



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS**

**DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO  
AMBIENTE**

**PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE BIOMAS  
TROPICAIS**

**DISPERSÃO DE SEMENTES POR AVES NO BRASIL: LACUNAS DE  
INFORMAÇÃO E REDES DE INTERAÇÃO EM UMA ÁREA NATIVA E  
ANTROPIZADA**

**MESTRANDO: CRISTIAN DANIEL VELIZ BALDIVIEZO**

**ORIENTADOR: CRISTIANO SCHETINI DE AZEVEDO**

**CO-ORIENTADORA: MARCELA FORTES DE OLIVEIRA PASSOS**

**OURO PRETO-MG**

**MARÇO-2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO**  
**AMBIENTE**  
**PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE BIOMAS**  
**TROPICAIS**

**DISPERSÃO DE SEMENTES POR AVES NO BRASIL: LACUNAS DE**  
**INFORMAÇÃO E REDES DE INTERAÇÃO EM UMA ÁREA NATIVA E**  
**ANTROPIZADA**

**CRISTIAN DANIEL VELIZ BALDIVIEZO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

**OURO PRETO-MG**

**MARÇO-2020**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

V437d Veliz Baldiviezo, Cristian Daniel .

Dispersão de sementes por aves no Brasil [manuscrito]: lacunas de informação e redes de interação em uma área nativa e antropizada . / Cristian Daniel Veliz Baldiviezo. Marcela Passos. - 2020.  
50 f.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Azevedo.

Dissertação (Mestrado Acadêmico). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais.

Área de Concentração: Evolução e Funcionamento de Ecossistemas.

1. Sementes - Dispersão. 2. Aves - Comportamento. 3. Plantas - Propagação. I. Passos, Marcela. II. Azevedo, Cristiano. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 581.5

Bibliotecário(a) Responsável: Celina Brasil Luiz - CRB6-1589



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE BIOMAS TROPICAIS

**FOLHA DE APROVAÇÃO****CRISTIAN DANIEL VELIZ BALDIVIEZO****Dispersão de Sementes por Aves no Brasil: lacunas de informação e redes de interação em áreas nativas e antropizadas**

Membros da banca

Dr. Cristiano Schetini de Azevedo - Universidade Federal de Ouro Preto  
Dra. Luciana Barçante Ferreira - Faculdade Pitágoras  
Dra. Yasmine Antonini Itabaiana - Universidade Federal de Ouro Preto

Versão final

Aprovado em 31 de março de 2020.

De acordo

Professor (a) Orientador (a) Cristiano Schetini de Azevedo



Documento assinado eletronicamente por **Cristiano Schetini de Azevedo**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/09/2020, às 12:09, 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 [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0080074** e o código CRC **4FF91E69**.

**Referência:** Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.006281/2020-53

SEI nº 0080074

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: - www.ufop.br

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, pelo carinho e apoio incondicional durante toda minha vida.

A Cristiano Schetini de Azevedo e Marcela Fortes de Oliveira Passos pela orientação e amizade durante estes dois anos de mestrado.

Aos integrantes do laboratório de zoologia de vertebrados e de sistemática e biogeografia pela amizade, troca de experiências, apoio em campo, em laboratório e escritório.

A toda a equipe do Parque Estadual do Itacolomi pelo recebimento e apoio nos campos.

A CAPES, Grupo COIMBRA e a OEA pela concessão da bolsa de estudo que permitiu concluir este mestrado.

Ao herbário Jose Badini (OUPR) pela ajuda na identificação de amostras vegetais.

A equipe do programa de pós-graduação em ecologia de biomas tropicais pelo o apoio e capacitação.

A equipe da Coordenadoria de Assuntos Internacionais da UFOP pelo recebimento e apoio nos primeiros meses no Brasil.

Às licenças concedidas pelo IEF (093-2018), SISBIO (63431-2) e o CEUA (4425170918) para a coleta de dados em campo.

A todos os estudantes de graduação do curso de biologia da UFOP que acompanharam e ajudaram nas coletas de dados no campo.

A todas as pessoas e amigos que ajudaram direta e indiretamente com a realização deste trabalho

E dedico este trabalho para a memória da minha avó Agustina Flores Lupa (1937 – 2019), por ser um exemplo de força e carinho para mim.

## SUMARIO

<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>5</b>
Referências Bibliográficas .....	7
<b>CAPÍTULO 1: LACUNAS DE CONHECIMENTO SOBRE REDES ECOLÓGICAS DE FRUGIVORIA ENTRE AVES E PLANTAS NO BRASIL.....</b>	<b>9</b>
Resumo .....	9
Introdução .....	9
Metodologia .....	10
Resultados .....	11
Discussão .....	22
Conclusões .....	24
Referências Bibliográficas .....	24
<b>CAPÍTULO 2: A DISPERSÃO DE SEMENTES NATIVAS POR AVES NÃO É IMPEDIDA EM FLORESTAS DE EUCALIPTO ABANDONADAS.....</b>	<b>27</b>
Resumo .....	27
Introdução .....	27
Metodologia .....	29
Resultados .....	33
Discussão .....	40
Conclusões .....	43
Referências Bibliográficas .....	44
<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

**Figura 1:** Publicações por ano sobre interações de frugivoria ave-plantas no Brasil de 1992 a 2017.

**Figura 2:** Número de publicações sobre interações pássaro-plantas e frugivoria nos biomas brasileiros de 1992 a 2017.

**Figura 3:** Rede ecológica complexa construída com informações sobre interações entre aves frugívoras (triângulos) e plantas (círculos) na Mata Atlântica brasileira. Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados. As espécies com os mais altos valores de conectividade e centralidade estão circuladas. Nomes em triângulos e círculos são abreviações de nomes de espécies. Abreviações são definidas no material suplementar.

**Figura 4:** Rede ecológica complexa construída com informações sobre interações entre aves frugívoras (triângulos) e plantas (círculos) no cerrado brasileiro. Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados. As espécies com os mais altos valores de conectividade e centralidade estão circuladas. Nomes em triângulos e círculos são abreviações de nomes de espécies. Abreviações são definidas no material suplementar.

**Figura 5:** Rede ecológica complexa construída a partir de informações sobre interações entre aves frugívoras (triângulos) e plantas não nativas (círculos) na Mata Atlântica brasileira (A) e no Cerrado (B). Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados. Os nomes em triângulos e círculos representam são abreviações de nomes de espécies. Abreviações são definidas no material suplementar.

### Capítulo 2

**Figura 1:** Pontos de coleta de dados em campo nos dois tipos de ambientes dentro do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil.

**Figura 2:** Redes de interações entre aves frugívoras e plantas zoocóricas de acordo com as amostras de fezes das aves no sub-bosque dos fragmentos. Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros

aglomerados pela modularidade (Q). Os círculos são as espécies de plantas e os triângulos as de aves, os acrônimos no centro das figuras são os nomes científicos das espécies. A grossura das conexões (traços) tem relação com a conectância de cada espécie (quanto mais grosso o traço mais registros tem essa interação). A): Rede dos fragmentos de floresta nativa B): Rede dos fragmentos de eucaliptal. Acrônimos são definidos no material suplementar.

**Figura 3:** Redes de interações entre aves frugívoras e plantas zoocóricas com as observações focais no dossel dos fragmentos. Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados pela modularidade (Q). Os círculos são as espécies de plantas e os triângulos as de aves, os acrônimos no centro das figuras são os nomes científicos das espécies. A grossura das conexões (traços) tem relação com a conectância de cada espécie (quanto mais grosso o traço mais registros tem essa interação). A): Rede dos fragmentos de floresta nativa B): Rede dos fragmentos de eucaliptal. Acrônimos são definidos no material suplementar.

**Figura 4:** Comparação da quantidade de interações entre aves frugívoras e plantas entre os fragmentos de floresta nativa e os eucaliptais no PEIT. A: Interações das amostras fecais (P-valor= 0.83,  $W = 3.5$ ); B: Interações das observações focais (P-valor = 0.99,  $W = 4$ ).



## **LISTA DE TABELAS**

### **Capítulo 1**

**Tabela 1:** Revistas científicas em que foram publicados sobre interações entre aves y plantas de 1992 a 2017.

**Tabela 2:** Instituições que realizaram estudos sobre interações frugivoria e ave-planta no Brasil de 1992 a 2017.

**Tabela 3:** Agências que financiaram pesquisas sobre interações frugivoria e ave-planta no Brasil de 1992 a 2017.

**Tabela 4:** Número de artigos publicados sobre interações pássaro-planta e frugivoria por estado brasileiro de 1992 a 2017.

**Tabela 5:** Espécies de plantas e aves com os maiores valores de métricas de centralidade nos biomas analisados. GC: grau de centralidade, CC: grau de proximidade, BC: grau de intermediação.

### **Capítulo 2**

**Tabela 1:** Quantidade de indivíduos por espécie de plantas nas transectas de observação nos dois tipos de ambientes.

**Tabela 2:** Presença das espécies de plantas registradas com sementes nas fezes de aves entre os dois tipos de floresta.

**Tabela 3:** Comparações das métricas e índices da rede de interações mutualísticas entre as florestas nativas e os eucaliptais no PEIT com o Test Man-Whitney (W) nas diferentes metodologias aplicadas (todas P-valor > 0.05).

## **RESUMO GERAL**

A dispersão de sementes é uma função ecológica que mantém o equilíbrio da diversidade das vegetações e promove a sua regeneração, podendo ser realizada pela fauna (zoocoria), principalmente as aves (ornitocoria), as quais criam redes complexas de interações mutualísticas com as plantas mediante a frugivoria. Estudos sobre esta função foram se desenvolvendo em diferentes partes do Neotrópico, devido à grande importância que este tem para os ecossistemas, principalmente na a restauração de ambientes degradados. Esta dissertação tem como finalidade identificar lacunas de informação sobre estudos de frugivoria por aves no Brasil e identificar espécies e grupos chaves na dispersão de sementes para ambientes nativos e antropizados em uma unidade de conservação do sudeste do país. Os resultados mostraram que existem lacunas de informação sobre frugivoria de aves nas regiões norte e nordeste do Brasil, para os biomas Caatinga e Floresta Amazônica, com pouca informação sobre seus processos de dispersão de sementes e redes de interação. Observou-se que plantações de eucalipto abandonas não são um obstáculo para a dispersão de espécies vegetais por aves, sempre e quando estas apresentarem matas nativas próximas e sub-bosque desenvolvido. Finalmente, foram identificadas várias espécies de aves e plantas que mostraram ser relevantes na estrutura das redes de interação frugívoras nos ambientes estudados, informação que pode ser utilizada no direcionamento de futuros estudos e no manejo de áreas degradadas que necessitem de regeneração ambiental.

Palavras chaves: Frugivoria; Zoocoria; Interações ave-planta.

## INTRODUÇÃO GERAL

A estabilidade, a resiliência e a regeneração da vegetação podem ser alcançadas por várias funções ecológicas, dos quais o mais importante é a dispersão das sementes (Snow, 1981; Levine & Murrell, 2003; Angulo, 2011). A dispersão de sementes é o processo de transportar os propágulos para longe da planta mãe, para o desenvolvimento de novos indivíduos, processo muito importante para a função, estrutura e dinâmica dos ecossistemas florestais, pois ajuda a manter as populações de plantas, além de várias outras funções (como sequestro de carbono, fornecimento contínuo de água, garantir a produção de frutos, permitir a manutenção da fauna, a formação de redes de polinização etc.). Conseqüentemente, tais eventos proporcionam muitos benefícios para outras comunidades, incluindo os seres humanos, como manter a fertilidade do solo, produção de alimentos, biorremediação, entre outros (Jordano *et al.*, 2006; Bascompte & Jordano, 2007).

A dispersão de sementes pode ocorrer por diferentes maneiras, como pelo vento, pela água ou por animais (zoocoria), e neste último, o fenômeno da frugivoria é o ato de consumir frutos, com suas sementes sendo defecadas ou regurgitadas normalmente em locais novos para o crescimento de plântulas (Howe & Smallwood, 1982; Cardoso da Silva *et al.*, 1996). Segundo Ferreira & De Marco (2004), as aves são o grupo animal com o maior número de espécies frugívoras nos Neotrópicos e desempenham um papel fundamental no estabelecimento de vegetação nativa em áreas degradadas, dispersando sementes e criando áreas de nucleação que aceleram os processos de regeneração, contribuindo para a conservação. Essa função é alterada quando uma ou mais espécies do ecossistema desaparecem e também quando espécies exóticas são introduzidas, causando a diminuição da diversidade de espécies de aves e plantas dispersas, retardando a regeneração e a conservação de áreas naturais (Howe & Smallwood, 1982; Bascompte & Jordano, 2007).

