *Tangara sayaca* e *Cacicus haermorrhous*.

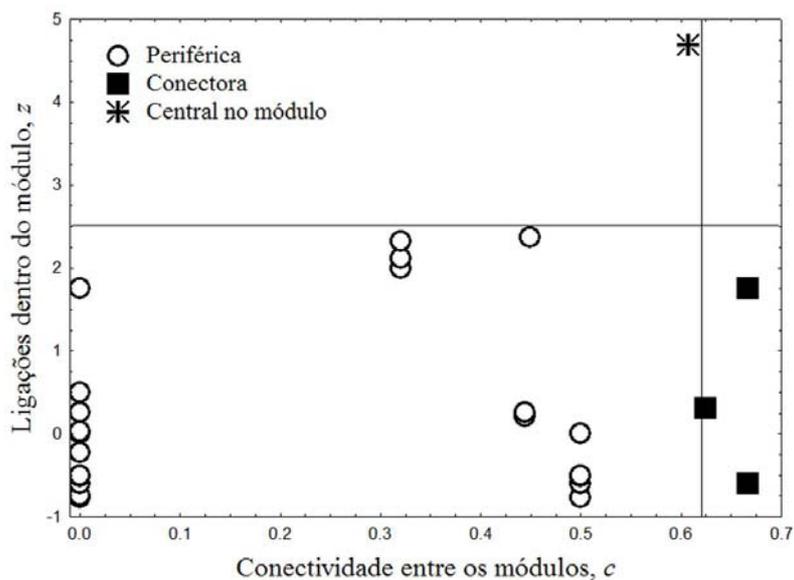
Finalmente no módulo 8 é representado principalmente por pelas interações entre a planta *Cecropia pachystachia*, principalmente nos remanescentes CCA e RSP e as aves (35 espécies) que dela se alimentaram.

Destacam-se ainda espécies de plantas como as pioneiras *Trema micrantha* e *Allophylus edulis*, no RSP e *Miconia* sp. no CAR.

Interações de aves com plantas pioneiras, secundárias e climácicas (Tabela 1) foram verificadas nos três fragmentos que compõem a rede, evidenciando manchas de vegetação em distintas fases de sucessão ecológica. Nos módulos 1, 3 e 6 foram observadas interações, especialmente no fragmento Caracu, as quais, nos dois primeiros módulos, ocorreram com espécies de plantas secundárias, e no módulo 6, com uma planta pioneira. Os módulos 4 e 5, característicos de interações do fragmento São Pedro, apresentam interações principalmente com plantas pioneiras. O módulo 7 destaca-se por interações no fragmento Araldo, especialmente com a espécie pioneira *Miconia* sp. Enquanto o módulo 8 destaca-se pela presença de um grande número de interações especialistas com a espécie pioneira *Cecropia pachystachya*. A sazonalidade detectada entre módulos cujas interações principais estão relacionadas principalmente a um determinado fragmento pode ser um indicativo da fenologia de suas plantas.

De acordo com os  $z_c$  scores 57 espécies foram denominadas periféricas, sendo as aves *Turdus leucomelas*, *Tangara sayaca* e *Camptostoma obsoletum* consideradas conectoras (Figura 4). A planta *Cecropia pachystachya* foi a única espécie central em um módulo, embora os seus valores de  $z$  e  $c$  ( $z= 4,68$ ;  $c= 0,61$ ) sejam próximos aos de espécies centrais de

rede (Olesen *et al.* 2007), não encontradas nesse estudo (Figura 4). A grande conexão de *C. pachystachya* com espécies de outros módulos pode ser visualizada na Figura (3).



**Figura 4.** Papéis funcionais de acordo com os  $zc$  scores das espécies da rede de interação aves frugívoras-plantas da região noroeste do Paraná.

O grande número de espécies periféricas nos módulos condiz com o elevado número de espécies especialistas na rede. *Turdus leucomelas*, *Tangara sayaca*, *Camptostoma obsoletum* e *Cecropia pachystachya* são as únicas espécies não-periféricas. Estas espécies de aves apresentaram dieta mais variada no presente estudo (Figura 3).

A rede apresentou os seguintes valores de diversidade taxonômica: para as comunidades de aves (IDT= 3,40) e de plantas (IDT= 3,86). Além disso, foi verificado, através do teste de Mantel (Mantel  $r = -0,03$ ;  $P = 0,64$ ), que aves mais próximas filogeneticamente não interagem necessariamente, com as mesmas plantas.