As relações entre aves frugívoras e frutos de plantas zoocóricas criam uma rede complexa de interação, que representa as possibilidades de dispersão de sementes no ecossistema em que as aves vivem, e ferramentas analíticas desses tipos de redes permitem a operacionalização de conceitos ecológicos, como especialização, grupos funcionais e espécies-chave (Mello *et al.*, 2015; Mello *et al.*, 2016). Algumas das métricas mais usadas permitem selecionar as espécies mais importantes na rede, ajudando na tomada de decisões para a realização de medidas de conservação mais eficazes para o habitat (Pizo

& Galetti, 2010). O grau de conexão ou conectância (o número de vezes em que uma interação entre duas espécies é registrada), o grau de centralidade (o número de espécies em que cada membro da rede possui registros de interação), o grau de centralidade por grau de proximidade ou *Closeness centrality* (indica as espécies mais próximas de todas as outras espécies da rede), o grau de centralidade intermediária ou *Betweenness centrality* (indica as principais espécies intermediárias entre outras duas na rede) e a modularidade (indica os grupos de espécies mais conectadas dentro da rede), são exemplos de métricas de rede importantes para identificar espécies-chave no habitat (Vidal *et al.*, 2014; Costas *et al.*, 2016; Mello *et al.*, 2016).

Por tudo isso, é importante realizar avaliações e descrições das redes mutualísticas entre aves frugívoras e plantas zoocóricas, tanto no nível regional como no local, em ambientes impactados e conservados, usando métricas de rede de interação complexas para reconhecer o déficit de informação e identificar as espécies mais eficientes para este tipo de função ecológica, com a finalidade de ter informação suficiente para possíveis projetos de restauração e conservação de ecossistemas no Brasil (Pizo & Galetti, 2010).

Esta dissertação foi dividida em dois capítulos. No capítulo 1, intitulado “Lacunas de conhecimento sobre redes ecológicas de frugivoria entre aves e plantas no Brasil”, o objetivo foi detectar se existem padrões, redes gerais e lacunas de conhecimento sobre estudos de dispersão de sementes por aves no Brasil, no tempo e espaço. O capítulo 2 intitulado “A frugivoria e dispersão de sementes por aves não é impedida em plantações de eucalipto abandonadas”, tem como objetivo identificar e comparar as redes de frugivoria entre áreas nativas e áreas antropizadas da mata atlântica brasileira, fornecendo dados importantes sobre os efeitos da introdução de espécies exóticas, como os eucaliptos, na dispersão de sementes por aves.

## Referências Bibliográficas

- Angulo, A. 2011. Dispersión de semillas por aves frugívoras: Una revisión de estudios de la región neotropical. (Proyecto de tesis para título de licenciatura en Biología). Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Bascompte, J. & J. Jordano. 2007. Plant-Animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 38: 567 – 593.
- Cardoso da Silva, J., Uhl, C. & Murray, G. 1996. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology*, 10: 491-503.
- Costas, F., M. Ribeiro, J. Bronstein, T. Guerra, R. Muylaert, A. Leite & F. Neves. 2016. Few ant species play a central role linking different plant resources in a network in rupestrian grasslands. *PlosOne* 11(2): e0167161. doi:10.1371/journal.pone.0167161.
- Ferreira, R. & P. De Marco. 2004, Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. *Ararajuba* 12(2): 97 – 103.
- Howe, H. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13(1): 201-228.
- Jordano, P., Galetti, M., Pizo, M. & Silva, W. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: Duarte C.; Bergallo, H.; Santos, M. & Sluys, M. *Biologia da conservação: Essências*. São Paulo, Ríma. p. 411-436.
- Levine, J. & Murrell, D. 2003. The community level consequences of seed dispersal patterns. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 549-574.
- Mello, M., F. Rodrigues, L. Costa, W. Kissling, Ç. Sekercioglu, F. Marquitti & E. Kalko. 2015. Keystone species in seed dispersal networks are mainly determined by dietary specialization. *Oikos* 124: 1031 – 1039.
- Mello, M., R. Muylaert, R. Pinheiro & G. Felix. 2016. Guia para análises de redes ecológicas. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marco\\_Mello/publication/3079](https://www.researchgate.net/profile/Marco_Mello/publication/3079)

40803\_Guia\_para\_analise\_de\_redes\_ecologicas/links/5ceb0c31458515712ec5f040/Guia-para-analise-de-redes-ecologicas.pdf. Acesso em: 15/02/2020.

Pizo, M. & M. Galetti. 2010. Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves. 491-504. Em: Von Matter, S., F. Straube, I. Accordi, V. Piacentini & J. Candido. Ornitologia e conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamentos. Technical Books Editora. 516 p.

Snow, D. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica* 13: 1 - 14.

Vidal, M., E. Hasui, M. Pizo, J. Tamashiro, W. Silva & P. Guimaraes. 2014. Frugivores at higher risk of extinction are the key elements of a mutualistic network. *Ecology* 95(12): 3440 – 3447.

## **CAPÍTULO 1: LACUNAS DE CONHECIMENTO SOBRE REDES ECOLÓGICAS DE FRUGIVORIA ENTRE AVES E PLANTAS NO BRASIL**

### **Resumo**

A estabilidade, a resiliência e a regeneração da vegetação podem ser alcançadas por vários processos ecológicos, dos quais o mais importante é a dispersão de sementes. E entre os grupos de animais, as aves englobam o maior número de espécies frugívoras nos Neotrópicos. O objetivo deste estudo foi realizar uma análise bibliométrica para detectar padrões gerais e descobrir lacunas de conhecimento, a fim de identificar direções futuras para pesquisas em frugivoria de aves no Brasil. Foi realizada uma pesquisa de publicações, obtendo 77 artigos disponíveis on-line. Os resultados revelaram que a pesquisa sobre frugivoria de aves no Brasil foi publicada em diversas revistas científicas e na maioria dos casos financiadas por agências de fomento nacionais. O número de publicações aumentou ao longo do tempo, com a maioria relatando pesquisas realizadas em biomas das regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil. As espécies de aves mais importantes nas interações frugívoras nos biomas mais estudados foram identificadas, incluindo algumas espécies não nativas. Nossos resultados corroboram vários outros estudos, que juntos demonstram falta de pesquisas sobre interações frugívoras no Norte e Nordeste do Brasil, onde existem biomas muito importantes para a conservação, como a Amazônia e a Caatinga, para os quais é necessário conhecimento dos processos de dispersão de sementes.

Palavras chaves: Frugivoria; Dispersão de sementes; Interações ave-planta; Biomas; Análise bibliométrica.

### **Introdução**

Inúmeros trabalhos descreveram o processo de dispersão de sementes por aves, registrando as espécies que fazem parte da interação em diferentes ambientes do Brasil, como Ferreira & De Marco (2004) na Mata Atlântica, Allenspach & Dias (2012) na savana brasileira (Cerrado), Ragusa-Netto (2006) no Pantanal, Cardoso da Silva *et al.* (1996) na floresta amazônica e Gomes *et al.* (2017) na Caatinga. Existem muitos estudos diferentes sobre a frugivoria de aves no Brasil na literatura; aqui, fornecemos apenas um exemplo para cada bioma brasileiro. Por outro lado, estudos sobre frugivoria de aves e

dispersão de sementes começaram na década de 1970, mas não foi até a década de 1990 que surgiu o interesse e o reconhecimento da importância das interações entre diferentes plantas e animais (Jordano *et al.*, 2006). Além disso, esses estudos foram amplamente realizados em áreas fragmentadas e antropizadas (Angulo, 2011). Isso pode influenciar os resultados sobre a relação entre aves e plantas, já que em áreas antropizadas normalmente encontramos uma comunidade de aves e plantas homogeneizada, com espécies tolerantes à distúrbios humanos e quase nenhuma espécie intolerante à desordem humana, que tendem a desaparecer dessas áreas (Cardoso da Silva *et al.*, 1996) fazendo com que sua relação com as espécies vegetais tenha um viés para espécies generalistas.

Segundo Angulo (2011), estudos de interações de frugivoria e dispersão de sementes por aves na América do Sul estão espalhados por regiões tropicais e subtropicais. Por esse motivo, são necessárias avaliações locais em cada país, uma vez que é provável que as características dos serviços ecossistêmicos variem nas escalas geográfica e temporal. A análise de lacunas (GAP analysis) possui um grande potencial para essas avaliações, porque é uma extensa avaliação bibliométrica de um tópico específico que procura lacunas de informação e pode servir como um guia para futuras pesquisas (Azevedo *et al.*, 2006). Assim, o objetivo deste capítulo foi realizar uma análise bibliométrica para detectar padrões e redes gerais e identificar lacunas de conhecimento geográfico ou temporal, para direcionar futuras pesquisas sobre a frugivoria de aves no Brasil. Esperamos um aumento da literatura sobre o tema ao longo dos anos, uma distribuição desigual dos estudos pelos biomas brasileiros, uma vez que a maioria dos pesquisadores e instituições se localiza nas áreas centro-sul do país, onde a Mata Atlântica e o Cerrado estão presentes e algumas espécies de plantas e aves terão muitas conexões nas redes, atuando como peças-chave nas relações ecológicas desses biomas.

## **Metodologia**

- Coleta de dados

A pesquisa bibliográfica foi realizada em maio de 2018, utilizando os bancos de dados científicos “Web of Science” e “Google Scholar”, com as seguintes palavras-chave: Ave, Semente, Dispersão, Zoocoria, Frugivory e Brasil. Para combinar essas palavras foram usados diferentes conectores booleanos (e, em, ou etc.), resultando um total de 271



publicações científicas encontradas e baixadas no software de gerenciamento de referências “EndNote V5”.

Cada artigo selecionado foi posteriormente avaliado, com todos os documentos que não estavam acessíveis on-line e os que não identificaram ou publicaram suas interações entre pássaros e plantas sendo descartados. Isso resultou em 77 artigos para análise, dos quais foram obtidas as seguintes informações: ano de publicação, autor (es), título da revista, universidade ou instituição do primeiro autor, área de estudo, bioma brasileiro e as interações entre aves que consomem frutas de plantas zoocóricas.

#### - Análises de dados

As porcentagens de cada tipo de informação coletada foram utilizadas na análise. Embora a pesquisa tenha abrangido o período de 1945 a 2017, os primeiros artigos com as informações desejadas para o Brasil foram publicados em 1992 e, portanto, o período de publicação foi dividido em 1992 a 2000, 2001 a 2010 e 2011 a 2017. O número de artigos por década foi comparado usando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com o teste post-hoc de Dunn. O teste do qui-quadrado foi utilizado para avaliar se o número de publicações diferia entre os biomas brasileiros estudados. Os dados coletados sobre interações entre aves e plantas frugívoras nos biomas da Mata Atlântica e do Cerrado (vegetação de savana) foram utilizados para construir uma rede de interações; esses biomas foram escolhidos por terem o maior número de publicações. Para a análise da rede, foram registrados o grau de conexão (número de interações registradas entre duas espécies), centralidade (a importância relativa das espécies em toda a rede) e modularidade (os grupos de aves e plantas mais conectados). As métricas de rede foram calculadas no software Pajek 5.07, com o objetivo de identificar as espécies-chave em cada bioma brasileiro (Mello *et al.*, 2015; Mello *et al.*, 2016).

## **Resultados**

Os 77 artigos selecionados foram publicados em 33 revistas científicas, das quais a Revista Brasileira de Biologia foi a mais frequente (14,3%), seguida por Ararajuba (Revista Brasileira de Ornitologia) (12,9%), Biota Neotropica e Biotropica (6,5% cada), com os outros periódicos representando menos de 6% das publicações juntas (Tabela 1).