## 5 DISCUSSÃO

A baixa conectância observada nos fragmentos estudados pode explicar a presença simultânea dos padrões aninhado e modular na rede, como o observado em outros estudos (ver Fortuna *et al.* 2010). Até o presente momento, não se conhece o quanto a modularização e o aninhamento estão relacionados, já que as redes podem ser bastante aninhadas dentro de módulos, sendo que a modularização pode ser causada por coevolução (especialização trófica), que aparentemente é mais comum em redes antagonistas (Tylianakis *et al.* 2010), não nas mutualísticas, como é o caso da pesquisada neste trabalho.

Estudos teóricos têm mostrado que uma estrutura aninhada minimiza a competição e aumenta o número de espécies coexistentes, tornando a comunidade mais robusta a extinções ao acaso e à perda de hábitat (ver referências em Fortuna *et al.* 2010). Dessa forma, pode-se esperar que em comunidades tropicais íntegras haja uma tendência das comunidades apresentarem um padrão aninhado ao invés de um padrão modular. Entretanto essa tendência parece variar de acordo com as comunidades consideradas. Fischer & Lindenmayer (2005) investigaram comunidades de aves, marsupiais arborícolas e lagartos em florestas contínuas e fragmentos de floresta na Austrália e verificaram que para comunidades de aves o aninhamento foi significativo, o que não ocorreu para lagartos e marsupiais.

Lewinsohn *et al.* (2006) disseram que interações especializadas em redes podem contribuir para a formação de módulos. Melo *et al.* (2011), mencionam que a estrutura modular também ocorre em redes de dispersores de sementes, assim como é comum para polinizadores e suas plantas. As interações interiores de cada módulo da rede analisada no presente estudo mostram-se principalmente relacionadas com um determinado fragmento e o período em que ocorreram, e conseqüentemente, com a época de disponibilidade do recurso alimentar. Este padrão revela que, apesar da proximidade dos fragmentos, a heterogeneidade é fundamental para a manutenção da biodiversidade e permite a disponibilidade de recursos variados para as aves ao longo do ano, mesmo com a dominância de interações entre aves e

*Cecropia pachystachya*. Com relação a esta espécie pode-se dizer que se trata de uma espécie-chave para a avifauna local, tendo em vista a disponibilidade de seus frutos durante todo o período de estudo. Além disso, é uma espécie cujos frutos são consumidos por um elevado número de espécies de aves frugívoras (35), de pequeno a grande porte. As espécies do gênero *Cecropia* estão entre as plantas que oferecem alimento abundante durante todo o ano para a avifauna, sendo utilizadas como recurso alimentar, tanto por aves consideradas "frugívoras oportunistas" (que se alimentam principalmente de insetos), como por aquelas espécies predominantemente frugívoras, sendo ambos os grupos potencialmente importantes para sua dispersão (Marcondes-Machado & Argel-de-Oliveira 1988).

No módulo 2, único módulo isolado da rede, foram observadas espécies de aves com dieta variada (Sick 2001). Por exemplo, 32 espécies arbóreas foram registradas na literatura como fonte de alimento para *Ara chloropterus* (Del Hoyo 1997, Scherer-Neto *et al.* 2009; Scherer-Neto & Terto 2011), dentre as quais estão *Melia azedarach* e *Cariniana estrellensis*, que também são do módulo 2 e interagem com *A. chloropterus* e que estão entre os principais recursos alimentares para esta ave (Scherer-Neto & Terto 2011). As espécies do gênero *Ara* são predadoras de sementes, ou seja, tem reduzido valor na dispersão das espécies das quais se alimentam. Para as outras espécies de aves do módulo 2 existem registros na literatura de interações com plantas verificadas na rede principal. Goulart *et al.* (2011) registraram a interação entre *Cyanocorax chrysops* com *C. pachystachya* (módulo 8), enquanto Ragusa-Netto & Fecchio (2006) registraram o consumo de frutos de *Trema micrantha* (módulo 4) por *Aratinga aurea*.

A rede apresentou alta diversidade taxômica (elevado IDT) para as comunidades de aves e plantas, o que era esperado para fragmentos localizados dentro do domínio da Mata Atlântica (*sensu* Morellato & Haddad 2000), apesar do pequeno número de espécies de aves e plantas do presente estudo.