**Tabela 1:** Revistas científicas em que foram publicados sobre interações entre aves y plantas de 1992 a 2017.

<b>Revistas científicas</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Brazilian Journal of Biology	11	14.3
Ararajuba (Brazilian Journal of Ornithology)	10	12.9
Biota Neotropica	5	6.5
Biotropica	5	6.5
Journal of Tropical Ecology	4	5.2
Ornitologia Neotropical	4	5.2
Acta Botânica Brasílica	3	3.9
Atualidades Ornitológicas	3	3.9
Oecologia	3	3.9
Revista Árvore	3	3.9
Flora	2	2.6
Revista Brasileira de Botânica	2	2.6
Zoologia	2	2.6
Acta Amazônica	1	1.3
Agroforestry Systems	1	1.3
Austral Ecology	1	1.3
Biological Conservation	1	1.3
Bioscience Journal	1	1.3
Ciência Florestal	1	1.3
Conservation Biology	1	1.3
Ecotropica	1	1.3
Emu	1	1.3
Floresta e Ambiente	1	1.3
Journal of Ecology	1	1.3
Plant Ecology	1	1.3
Restoration Ecology	1	1.3
Revista de Biologia Tropical	1	1.3
Seed Science Research	1	1.3
Studies of Neotropical Fauna and Environment	1	1.3
The Condor	1	1.3
The Wilson Journal of Ornithology	1	1.3
Tropical Conservation Science	1	1.3
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	1	1.3
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>100.0</b>

Vinte e nove instituições realizaram estudos sobre interações frugívoras ave-planta, sendo a maioria dos estudos realizados por pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (13%), seguidos pelos da Universidade Estadual Paulista (10,4%) e da

Universidade Estadual de Campinas, Universidade de Brasília e Universidade Federal de Uberlândia (7,8% cada) (Tabela 2). Essas publicações foram produzidas com o apoio de 18 agências de fomento, sendo a principal delas o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (28,8%), seguida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (20,7%) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (16,2%); 14,4% das publicações não especificaram uma agência de fomento (Tabela 3).

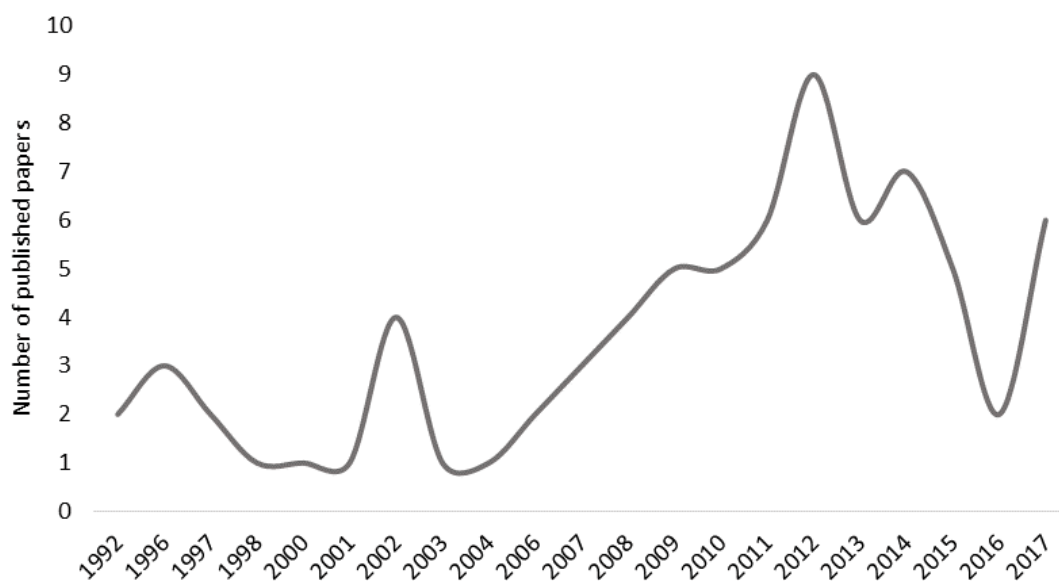
**Tabela 2:** Instituições que realizaram estudos sobre interações frugivoria e ave-plantas no Brasil de 1992 a 2017.

<b>Instituições</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Universidade Federal de São Carlos	10	13.0
Universidade Estadual Paulista	8	10.4
Universidade de Brasília	6	7.8
Universidade Estadual de Campinas	6	7.8
Universidade Federal de Uberlândia	6	7.8
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	4	5.2
Universidade Federal do Rio de Janeiro	4	5.2
Comité Brasileiro de Registros Ornitológicos	3	3.9
Universidade Federal de Minas Gerais	3	3.9
Universidade Federal de Santa Catarina	3	3.9
Universidade do Estado de Mato Grosso	2	2.6
Universidade Federal de Mato Grosso	2	2.6
Universidade Federal de Viçosa	2	2.6
Universidade Federal do Rio Grande	2	2.6
University of Cambridge	2	2.6
Associação para Gestão Socioambiental do Triângulo Mineiro	1	1.3
Universidade Católica de Salvador	1	1.3
Universidade de Passo Fundo	1	1.3
Universidade de São Paulo	1	1.3
Universidade do Estado de Santa Catarina	1	1.3
Universidade do Vale do Rio dos Sinos	1	1.3
Universidade Federal de Alagoas	1	1.3
Universidade Federal de Pernambuco	1	1.3
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	1	1.3
Universidade Federal Rural de Pernambuco	1	1.3
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	1	1.3
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões	1	1.3
Universitat de Barcelona	1	1.3
University of Copenhagen	1	1.3
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>100.0</b>

**Tabela 3:** Agências que financiaram pesquisas sobre interações frugivoria e ave-planta no Brasil de 1992 a 2017.

<b>Agências de fomento</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq	32	28.8
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES	23	20.7
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP	18	16.2
Not-specified	16	14.4
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG	5	4.5
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	3	2.7
Fundação de Amparo à Pesquisa do Mato Grosso - FAPEMAT	2	1.8
Brazilian-German Program Mata Atlântica	1	0.9
Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade - Sisbiota	1	0.9
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ	1	0.9
National Geographic Society	1	0.9
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS	1	0.9
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB	1	0.9
Fundação Maio Biodiversidade	1	0.9
Idea Wild	1	0.9
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina - FAPESC	1	0.9
Universidade de Campinas	1	0.9
Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco	1	0.9
Universitat de Barcelona	1	0.9
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>100.0</b>

Os anos com mais publicações foram 2012 (11,8%), 2014 (9,2%), 2011 e 2017 (7,9% cada) (Fig. 1), sendo o período de 2011-2017 o mais prolífico (53,2%), seguido por 2001-2010 (35%) e 1992-2000 (11,68%) ( $H = 10,05$ ,  $DF = 2$ ,  $p = 0,007$ ).

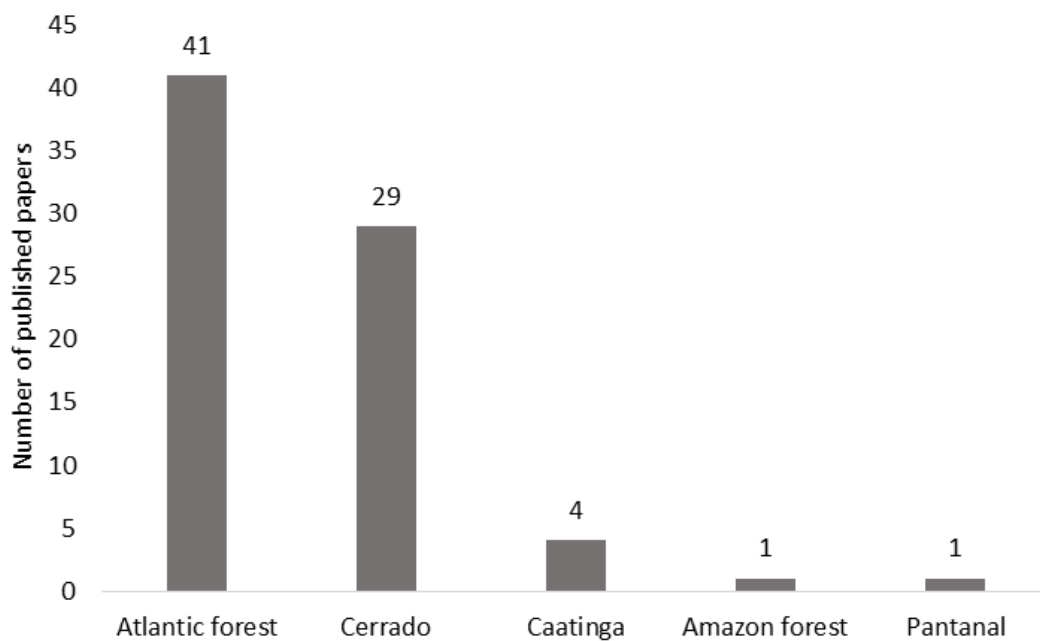


**Figura 1:** Publicações por ano sobre interações de frugivoria ave-plantas no Brasil de 1992 a 2017.

Houve publicações sobre interações ave-plantas e frugivoria em 14 dos 26 estados do Brasil, sendo São Paulo o estado com mais artigos publicados (41,6%), seguido por Minas Gerais (16,9%), Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul (7,8% cada) (Tabela 4). Entre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica (53,9%) e o Cerrado (38,2%) foram os mais representados, seguidos pela Caatinga (5,3%), Floresta Amazônica e Pantanal (1,3% cada) ( $X^2 = 16,07$ ,  $DF = 8$ ,  $p = 0,05$ ) (Fig. 2). Entre todos os trabalhos selecionados, foram encontradas 491 espécies de plantas e 255 espécies de aves interagindo no Brasil, sendo a Mata Atlântica o bioma com maior número de registros de espécies (80,2% das plantas e 72,9% das aves do total de espécies registrados para o bioma), seguidos pelo Cerrado (21% das plantas e 60% das aves do total de espécies registradas para o bioma).

**Tabela 4:** Número de artigos publicados sobre interações pássaro-planta e frugivoria por estado brasileiro de 1992 a 2017.

<b>Estados do Brasil</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
São Paulo	32	41.6
Minas Gerais	13	16.9
Rio de Janeiro	6	7.8
Rio Grande do Sul	6	7.8
Santa Catarina	4	5.2
Goiás	3	3.9
Mato Grosso	3	3.9
Ceará	2	2.6
Mato Grosso do Sul	2	2.6
Paraíba	2	2.6
Alagoas	1	1.3
Bahia	1	1.3
Espírito Santo	1	1.3
Pará	1	1.3
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>100.0</b>