As mudanças nas comunidades de aves de pequenos fragmentos afetam a probabilidade de dispersão de sementes, dependendo das características dos frutos e, conseqüentemente, podem alterar a comunidade de plantas do sub-bosque (Galetti *et al.* 2003). Em ambientes florestais degradados, dispersores são essenciais no processo de restauração ambiental (Wunderle Jr 1997). Neste estudo, houve predominância de espécies de aves não florestais que interagiram fortemente com espécies pioneiras e isso reflete o estado de conservação dos fragmentos, que apresenta vegetação em recuperação.

Em redes mutualísticas, a presença de espécies de diferentes famílias em um mesmo módulo pode indicar convergência entre espécies não aparentadas (Thompson 1994, 2005). No presente estudo, o maior número de espécies de aves na rede e sua alta variabilidade taxonômica podem ter influenciado na ausência de relação entre espécies taxonomicamente próximas de aves e as espécies das plantas consumidas, verificada por meio do teste de Mantel. Neste caso, não é possível afirmar se espécies de aves taxonomicamente próximas comem os mesmos itens, pois há poucos itens consumidos e poucas espécies de aves aparentadas.

Espécies de animais e plantas estabelecem interações de benefício mútuo, como a polinização e dispersão de sementes, podendo formar redes complexas de dependência (Rezende *et al.* 2007). A rede aves frugívoras-plantas da região noroeste do Paraná sugere uma fragilidade ambiental que pode ser detectada por meio do elevado número de interações específicas. Quando isso ocorre, quando uma espécie some, a espécie que dela depende pode desaparecer por não ter outra fonte alternativa de alimento (no caso da ave) ou um dispersor alternativo (no caso da planta).

Para as espécies que interagem com mais de uma espécie de planta na rede, destacam-se *Turdus leucomelas* (sabiá), *Camptostoma obsoletum* (risadinha) e *Tangara sayaca* (sanhaço), que são típicas de borda de mata e têm o papel de conectoras na rede de interações. Essas espécies são generalistas e comuns nas áreas de estudo (Ramos 2010). O papel dessas

espécies na rede de interações pode estar relacionado à estrutura da vegetação, que está em processo de regeneração.

Para redes mutualísticas e altamente conectadas era esperado um padrão aninhado, ao passo que para redes tróficas, fracamente conectadas, esperava-se um padrão modular (Thébault & Fontaine 2010). Entretanto, no presente estudo, que se refere a uma rede mutualística, encontrou-se baixa conectividade, observando-se um padrão simultaneamente modular e aninhado. Dessa forma, os resultados encontrados diferem da hipótese inicialmente proposta, fato que talvez tenha ocorrido devido às características ecológicas das áreas estudadas, como estágio sucessional dos fragmentos, que se encontram em processo de regeneração.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-NETO, M., GUIMARÃES, P., GUIMARÃES, J., P. R., LOYOLA, R. D. & ULRICH, W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* 117:1227-1239.
- BASCOMPTE, J. 2010. Ecology. Structure and dynamics of ecological networks. *Science* 329(5993):765-766.
- BASCOMPTE, J. & JORDANO, P. 2008. Redes mutualistas de especies. *Investigación y Ciencia* (September):50-59.
- BASCOMPTE, J., JORDANO, P., MELIAN, C. J. & OLESEN, J. M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100(16):9383-9387.
- BATAGELJ, V. & MRVAR, A. 1998. Pajek – Program for Large Network Analysis. *Connections* 21(2):47-57.
- BORGATTI, S. P. 2002. NetDraw: Graph Visualization Software. Analytic Technologies Harvard.
- BORGHI, W. A., MARTINS, S. S., QUIQUI, E. M. D. & NANNI, M. R. 2004. Caracterização e avaliação da mata ciliar à montante da Hidrelétrica de Rosana, na Estação Ecológica do Caiuá, Diamante do Norte, PR. *Cadernos da Biodiversidade* 4(2):9-18.

CAMPOS, J. B. & SOUZA, M. C. 1997. Vegetação. Pp. 331-342 in VAZZOLER, A. E. A. d. M., AGOSTINHO, A. A. & HAHN, N. S. (eds.). *A planície de inundação do alto rio Paraná*. EDUEM-Nupélia, Maringá. 331-342 pp.