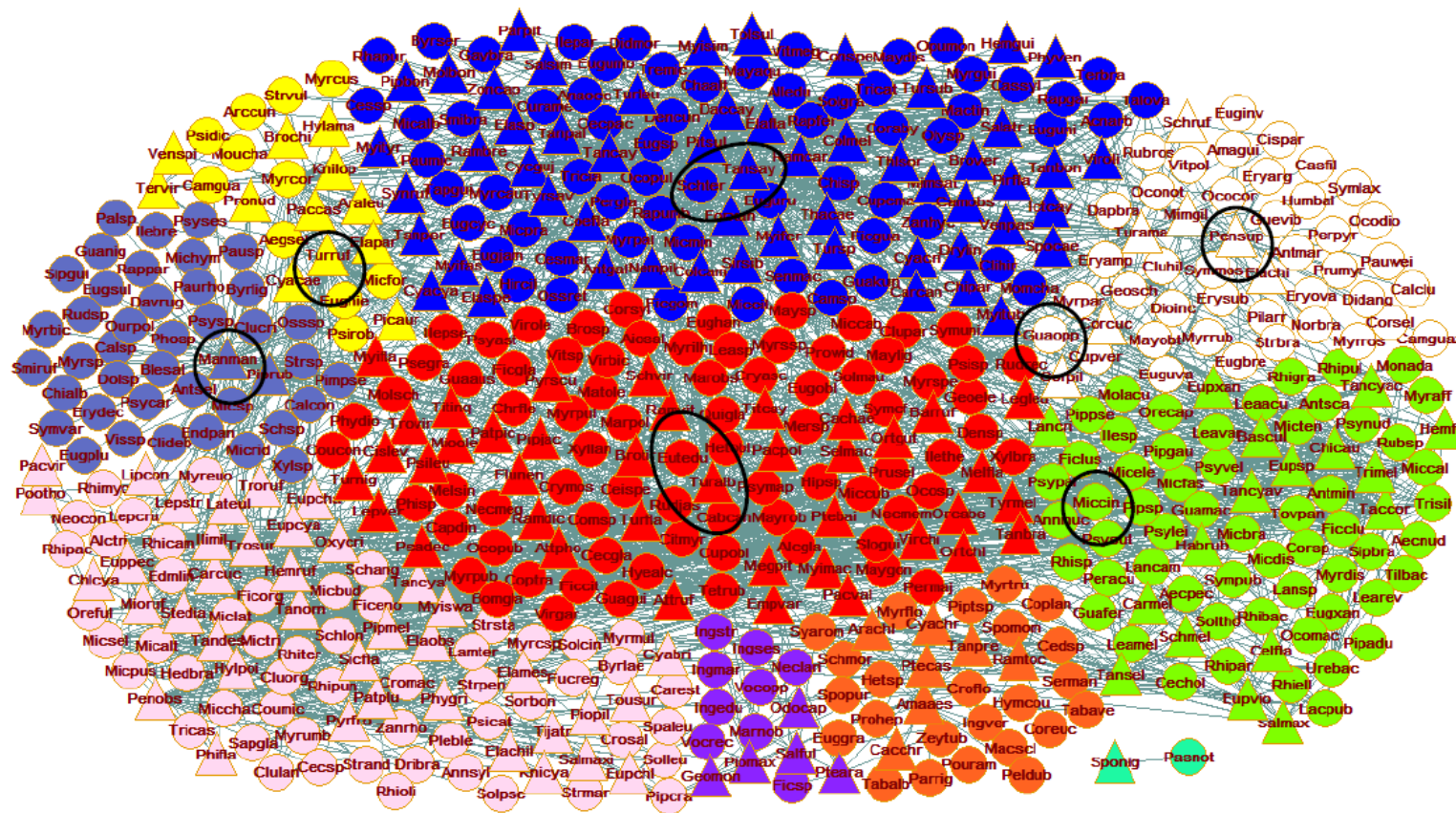
**Figura 2:** Número de publicações sobre interações pássaro-planta e frugivoria nos biomas brasileiros de 1992 a 2017.

As métricas da complexa rede ecológica construída das espécies registradas para a Mata Atlântica do Brasil (393 plantas e 186 aves) revelaram que a interação mais registrada (grau de conexão: 6) ocorreu entre *Euterpe edulis* (Arecaceae) e *Turdus albicollis* (Turdidae). Essa interação foi seguida por interações entre *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) e *Tangara sayaca* (Thraupidae); *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) e *T. albicollis*; e *E. edulis* com *Ramphastos vitellinus* (Ramphastidae) (grau de conexão: 4).

A análise da centralidade revelou que *Manacus manacus* (Pipridae) e *Turdus rufiventris* (Turdidae) foram as espécies mais importantes da rede. O grau de proximidade indicou que *Miconia cinannomifolia* (Melastomataceae) e *T. rufiventris* estavam mais próximas das outras espécies da rede, enquanto o grau de proximidade indicou que *M. manacus* e *Penelope superciliaris* (Cuculidae) foram as principais espécies intermediárias entre duas das redes (Tabela 5). Finalmente, a modularidade utilizada gerou 10 grupos altamente conectados na mesma rede ( $Q = 0,389$ ), com todos os aglomerados conectados, exceto duas espécies isoladas umas das outras - *Paspalum notatum* (Poaceae) e *Sporophila nigricollis* (Traupidae) - entretanto, essa interação pode ser considerada como predação de sementes, uma vez que essa espécie vegetal não produz frutos carnudos comestíveis (Fig. 3).

**Tabela 5:** Espécies de plantas e aves com os maiores valores de métricas de centralidade nos biomas analisados. GC: grau de centralidade, CC: grau de proximidade, BC: grau de intermediação.

Bioma	Grupo	Especie	GC	CC	BC
Atlantic forest	Bird	<i>Manacus manacus</i>	77	0.39	0.14
Atlantic forest	Bird	<i>Turdus rufiventris</i>	67	0.40	0.07
Atlantic forest	Bird	<i>Penelope superciliaris</i>	42	0.35	0.08
Atlantic forest	Plant	<i>Myrsine coriacea</i>	43	0.37	0.04
Atlantic forest	Plant	<i>Miconia cinannomifolia</i>	42	0.42	0.07
Atlantic forest	Plant	<i>Guapira opposita</i>	24	0.39	0.02
Cerrado	Bird	<i>Turdus leucomelas</i>	35	0.44	0.13
Cerrado	Bird	<i>Tangara cayana</i>	27	0.41	0.08
Cerrado	Bird	<i>Ramphastos toco</i>	23	0.36	0.12
Cerrado	Plant	<i>Miconia albicans</i>	41	0.42	0.14
Cerrado	Plant	<i>Cecropia pachystachya</i>	32	0.41	0.11
Cerrado	Plant	<i>Schefflera morototoni</i>	29	0.38	0.14

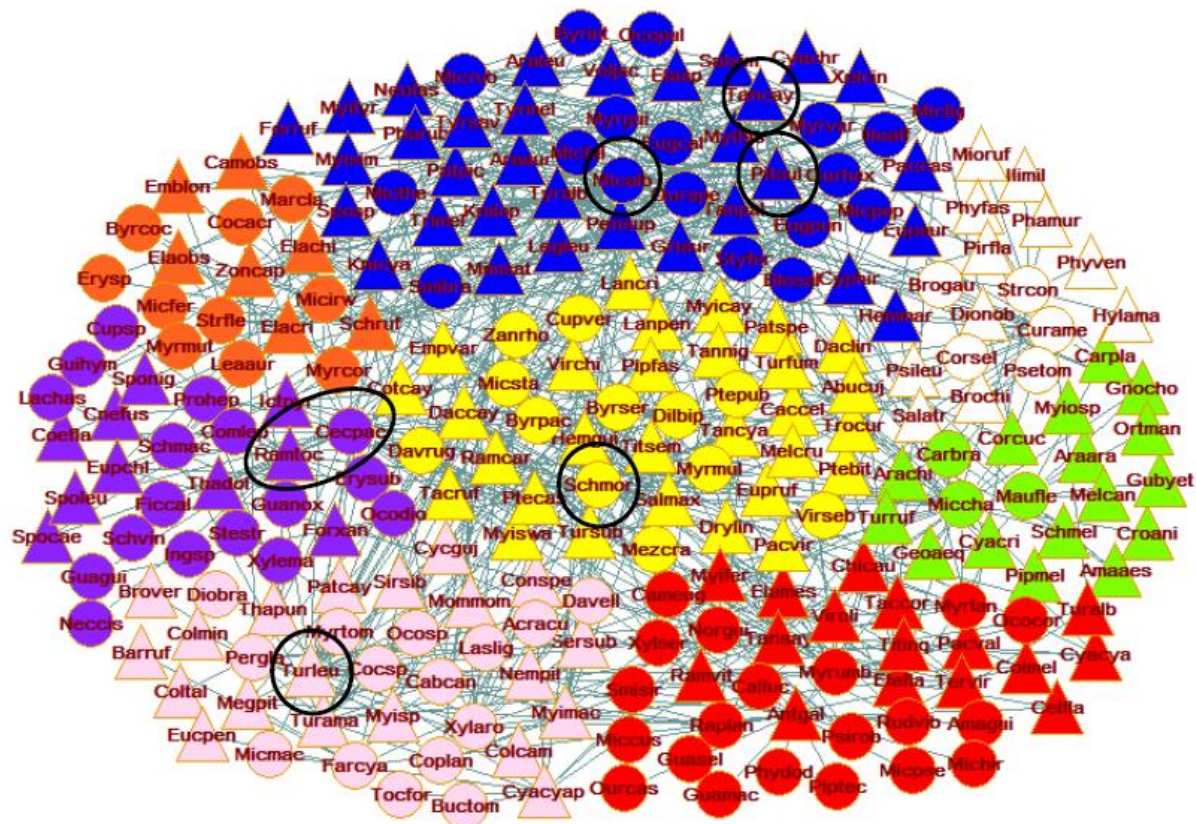


**Figura 3:** Rede ecológica complexa construída com informações sobre interações entre aves frugívoras (triângulos) e plantas (círculos) na Mata Atlântica brasileira. Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados. As espécies com os mais altos valores de conectividade e centralidade estão circuladas. Nomes em triângulos e círculos são abreviações de nomes de espécies. Abreviações são definidas no material suplementar (1).



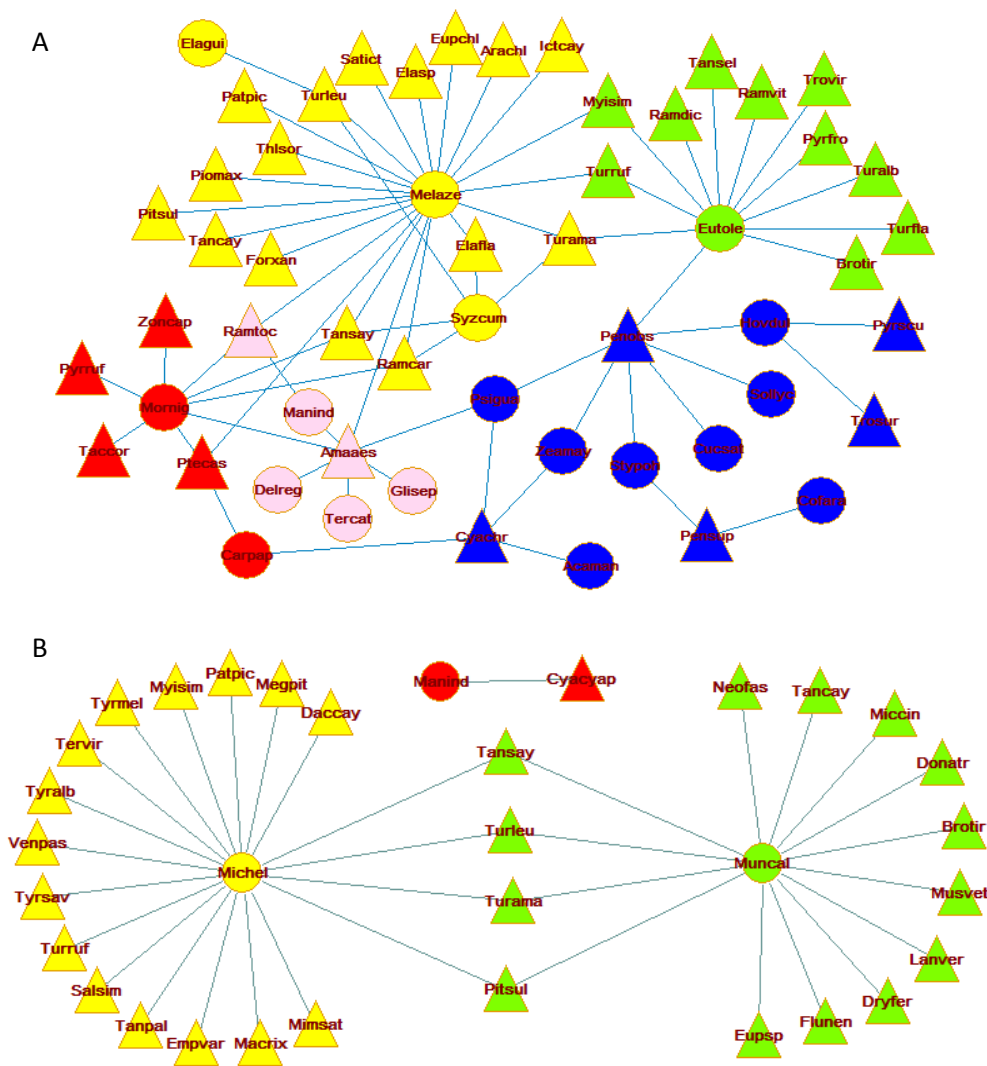
No Cerrado, 103 espécies de plantas interagiram com 153 espécies de aves. A interação mais registrada foi entre *Ramphastos toco* (Ramphastidae) e *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) (grau de conexão: 4), seguida por *Miconia albicans* (Melastomataceae) com *Volantinia jacarina* (Thraupidae), *Tangara cayana* (Thraupidae) e *Pitangus sulphuratus* (grau de conexão para cada um: 3). De acordo com o grau de centralidade, *M. albicans* é a espécie com mais interações registradas no Cerrado, seguida por *Turdus leucomelas* (Turdidae) e *C. pachystachya*.

A centralidade por proximidade indicou que *T. leucomelas* estava mais próximo das outras espécies da rede, seguido por *M. albicans*, *T. cayana* e *C. pachystachya*. *Miconia albicans* também foi a espécie mais intermediária da rede, seguida por *Schefflera morototoni* (Araliaceae), *T. leucomelas* e *R. toco* (Tabela 5). Por fim, o cálculo da modularidade indicou oito aglomerados com  $Q = 0,395324$ , todos interconectados em uma única rede (Fig. 4).



**Figura 4:** Rede ecológica complexa construída com informações sobre interações entre aves frugívoras (triângulos) e plantas (círculos) no cerrado brasileiro. Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados. As espécies com os mais altos valores de conectividade e centralidade estão circuladas. Nomes em triângulos e círculos são abreviações de nomes de espécies. Abreviações são definidas no material suplementar (1).

Além das interações entre espécies brasileiras nativas, também foram registradas espécies vegetais não-nativas interagindo com aves frugívoras na Mata Atlântica (18 espécies) e no Cerrado (três espécies). A interação com o mais alto grau de conexão na Mata Atlântica foi entre *Melia azederach* (Meliaceae) e *T. leucomelas* (3). As espécies com maior grau de centralidade, por proximidade e intermediário, foram *M. zederach* (21, 0,57 e 0,43, respectivamente) com uma modularidade de  $Q = 0,55$ , com cinco aglomerados, todos conectados entre si (Fig. 5A).



**Figura 5:** Rede ecológica complexa construída a partir de informações sobre interações entre aves frugívoras (triângulos) e plantas não nativas (círculos) na Mata Atlântica brasileira (A) e no Cerrado (B). Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados. Os nomes em triângulos e círculos representam são abreviações de nomes de espécies. Abreviações são definidas no material suplementar (1).

No Cerrado, *Magnolia champaca* (Magnoliaceae) teve a maior importância relativa na rede por ter um grau de centralidade com 19 interações com as aves, seguida pela *Muntingia calabura* (Muntingiaceae) (14 interações). A centralidade da proximidade revelou que *M. champaca* teve a maior proximidade (0,5526), seguida por *Turdus amaurochalinus* (Turdidae), *T. leucomelas*, *P. sulphuratus* e *T. sayaca* (0,4859). A *M. champaca* também apresentou o maior grau de centralidade entre as duas espécies na rede (0,6714), seguida por *M. calabura* (0,5). Finalmente, a modularidade revelou três aglomerados com  $Q = 0,410035$  (Fig. 5B). Como todas essas interações no Cerrado foram registradas uma vez, mas em diferentes publicações, não havia sentido em calcular a conectividade.

## **Discussão**

O estudo das interações frugivoria ave-plantas tem crescido no Brasil nas últimas décadas, com a maioria dos trabalhos publicados em 2011-2017. Esse achado corrobora com os de Pizo & Galetti (2010), que relataram aumentos nos estudos sobre o assunto a partir do ano 2000. Angulo (2011) encontrou 39 trabalhos sobre interações no Brasil até 2011, e detectou um aumento no número de artigos publicados ao longo dos anos. No presente estudo, foram encontrados poucos artigos sobre o tema em 2016, provavelmente devido à falta de financiamento por agências de fomento. Por outro lado, quase todas as investigações foram realizadas com recursos nacionais e muito poucas com recursos estrangeiros, o que pode ocorrer porque a maioria dos pesquisadores geralmente não busca financiamento externo ou devido às dificuldades existentes para aprender e adquirir subsídios para esse tipo de pesquisa.

A avaliação da distribuição desses estudos deixa claro que nem todos os biomas ou estados brasileiros são igualmente explorados. A maioria das publicações são realizadas na Mata Atlântica e Cerrado no centro-sul do Brasil. Estudos relatando interações ave-plantas na Floresta Amazônica e na Caatinga são praticamente inexistentes. No entanto, é importante observar que alguns artigos foram excluídos da presente análise por não especificarem as espécies envolvidas nas interações (194 artigos) e, portanto, esse achado pode ser subestimado.

Bello *et al.* (2017) identificaram o São Paulo e Rio de Janeiro como os estados com maior número de pesquisas sobre frugivoria no país (60% e 8%, respectivamente), ambos da

região sudeste do Brasil. Pizo & Galetti (2010) relataram que as pesquisas de plantas de aves são mais comuns nos biomas Mata Atlântica e Cerrado e muito escassos nos biomas Amazônia e Caatinga, corroborando os achados do presente estudo. Esses ambientes são muito ricos em espécies e têm sua própria biodiversidade; o bioma da Floresta Amazônica hospeda um terço das espécies do mundo e a Caatinga é um bioma exclusivo para o Brasil (Costa, 2010). No entanto, o maior número de estudos no centro-sul do Brasil provavelmente se deve ao maior número de pessoas, universidades e pesquisadores na região (Cross *et al.*, 2017). Além disso, o centro-sul do Brasil concentra uma quantidade maior de dinheiro do que outras regiões, o que se traduz em mais financiamento para essa pesquisa (IBGE & COPIS, 2018). Todas essas observações destacam a importância de se investir mais em pesquisas sobre interações ave-plantas nos outros biomas brasileiros. Isso é especialmente importante, pois essas pesquisas ajudarão a determinar a melhor maneira de preservar os ecossistemas desses biomas, que são igualmente importantes para a sobrevivência ecológica dessas regiões e estados.

Houve um número maior de aves frugívoras interagindo com plantas registradas na Mata Atlântica do que no Cerrado (186 aves e 393 plantas vs. 153 aves e 103 plantas, respectivamente). Bello *et al.* (2017) relataram 232 espécies de aves frugívoras para a Mata Atlântica em 166 artigos publicados e não publicados. Kuhlmann & Ribeiro (2016) relataram 182 espécies de aves frugívoras para o Cerrado. Da mesma forma, existem 788 espécies de plantas cujos frutos são consumidos por mais de 300 vertebrados na Mata Atlântica (Bello *et al.*, 2017) e 945 plantas com dispersão zoocórica no Cerrado (Kuhlmann & Ribeiro, 2016). Assim, a presente análise bibliométrica registrou a interação entre 20,13% das aves e 1,03% das plantas do Cerrado, e 20,06% das aves e 1,9% das plantas da Mata Atlântica (Costa, 2010).

A maioria das espécies de plantas com altos valores para métricas de rede, como grau de conexão e centralidade na Mata Atlântica e no Cerrado, são árvores, como *E. edulis*, *C. pachystachya* e *S. terebinthifolius*, conhecidas por terem frutas açucaradas, distribuições amplas e recomendadas para reflorestamentos heterogêneos (Lorenzi, 2002). Em relação às aves, as espécies com altos valores de métricas de rede na Mata Atlântica e no Cerrado, como *T. rufiventris*, *T. albicollis*, *T. leucomelas* e *T. cayana*, são amplamente distribuídas no Brasil, são tolerantes à presença humana e são onívoras (Sigrist, 2014). Além disso, as espécies de aves mais registradas foram aquelas que são facilmente detectadas e identificadas por serem mais conspícuas. Devido a essas características, a presença dessas

espécies é muito importante para a conservação e restauração de serviços ecológicos, mas segundo Mello *et al.* (2015), esses tipos de espécies têm diferentes graus de centralidade da rede em diferentes locais, devendo a avaliação das espécies mais interativas ser realizadas em uma escala mais local e regional.

Por outro lado, a baixa modularidade nas redes com espécies de plantas nativas, diferentemente das não-nativas, pode ser devida ao fato de estas terem poucos registros e estudos sobre suas interações com a vida selvagem ou também porque a diversidade da flora local é muito mais alta. Finalmente, Bello *et al.* (2017) relataram 59 espécies de plantas não nativas para a Mata Atlântica, essa discrepância é certamente um resultado da presente análise considerando apenas relatos de artigos publicados acessíveis, ao contrário de Bello *et al.* (2017) que consideraram muitos outros tipos de fontes.

### **Conclusões**

A análise de lacunas revelou que: (1) os estados e universidades das regiões Norte e Nordeste do Brasil produziram poucos ou nenhum estudo sobre frugivoria e dispersão de sementes por redes de aves; (2) existe um padrão de publicações crescentes de estudos sobre dispersão de sementes por aves frugívoras no Brasil; (3) biomas brasileiros, como as pampas, a floresta amazônica, a caatinga e o pantanal estão sendo negligenciados; e (4) existem espécies-chave de plantas e aves na Mata Atlântica e no Cerrado que devem ser consideradas para estudos de regeneração. Concluindo que ainda falta muitos estudos a ser realizados no Brasil sobre este tópico para poder entender os ecossistemas existentes e saber como atuar para a sua conservação e restauração.

### **Referências Bibliográficas**

- Allenspach, N. & Dias, M. 2012. Frugivory of birds on *Miconia albicans* (Melastomataceae) in a fragment of cerrado in Sao Carlos, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72(2): 407-413.
- Angulo, A. 2011. Dispersión de semillas por aves frugívoras: Una revisión de estudios de la región neotropical. (Proyecto de tesis para título de licenciatura en Biología. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá, Colombia).

- Azevedo, C.; Cipreste, C. & Young, R. 2006. Environmental enrichment: a GAP analysis. *Applied Animal Behaviour Science*, 102: 329-343.
- Bello, C.; Galetti, M.; Montan, D.; Pizo, M.; Maringuela, T.; Culot, L.; Bufalo, F.; Labecca, F.; Pedrosa, F.; Constantini, R.; Emer, C.; Silva, W.; Da Silva, F.; Ovaskainen, O. & Jordano, P. 2017. Atlantic frugivory: a plant-frugivore interaction data set for the Atlantic Forest. *Ecology*, 98(6): 1729-1729.
- Cardoso da Silva, J.; Uhl, C. & Murray, G. 1996. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology*, 10: 491-503.
- Costa, J.P.O. 2010. Sítios del patrimonio mundial natural de Brasil. Apuntes: Revista de estudios de patrimonio cultural, 22(2): 184-197. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3661300>.
- Cross, D.; Thomson, S. & Sinclair, A. 2017. Research in Brazil: A report for CAPES by Clarivate Analytics. Brasilia, Clarivate Analytics.
- Ferreira, R. & De Marco, P. 2004, Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. *Ararajuba*, 12(2): 97-103.
- Gomes, V. G. N.; Meiado, M. V.; Quirino, Z. G. M.; Araujo, H. F. P. & Machado, I. C. 2017. Synchronous fruiting and common seed dispersers of two endemic columnar cacti in the Caatinga, a dry forest in Brazil. *Plant Ecology* 218:1325-1338.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) & Coordenação de População e Indicadores Sociais (COPIIS). 2018. Síntese de indicadores sociais: Uma análise das condições de vida da população e indicadores sociais. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Jordano, P.; Galetti, M.; Pizo, M. & Silva, W. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: Duarte C.; Bergallo, H.; Santos, M. & Sluys, M. *Biologia da conservação: Essencias*. São Paulo, Ríma. p. 411-436.