CHARLES-DOMINIQUE, P. 1993. Speciation and coevolution: an interpretation of frugivory phenomena. Pp. 75-84 in Fleming, T. H. & Estrada, A. (eds.). *Frugivory and seed dispersal: ecological and evolutionary aspects*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht. 75-84 pp.

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. 2011. Listas das aves do Brasil. 10ª ed.

DE LA PEÑA, M. R. & RUMBOLL, M. 1998. *Birds of Southern South America and Antarctica*. Princeton University Press, Princeton. 304 pp.

DEL HOYO, J., ELLIOTT, A. & SARGATAL, J. 1997. *Handbook of the birds of the world. Volume 4: Sandgrouse to Cuckoos*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain. 679 pp.

DUNNING JR, J. B. 2008. *CRC Handbook of avian body masses* (2nd edition). CRC Press, New York. 655 pp.

DUNNING, J. S. 1987. *South American birds: A photographic aid to identification*. Harrowood Books, Newtown Square. 351 pp.

ERIZE, F., RODRIGUEZ MATA, J. R. & RUMBOLL, M. 2006. *Birds of South America: Non-Passerines: Rheas to Woodpeckers (Princeton Illustrated Checklists)*. Princeton University Press, Princeton. 376 pp.

FIDALGO, O. & BONONI, V. L. R. 1989. *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. Instituto de Botânica, São Paulo. 62 pp.

FISCHER, J. & KINDENMAYER, D. B. 2005. Nestedness in fragmented landscapes: a case study on birds, aboreal marsupials and lizards. *Journal of Biogeography* 32: 1737-1750.

FORTUNA, M. A., STOUFFER, D. B., OLESEN, J. M., JORDANO, P., MOUILLOT, D., KRASNOV, B. R., POULIN, R. & BASCOMPTE, J. 2010. Nestedness versus modularity in ecological networks: two sides of the same coin? *Journal of Animal Ecology* 79(4):811-817.

FRANÇA, L. F., RAGUSA-NETTO, J. & PAIVA, L. V. D. 2008. Consumo de frutos e abundância de Tucano Toco (*Ramphastos toco*) em dois habitats do Pantanal Sul. *Biota Neotropica* 9(2):125-130.

GALETTI, M., ALVES-COSTAC, C. P. & CAZETTA, E. 2003. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. *Biological Conservation* 111:269-273.

GALETTI, M. & PIZO, M. A. 1996. Fruit eating by birds in a forest fragment in southeastern Brazil. *Ararajuba* 4:71-79.

GALETTI, M., PIZO, M. A. & MORELLATO, L. P. C. 2004. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. Pp. 395-422 in Cullen Jr., L., Rudran, R. & Valladares-Pádua, C. (eds.). *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. UFPR Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba. 395-422 pp.

- GIMENES, M. R., LOPES, E. V., LOURES-RIBEIRO, A., MENDONÇA, L. B. & dos ANJOS, L. 2007. *Aves da planície alagável do alto rio Paraná*. (1<sup>st</sup> edition). EDUEM, Maringá. 281 pp.
- GOULART, F. F., VANDERMEER, J. PERFECTO, I. & MATTA-MACHADO, R. P. D. 2011. Frugivory by five bird species in agroforest home gardens of Pontal do Paranapanema, Brazil. *Agroforestry Systems* 82(3):239-246.
- GUIMARÃES-JR., P. R. & GUIMARÃES, P. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling & Software* 21:1512-1513.
- GUIMERÀ, R. & NUNES AMARAL, L. A. 2005a. Cartography of complex networks: modules and universal roles. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 2005 (P02001): nihpa35573.
- GUIMERÀ, R. & NUNES AMARAL, L. A. 2005b. Functional cartography of complex metabolic networks. *Nature* 433 (7028): 895-900.
- HERRERA, C. M. 1985. Determinants of plant-animal coevolution: the case of mutualistic dispersal of seeds by vertebrates. *Oikos* 44:132-141.
- HOWE, H. F. 1993. Specialized and generalized dispersal systems: where does 'the paradigm' stand? *Vegetatio* 107/108:3-13.
- HOWE, H. F. & SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:201-228.
- JORDANO, P. 2000. Fruits and Frugivory. Pp. 125-165 in Fenner, M. (ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CABI Publishing, New York. 410 pp.
- JORDANO, P., GALETTI, M., PIZO, M. A. & SILVA, W. R. 2006. Ligando Frugivoria e Dispersão de sementes à biologia da conservação. Pp. 411-436 in Rocha, C. F. D., Bergallo, H. G., Alves, M. A. S. & van Sluys, M. (eds.). *Biologia da conservação: essências*. Editorial Rima, São Paulo. 582 pp.
- JORDANO, P. & SCHUPP, E. W. 2000. Determinants of seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecological Monographs* 70:591-615.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. *Numerical ecology* (2nd edition). Elsevier Science BV, Amsterdam. 853 pp.
- LEWINSOHN, T. M., PRADO, P. I., JORDANO, P., BASCOMPTE, J. & OLESEN, J. M. 2006. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos* 113(1):174-184.
- LORENZI, H. 2002. *Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Volume 1* (4<sup>th</sup> edition). Instituto Plantarum, Nova Odessa. 384 pp.
- LORENZI, H. 2002. *Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Volume 2* (2<sup>nd</sup> edition). Instituto Plantarum, Nova Odessa. 384 pp.
- LORENZI, H. 2009. *Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Volume 3* (1<sup>st</sup> edition). Instituto Plantarum, Nova Odessa. 384 pp.

- MANLY, B. F. J. 2004. *Multivariate statistical methods: a primer*. Chapman & Hall/CRC, Florida. 208 pp.
- MARCONDES-MACHADO, L. O. & ARGEL-DE-OLIVEIRA, M. M. 1988. Comportamento alimentar de aves em *Cecropia* (Moraceae), em Mata Atlântica no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Zoologia*, S. Paulo 4(4): 331-339.
- MELLO, M. A. R., MARQUITTI, F. M. D., GUIMARÃES-JR, P. R., KALKO, E. K. V., JORDANO, P. & AGUIAR, M. A. M. 2011. The modularity of seed dispersal: differences in structure and robustness between bat- and bird-fruit networks. *Oecologia* 167: 131-140.
- MINNS, J., BUZZETTI, D., ALBANO, C., GROSSET, A., WHITTAKER, A. & PARRINI, R. 2009. DVD-ROM - Aves do Brasil: Vozes e Fotografias. Avis Brasilis, Vinhedo.
- MORELLATO, L. P. C. & HADDAD, C. F. B. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32(4b):786-792.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., KINDT, R., LEGENDRE, P., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., HENRY, M., STEVENS, H. & WAGNER, H. 2011. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-6.
- OLESEN, J. M., BASCOMPTE, J., DUPONT, Y. L. & JORDANO, P. 2007. The modularity of pollination networks. *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America* 104(50):19891-19896.
- PARADIS, E., CLAUDE, J. & STRIMMER, K. 2004. APE: analyses of phylogenetics and evolution in R language. *Bioinformatics* 20:289-290.
- PIRATELLI, A. & MELLO, M. C. 2001. Biologia do uirapuru-laranja (*Pipra fasciicauda*) no estado no Mato Grosso do Sul, Brasil. *Tangara* 1(4):157-167.
- RAGUSA-NETTO, J. 2002. Fruiting phenology and consumption by birds in *Ficus calyptroceras* (Miq.) Miq. (Moraceae). *Brazilian Journal of Biology* 62(2):339-346.
- RAGUSA-NETTO, J. & FECCHIO, A. 2006. Plant food resources and the diet of a parrot community in a gallery forest of the southern pantanal (Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 66(4):1021-1032.
- RAMOS, C. C. do O. 2010. Representatividade de matas ripárias na diversidade de aves da região da planície alagável do alto rio Paraná: implicações para a conservação. *Departamento de Biologia*. Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- REZENDE, E. L., LAVABRE, J. E., GUIMARÃES, P. R., JORDANO, P. & BASCOMPTE, J. 2007. Non-random coextinctions in phylogenetically structured mutualistic networks. *Nature* 448(7156):925-928.
- RIDGELY, R. S. & TUDOR, G. 1989. *The Birds of South America. Vol I. The Oscine Passerines*. University of Texas Press, Austin. 596 pp.
- RIDGELY, R. S. & TUDOR, G. 1994. *The Birds of South America. Vol II. The Suboscine Passerines*. University of Texas Press, Austin. 940 pp.