- Kuhlmann, M. & Ribeiro, J.F. 2016. Fruits and frugivores of the Brazilian Cerrado: ecological and phylogenetic considerations. *Acta Botanica Brasilica*, 30(3): 495-507.
- Levine, J. & Murrell, D. 2003. The community level consequences of seed dispersal patterns. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 549-574.
- Lorenzi, H. 2002. *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 4.ed. Nova Odessa, Editora Plantarum. 2v.
- Mello, M.; Rodrigues, F.; Costa, L.; Kissling, W.; Şekerciöğlü, C.; Marquitti, F. & Kalko, E. 2015. Keystone species in seed dispersal networks are mainly determined by dietary specialization. *Oikos*, 124: 1031-1039.
- Mello, M.A.R.; Muylaert, R.L.; Pinheiro, R.B.P. & Ferreira, G.M.F. 2016. Guia para análise de redes ecológicas. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marco\\_Mello/publication/307940803\\_Guia\\_para\\_analise\\_de\\_redes\\_ecologicas/links/5ceb0c31458515712ec5f040/Guia-para-analise-de-redes-ecologicas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marco_Mello/publication/307940803_Guia_para_analise_de_redes_ecologicas/links/5ceb0c31458515712ec5f040/Guia-para-analise-de-redes-ecologicas.pdf). Acesso em: 11/10/2018.
- Pizo, M. & Galetti, M. 2010. Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves. In: Von Matter, S.; Straube, F.; Piacentini, V.; Accordi, I. & Candido, J. *Ornitologia e conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*. Rio de Janeiro, Technical Books. p. 492-504.
- Ragusa-Netto, J. 2006. Abundance and frugivory of the toco toucan (*Rhamphastos toco*) in a gallery forest in Brazil's southern Pantanal. *Brazilian Journal of Biology*, 66(1A): 133-142.
- Sigrist, T. 2014. *Guia de campo avis Brasilis: avifauna brasileira*. São Paulo, Avis Brasilis.



## **CAPÍTULO 2: A DISPERSÃO DE SEMENTES NATIVAS POR AVES NÃO É IMPEDIDA EM FLORESTAS DE EUCALIPTO ABANDONADAS**

### **Resumo**

A frugivoria é uma interação mutualística, promovida principalmente pela avifauna, que por ter uma grande diversidade, diferentes tamanhos e comportamentos, tem a capacidade de dispersar sementes de muitas espécies da flora, promovendo assim a regeneração da vegetação. Esta função ecológica da dispersão de sementes pode ser afetada pela fragmentação e a introdução de espécies exóticas. O presente estudo teve como objetivo descrever e comparar a estrutura e importância da rede de interações frugívoras entre aves e plantas em matas nativas e plantações de eucalipto, dentro de uma unidade de conservação. Foram realizadas capturas de aves para identificar as sementes que são dispersadas nas suas fezes e também registros visuais do consumo de frutos em espécies vegetais zoocóricas. Com isso, foi possível construir uma rede de interações e identificar as relações, espécies e grupos mais importantes para esta função ecológica nos ambientes estudados. Os resultados mostraram que nos eucaliptais a composição de espécies, a conectância das relações, as espécies importantes para suas redes e subgrupos dentro delas são altamente similares ao das matas nativas próximas. Isto é explicado pelo tipo de condições favoráveis que tem os eucaliptais estudados, como a falta de atividade humana, sub-bosque bem desenvolvido e presença de vegetação nativa no entorno, permitindo praticamente a mesma capacidade de dispersão de sementes aos dois tipos de ambientes.

Palavras chaves: Frugivoria; Zoocoria; Interações ave-planta; Espécies exóticas.

### **Introdução**

Os ecossistemas com monoculturas de árvores não nativas podem extinguir espécies locais, simplificam a heterogeneidade da floresta, favorecem o estabelecimento de espécies invasoras e alteram os recursos hídricos da área, reduzindo e simplificando assim os serviços ecossistêmicos (Marsden *et al.*, 2001; Borsboom *et al.*, 2002; Kanowski *et al.*, 2005; Carnus *et al.*, 2006; Valduga *et al.*, 2016). Por outro lado, outros estudos afirmam que essas monoculturas ajudam na conservação da vida selvagem nativa, protegem as propriedades do solo e mitigam a mudança climática após a ocorrência de um grande impacto ambiental (Hobbs *et al.*, 2003; Barlow *et al.*, 2007; Brockerhoff *et al.*, 2008;

Bremer & Farley, 2010; Brockerhoff *et al.*, 2013). Todos esses efeitos têm sido muito debatidos sobre se eles impedem ou não a regeneração de uma floresta, e pouco se sabe sobre as implicações que têm na dispersão de sementes dentro de um ecossistema.

A dispersão de sementes é considerada a função ecológica mais importante para a regeneração natural da vegetação, ocorrendo na maioria dos casos através da frugivoria (consumo de frutos). A frugivoria cria interações mutualísticas planta-animal na qual normalmente estão envolvidas mais de duas espécies, podendo formar uma complexa rede de interações, capaz de manter a resiliência e até a regeneração do ecossistema mediante a dispersão de propágulos (Bascompte & Jordano, 2007). Por este motivo, para entender como uma espécie se torna uma peça-chave em uma rede de interações mutualísticas, precisamos avaliar a importância da espécie em um contexto complexo e por meio de definições e métricas operacionais quantitativas (Mello *et al.*, 2015)

Na América do Sul, especificamente no Brasil, a árvore exótica mais disseminada é o eucalipto, que colocou este país como o segundo do mundo com a maior área de floresta nativa substituída por plantios dessa espécie (Ceccon, 2001). Fato esse que levou a alterações de muitos ecossistemas, como a Mata Atlântica, considerado o bioma com maior número de espécies endêmicas do Brasil (*hotspot*), além de ser a floresta mais fragmentada dos Neotrópicos (Ceccon, 2001; FAO, 2016). Por este problema, alguns fragmentos de Mata Atlântica estão protegidos em reservas naturais, um dos quais é o Parque Estadual do Itacolomi (PEIT), localizado no sudeste do Brasil, que abriga tanto a vegetação nativa em diferentes estados de regeneração quanto plantações de eucalipto abandonadas há quase 30 anos.

O PEIT é considerado um importante parque natural histórico e geológico do Brasil (Tafuri, 2008; Messias *et al.*, 2017). Nele, estudos como os de Andrade (1998), Governo de Minas *et al.* (2007) e Pereira *et al.* (2015), destacaram a importância das aves para a região, porque foi observado que desempenham um papel fundamental no estabelecimento da vegetação nativa, sendo muitas espécies que consomem frutos dispersoras ou potencialmente dispersoras de sementes que contribuem para a restauração florestal da região, e além disso, as aves tem o maior número de espécies frugívoras no Neotrópico, sendo, algumas famílias, dependente ou altamente dependente de se alimentarem de frutos, além de ser também as mais vulneráveis a impactos ambientais (Ferreira & De Marco, 2004; Hernández-Ladrón de Guevara *et al.*, 2012). No PEIT, além

de inúmeras áreas com vegetação nativa de Mata Atlântica, áreas extensas com eucaliptais também são observadas. Entretanto, os efeitos que a floresta de eucalipto tem sobre a dispersão de sementes e as redes de interação entre as aves e plantas nunca foram avaliados.

Por esta razão, um estudo sobre as relações entre aves frugívoras e plantas zoocóricas nas florestas desta reserva, com métricas de rede de interação complexas, forneceria dados importantes sobre os efeitos das florestas de eucalipto na regeneração de florestas nativas e poderia complementar os planos de restauração ecológica nas proximidades do parque. Assim, espera-se que, por influência da presença do eucalipto, a riqueza e composição de aves dispersoras de sementes seja menor nas áreas de eucaliptal do que nas áreas nativas, simplesmente devido à exclusão de aves frugívoras e suas interações por causa da substituição vegetal da área de eucaliptal. Da mesma forma, espera-se que a rede de interações entre aves e plantas seja mais complexa e conectada em áreas de vegetação nativa do que em áreas com eucaliptal, o que afetaria possivelmente o processo da dispersão de sementes, diminuindo a capacidade de regeneração da Mata Atlântica nesses locais.

## **Metodologia**

### **- Área de estudo**

O estudo foi realizado no PEIT, localizado no sudeste do estado de Minas Gerais, entre os municípios de Ouro Preto e Mariana. Este apresenta uma área de 7543 hectares, com relevo desigual e montanhoso, e altitudes variando entre 700 a 1772 m (Fig. 1). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é subtropical de altitude (Cwb), porque as temperaturas podem variar de 4 a 33° C e uma média anual de 20°C; as precipitações estão concentradas entre os meses de Outubro e Março, marcando uma notória temporada úmida no verão e outra seca no inverno (Tafuri, 2008). Na reserva é possível encontrar plantações de eucalipto abandonadas a quase 30 anos, nas quais pararam todo tipo de atividade antrópica para a regeneração da vegetação nativa; essas florestas exóticas representam o 9% da área total do PEIT (678.87 ha). Também existem fragmentos de Mata Atlântica estacional semidecidual de montanha regeneradas a mais de 50 anos, depois de um desmatamento na região ocorrido antes da criação do parque, ocupando hoje o 40% do seu território (3017.2 ha). Além disso, amplos Campos

Rupestres se estendem no 51% da área total do PEIT (3846.93 ha), sendo registradas até o momento 1623 espécies de plantas, 251 de aves, 43 espécies de mamíferos, 37 de anfíbios e 22 répteis no seu território. Também existe a presença de outras espécies exóticas dentro do parque como o chá-preto (*Cammelia sinensis*) e o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), mas as populações destas espécies estão bem espalhadas e não parecem apresentar uma competitividade com as espécies nativas em comparação com o eucalipto (Governo de Minas *et al.*, 2007; Messias *et al.*, 2017).

- Obtenção de amostras fecais

Foram armadas conjuntos de 10 redes de neblina de 12m por 2.5m, com malha de 35 mm 20 metros depois da borda da mata, sendo três conjuntos instalados em fragmentos de floresta atlântica de montanha nativa (20°25'44,3''S - 43°30'50,4''W; 20°25'33''S - 43°30'22''W; 20°25'37.9''S - 43°30'36.7''W), onde é comum encontrar árvores de *Schinus terebinthifolius*, *Drymis brasiliensis* e *Laplacea fructicosa*, com um denso sub bosque e uma altura entre 15 aos 18 m, e outras três em fragmentos com eucalipto (20°26'06.6''S - 43°30'14.2''W; 20°26'16.9''S - 43°31'14.6''W; 20°26'17.4''S - 43°31'07.2''W), onde a espécie *Eucaliptus grandis* domina e chega até os 45 m de altura, com presença de um sub bosque desenvolvido, com espécies nativas de até 15 m de altura (Messias *et al.*, 2017). Os eucaliptais estão a menos de 1 km de distância dos fragmentos de mata nativa e todos os pontos apresentavam uma altitude entre 1320 a 1360 metros acima do nível do mar e uma separação de pelo menos 200 m de distância entre eles a fim de manter a independência das amostras, (Fig. 1) (Cullen *et al.*, 2004). As redes foram abertas para o amostragem de 6 a.m. até 12 a.m. mensalmente, totalizando 180 horas para cada ambiente, por 10 meses; as redes foram vistoriadas em intervalos de 30 min. Uma vez que uma ave era capturada, se procedeu a identificação da espécie com a guia de campo de Sigrist (2014), em seguida, a ave foi colocada em uma bolsa de pano com papel filtro por 15 ou 30 minutos até que ela defecasse, para depois as fezes serem colocadas em álcool 70% e analisadas em laboratório (León, 2010; Hernández-Ladrón *et al.*, 2012).



**Figura 1:** Pontos de coleta de dados em campo nos dois tipos de ambientes dentro do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil.

No laboratório, sob um microscópio estereoscópico, todas as amostras de fezes foram colocadas em placas de petri e diluídas com álcool ao 70% para a separação das sementes intactas. A identificação das sementes nas fezes foi feita utilizando guias de identificação de sementes (Kuhlmann, 2012; Frigieri *et al.*, 2016) e por comparação com coleções de frutos e sementes de exsicatas presentes no Herbário Professor Jose Badini da Universidade Federal de Ouro Preto (OUPR). De cada amostra foram coletados os dados de interações, sendo considerado um registro de interação toda vez que uma amostra de uma espécie de ave apresentasse sementes intactas de uma espécie de planta.

#### - Observações focais

Também foram percorridos seis transectos, de 15m x 2m, na borda das matas dos locais onde as redes de neblina foram instaladas, dimensões de acordo com a visibilidade do local para observar e identificar as espécies de aves se alimentando (Pizo & Galetti, 2010), sendo três delas nas florestas nativas (20°25'57.4''S – 43°29'59.4''W; 20°26'16.9''S – 43°31'14.6''W; 20°26'17.2''S – 43°31'07.4''W), e três nos eucaliptais (20°25'37.9''S – 43°30'36.7''W; 20°26'02,1''S – 43°30'43,7''W; 20°25'57,6''S – 43°30'33,6''W) (Fig. 1). Nelas foram identificadas as espécies de plantas que apresentavam frutos carnosos, sendo nos dois tipos de ambientes *Myrsine umbellata* e *S. terebinthifolius* as mais comuns

(Tabela 1). Para todas as plantas encontradas foram feitas coleções de frutos, colocados em álcool 70% e levados ao laboratório para identificação (Caziani, 1996; Amico & Aizen, 2005).