- RODRIGUES, R. R. & NAVE, A. G. 2000. Heterogeneidade florística das matas ciliares. Pp. 45-71 in RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. Edusp/Fapesp, São Paulo. 320 pp.
- SCHERER, A., MARASCHIN-SILVA, F. & BAPTISTA, L. R. D. M. 2007. 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* 21(1):203-212.
- SCHERER-NETO, P. & TERTO, A. C. 2011. Registros e documentação fotográfica da alimentação da arara-vermelha-grande (*Ara chloropterus*) na região noroeste do Paraná (Psittaciformes: Psittacidae). Pp. 37-42. *Atualidades Ornitológicas On-line*. 37-42 pp.
- SCHERER-NETO, P., TERTO, A. C. & CARRANO, E. 2009. Ocorrência, ecologia e conservação da arara-vermelha-grande *Ara chloropterus* e arara-canindé *Ara ararauna* no estado do Paraná. *Cadernos da Biodiversidade* 6(2):22-29.
- SEKERCIOGLU, C. H. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution* 21(8):464-471.
- SICK, H. 2001. *Ornitologia Brasileira*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 914 pp.
- SIGRIST, T. 2009. *Avifauna Brasileira: Guia de Campo Avis Brasilis*. Avis Brasilis, Vinhedo. 1092 pp.
- SNOW, D. W. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica* 13(1):1-14.
- SNOW, D. W. 2004. Family Pipridae (Manakins). Pp. 110-169 in Del Hoyo, J., Elliott, A. & Christie, D. A. (eds.). *Handbook of de Birds of the World*. Lynx Edicions, Barcelona. 863 pp.
- SOUZA, M. C. D. & MONTEIRO, R. 2005. Levantamento florístico em remanescente de floresta ripária no alto rio Paraná: Mata do Araldo, Porto Rico, Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 27(4):405-414.
- TABARELLI, M. & PERES, C. A. 2002. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic Forest: implications for forest regeneration. *Biological Conservation* 106:165-176.
- THÉBAULT, E. & FONTAINE, C. 2010. Stability of ecological communities and the architecture of mutualistic and trophic networks. *Science* 329(5993):853-856.
- THE-INTERNATIONAL-PLANT-NAMES-INDEX. 2011. disponível em <http://www.ipni.org>.
- THOMPSON, J. N. 1994. *The coevolutionary process*. University of Chicago Press, Chicago. 376 pp.
- THOMPSON, J. N. 2005. Coevolution: the geographic mosaic of coevolutionary arms races. *Current Biology* 15(24):R992-994.
- TYLIANAKIS, J. M., LALIBERTÉ, E., NIELSEN, A. & BASCOMPTE, J. 2010. Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation* 143:2270–2279.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. Nupélia. 2000. A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: Site 6 PELD/CNPq: Relatório anual: Mata ciliar. Coordenação de Angelo Antônio Agostinho, K. Nakatani. Maringá, 2000.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. 2003. A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: Site 6 PELD/CNPq: Relatório anual: Vegetação ripária. Coordenação de Angelo Antônio Agostinho, Liliana Rodrigues, L. C. Gomes. Maringá, 2003.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. 2005. A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: Site 6 PELD/CNPq: Relatório anual: Vegetação ripária. Coordenação de Angelo Antônio Agostinho, L. Rodrigues, L. C. Gomes. Maringá, 2005.

VÁZQUEZ, D. P., MELIÁN, C. J., WILLIAMS, N. M., BLÜTHGEN, N., KRASNOV, B. R. & POULIN, R. 2007. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos* 116:1120-1127.

VAZZOLER, A. E. A. D. M., AGOSTINHO, A. A. & HAHN, N. S. 1997. *A planície de inundação do alto rio Paraná*. EDUEM, Maringá.

WHEELWRIGHT, N. T. 1983. Fruits and the Ecology of Resplendent Quetzals. *The Auk* 100(2):286-301.

WUNDERLE JR., J. M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99:223-235.

YAMAMOTO, L. F., KINOSHITA, L. S. & MARTINS, F. R. 2007. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 21(3):553-573.

YZURIETA, D. & NAROSKY, T. 2003. *Birds of Argentina & Uruguay: A Field Guide*. Vazquez Mazzini Editores, Buenos Aires. 346 pp.