**Tabela 1:** Quantidade de indivíduos por espécie de plantas nos transectos de observação nos dois tipos de ambientes.

<b>Especie</b>	<b>Nativa</b>	<b>Eucaliptal</b>
<i>Aegiphila integrifolia</i>	1	1
<i>Cupania vernalis</i>	1	0
<i>Fuchsia regia</i>	2	1
<i>Marlieria excoriata</i>	2	0
<i>Miconia chartacea</i>	0	1
<i>Miconia corallina</i>	0	1
<i>Miconia rimalis</i>	4	1
<i>Miconia theaezans</i>	4	1
<i>Miconia valtheri</i>	0	1
<i>Myrcia splendens</i>	2	0
<i>Myrcia vauthieriana</i>	2	1
<i>Myrsine umbellata</i>	5	4
<i>Rudgea sessilis</i>	2	2
<i>Schinus terebinthifolius</i>	5	3
<i>Struthanthus concinnus</i>	1	1
<i>Vismia parviflora</i>	1	0

Em cada transecto foram realizadas observações focais das plantas cujos frutos eram consumidos por aves frugívoras, que principalmente frequentam o dossel dos fragmentos, em horários de 6 a.m. até 11 a.m. e de 15 p.m. até 18 p.m., com amostragens mensais para cada ponto durante 10 meses, totalizando 240 horas de observação em cada tipo de ambiente (Pizo & Galetti, 2010). Foram registrados o número de interações ave-planta por espécie, considerando-se uma interação quando uma espécie de ave consumia frutos de uma espécie de planta, de tal forma, que uma espécie de planta poderia apresentar várias interações quando fossem consumidas por várias espécies de aves, e uma espécie de ave poderia ter várias interações quando visitasse várias espécies de plantas (Silva *et al.*, 2002; Pizo & Galetti, 2010; Cullen *et al.*, 2004).

- Análises de dados

Foram usadas algumas métricas de rede de interação para identificar espécies e grupos importantes na estrutura da relação entre as espécies registradas nas áreas de estudo, como

o grau de conexão ou a conectância (C), usada para comparar os pares de espécies que mais interagem dentro da rede, o grau de centralidade (GC), que aponta as espécies com mais relações, a centralidade por proximidade ou *Closeness centrality* (CC), que mostra quais espécies são mais próximas de terem uma interação com outras dentro da rede, a Centralidade por intermediário ou *Betweenness Centrality* (BC), que indica quais espécies são as que intermediam a interação entre outras duas espécies, e a Modularidade de Louvain (Q), utilizado para avaliar quanto de relação tem todas as espécies ou se estão separadas em subgrupos (módulos) dentro da rede. Estas métricas foram calculadas com o programa Pajek 4.09 (Mello *et al.*, 2015; Costas *et al.*, 2016; Mello *et al.*, 2016).

Depois, foram feitos no programa R 3.5.0 os testes estatísticos não-paramétricos de Man-Whitney utilizados para comparar as métricas e índices resultantes entre os dois tipos de ambientes estudados. Também foram determinados o número de interações frugívoro-planta por espécie, a composição de aves e plantas encontradas e os índices de valor de importância do dispersor ( $IVID = (S * B) / 1000$ ), que tem um intervalo de 0 a 1, onde S representa a abundância relativa das espécies capturadas, e B representa a percentagem de amostras fecais com sementes de uma espécie. Também foi calculado o índice de valor de importância para plantas ( $IVIP = \Sigma (r / R)$ ), onde r representa o número de vezes que uma espécie de ave teve sementes de uma espécie vegetal e R representa o número total de espécies de plantas consumidas por uma espécie de ave (Galindo *et al.*, 2000; León, 2010). Finalmente, as estruturas das redes de interação foram representadas graficamente pelo programa Gephi 0.9.2.

## **Resultados**

Com as redes de neblina foram capturados 419 indivíduos de aves, das quais foram obtidas 318 amostras de fezes de 21 espécies de aves; as sementes encontradas intactas pertencem a 17 espécies de plantas, uma só foi identificada até gênero, duas até família e três ficaram como morfoespécies (Tabela 2). Tanto na floresta nativa quanto no eucaliptal, o gênero de planta mais comum encontrado nas fezes das aves foi *Miconia* (Melastomataceae), seguido de *Leandra* (Melastomataceae) e *Myrsine* (Primulaceae), sendo os dois primeiros arbustos do sub-bosque, e o terceiro de árvores que chegam até o dossel.

**Tabela 2:** Presença das espécies de plantas registradas com sementes nas fezes de aves entre os dois tipos de floresta.

<b>Especies</b>	<b>Nativa</b>	<b>Eucaliptal</b>
<i>Aegiphila integrifolia</i>	✓	
<i>Fuchsia regia</i>	✓	✓
<i>Leandra australis</i>	✓	✓
<i>Leandra glabrata</i>	✓	✓
<i>Leandra melastomoides</i>	✓	✓
<i>Miconia chamissois</i>	✓	✓
<i>Miconia corallina</i>	✓	
<i>Miconia elegans</i>	✓	✓
<i>Miconia paniculata</i>	✓	
<i>Miconia rimalis</i>	✓	✓
<i>Miconia theaezans</i>	✓	✓
<i>Miconia valtheri</i>		✓
Morfoespecie 1	✓	✓
Morfoespecie 2	✓	✓
Morfoespecie 3	✓	✓
<i>Myrsine coriaceae</i>	✓	✓
<i>Myrsine umbellata</i>	✓	✓
<i>Phoradendron undulatum</i>	✓	✓
<i>Piper sp.</i>		✓
Poaceae 1		✓
Poaceae 2	✓	✓
<i>Schinus terebinthifolius</i>	✓	
<i>Struthanthus concinnus</i>	✓	✓

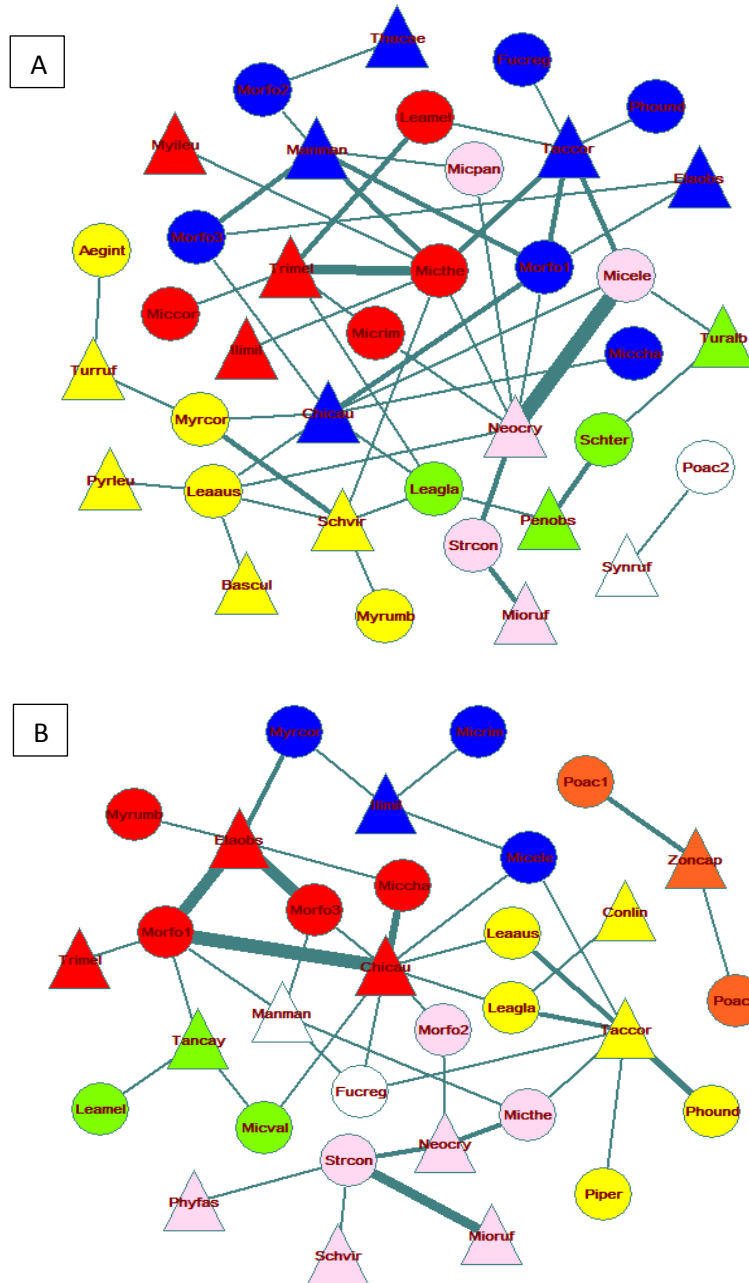
Encontrou-se com as amostras de fezes, 73 interações ave-planta em ambos os ambientes, com uma média de 17.8 interações por ponto de amostragem, sendo 50 interações entre 17 espécies de aves e 20 de plantas nos fragmentos de floresta nativa, e nos eucaliptais foram 41 interações, entre 13 espécies de aves com 19 espécies de plantas (Fig. 2). Por outro lado, com a amostragem por observação focal foram registradas 141 interações nos dois ambientes, com uma média de 30 interações por ponto de amostragem, sendo 92 registradas nas florestas nativas entre 36 espécies de aves com 14 de plantas, e 70 interações nos eucaliptais entre 32 aves com 11 plantas (Fig. 3). Estatisticamente, não houve diferença na a quantidade de interações entre os dois tipos de ambientes nem no



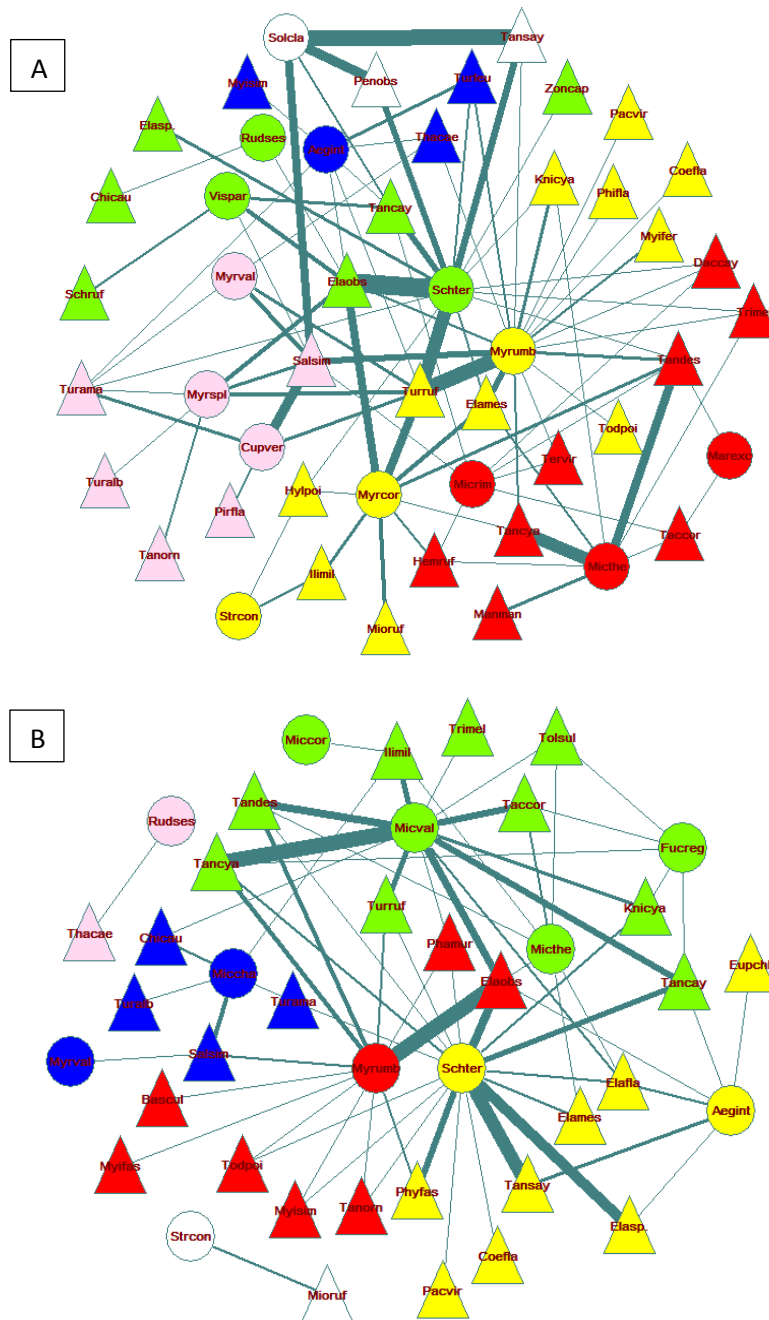
sub-bosque com as amostras de fezes ( $W = 4.0$ ;  $P$ -valor = 0.99) e nem no dossel com as observações focais ( $W = 3.5$ ;  $P$ -valor = 0.83) (Fig. 4). Quase todas as espécies foram registradas nos dois tipos de ambientes, com exceção das aves *Phibalura flavirostris* (Cotingidae) e *Dacnis cayana* (Thraupidae) e a planta *Vismia parviflora* (Hypericaceae), que só foram encontradas nos fragmentos nativos, enquanto *Phaeomyias murina* (Tyrannidae) e *Miconia valtheri* (Melastomataceae) foram registrados somente nos eucaliptais.

Utilizando-se os dados obtidos via análises fecais, nos fragmentos de floresta nativa os maiores valores do grau de conexão (C) foram observadas para a interação entre *Neopelma chrysolophum* (Pipridae) e *Miconia elegans* (Melastomataceae) (6), seguido pela interação entre *Trichothraupis melanops* (Thraupidae) com *Miconia theaezans* (4). Nos fragmentos de floresta com eucaliptos foram *Chiroxiphia caudata* (Pipridae) e *Elaenia obscura* (Tyrannidae) com a planta Morfoespecie 1 as de maior valor de C (6 e 5 respectivamente).

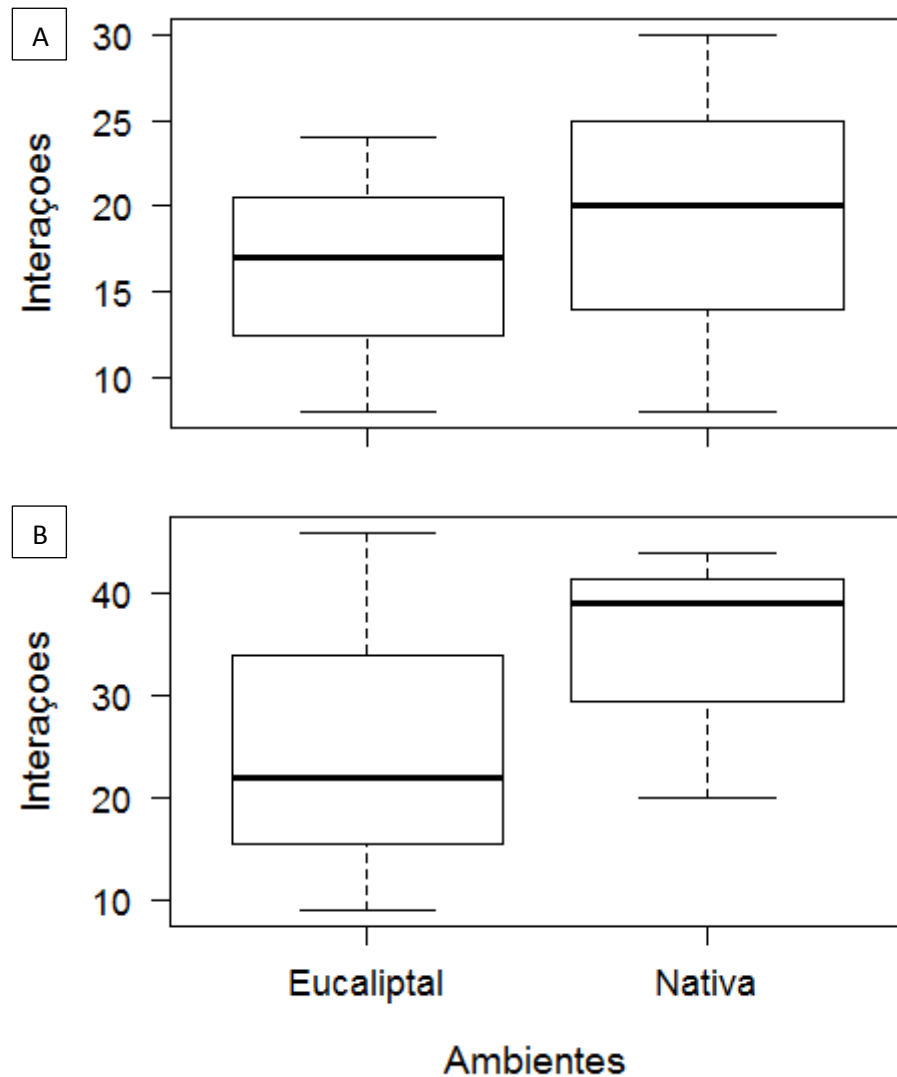
Do mesmo modo, o grau de centralidade aponta às aves *N. chrysolophum*, *C. caudata* e a planta *M. theaezans* como as espécies com mais interações na rede da floresta nativa (1.0), com uma média de 0.38, e no caso do eucaliptal, são *C. caudata* (1.0), *Tachyphonus coronatus* (Thraupidae) (0.77) e Morfoespecie 1 (0.55), com uma média de 0.28. Em relação com a *Closeness centrality* nos dois tipos de ambiente, as espécies *C. caudata* (CC: 0.39 na floresta nativa e 0.41 no eucaliptal) e *M. theaezans* (CC: 0.42 na floresta nativa e 0.34 no eucaliptal) foram as que apresentaram maior proximidade, com médias de 0.28 (nativa) e 0.26 (eucaliptal). Com a métrica de *Betweenness centrality*, as espécies *N. chrysolophum* (BC: 0.22 na floresta nativa e 0.21 no eucaliptal) e *C. caudata* (BC: 0.22 na floresta nativa e 0.36 no eucaliptal) foram as que apresentaram os valores maiores nos dois ambientes, com médias de 0.05 nos fragmentos nativa e 0.06 nos fragmentos com eucaliptal.



**Figura 2:** Redes de interações entre aves frugívoras e plantas zoocóricas, de acordo com as amostras de fezes das aves no sub-bosque dos fragmentos. Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados pela modularidade (Q). Os círculos são as espécies de plantas e os triângulos as de aves, os acrônimos no centro das figuras são os nomes científicos das espécies. A grossura das conexões (traços) tem relação com a conectância de cada espécie (quanto mais grosso o traço mais registros tem essa interação). A): Rede dos fragmentos de floresta nativa B): Rede dos fragmentos de eucaliptal. Acrônimos são definidos no material suplementar (1).



**Figura 3:** Redes de interações entre aves frugívoras e plantas zoocóricas com as observações focais no dossel dos fragmentos. Cada cor representa um aglomerado de espécies que estão mais conectadas entre si do que com espécies de outros aglomerados pela modularidade (Q). Os círculos são as espécies de plantas e os triângulos as de aves, os acrônimos no centro das figuras são os nomes científicos das espécies. A grossura das conexões (traços) tem relação com a conectância de cada espécie (quanto mais grosso o traço mais registros tem essa interação). A): Rede dos fragmentos de floresta nativa B): Rede dos fragmentos de eucaliptal. Acrônimos são definidos no material suplementar (1).



**Figura 4:** Comparação da quantidade de interações entre aves frugívoras e plantas entre os fragmentos de floresta nativa e os eucaliptais no PEIT. A: Interações das amostras fecais (P-valor= 0.83, W = 3.5); B: Interações das observações focais (P-valor = 0.99, W = 4.0).

O índice de valor de importância do dispersor (IVID) indicou a *N. chrysolophum* (1), *T. melanops* (0.58) e *C. caudata* (0.58) como as espécies de aves de maior importância como dispersores nos fragmentos de floresta nativa estudadas, enquanto no eucaliptal, foram *C. caudata* (1), *T. coronatus* (0.82) e *E. obscura* (0.82) as de maior importância. Por outro lado, o índice de valor de importância para as plantas (IVIP) indicou *M. theaezans* (3.9), *Leandra australis* (Melastomataceae) (2.5) e *Struthanthus concinnus* (Loranthaceae)

(2.3) como as plantas mais importante nas florestas nativas, e *S. concinnus* (6.7), Morfoespecie 1 (3.3) e *Leandra glabrata* (1.4) nos eucaliptais. Nenhuma das métricas calculadas com os dados das amostras fecais apresentaram diferenças estatísticas significativas entre o sub-bosque das matas nativas e dos eucaliptais, o que significa que poderiam ter a mesma capacidade de dispersão de sementes (Tabela 3).

A conectância de rede nos fragmentos de floresta nativa obtidas nas observações focais indicou a interação entre a árvore *S. terebinthifolius* (Anacardiaceae) com a ave *E. obscura* como a de maior quantidade de registros (18), seguida por *Solanum cladotrichum* (Solanaceae) com *Tangara sayaca* (Thraupidae) (15) e *Myrsine umbellata* (Primulaceae) com *Turdus rufiventris* (Turdidae) (14). Nos fragmentos com eucaliptais, as maiores conectâncias foram para *M. valtheri* com *Tangara cyanoventris* (14) e *M. umbellata* com *E. obscura* (14), seguidas por *S. terebinthifolius* com *T. sayaca* (12).

O grau de centralidade nos dois tipos de floresta indica as plantas *M. umbellata* (1 na mata nativa e 0.66 no eucaliptal), *S. terebinthifolius* (0.83 na floresta nativa e 1 no eucaliptal), e a ave *E. obscura* (0.38 na floresta nativa e 0.27 no eucaliptal) como as espécies com maior número de interações na rede, com médias de 0.20 na floresta nativa e 0.18 no eucaliptal. As métricas de *Closeness* e *betweenness centrality* na floresta nativa, mostraram que *M. umbellata* (CC: 0.49 e BC: 0.35), *S. terebinthifolius* (CC: 0.47 e BC: 0.26), *Myrsine coriacea* (CC: 0.41 e BC: 0.14) e as aves *E. obscura* (CC: 0.47 e BC: 0.17), *T. rufiventris* (CC: 0.46 e BC: 0.11) e *Tangara desmaresti* (CC: 0.43 e BC: 0.08) como as espécies mais próximas e intermediárias com o resto que compõem as redes (medias CC: 0.35 e BC: 0.04). Enquanto no eucaliptal são as plantas *S. terebinthifolius* (CC: 0.47 e BC: 0.32), *M. umbellata* (CC: 0.41 e BC: 0.19), *M. valtheri* (CC: 0.42 e BC: 0.20) e as espécies de aves *E. obscura* (CC: 0.44 e BC: 0.07), *T. desmaresti* (CC: 0.42 e BC: 0.03) e *T. cyanoventris* (CC: 0.42 e BC: 0.03) as que apresentam a mesma importância para a sua rede (medias CC: 0.31 e BC: 0.03).

Com os resultados da metodologia de observações focais de frugivoria no dossel dos fragmentos de floresta, a comparação dos dois tipos de ambientes mostrou não haver diferença estatística entre os dois ambientes, mesmo com a vegetação nativa apresentando maior riqueza e interações que os eucaliptais, o que indica que tanto a Mata Atlântica nativa e o eucaliptal têm moderadamente as mesmas características nas suas redes de interações entre aves frugívoras e plantas zoocóricas (Tabela 3). Do mesmo modo, os

resultados da modularidade para as redes resultaram altamente idênticas, tendo os valores no sub-bosque (Floresta nativa  $Q = 0.49$ ; Eucaliptal  $Q = 0.52$ ) e no dossel (Floresta nativa  $Q = 0.42$ ; Eucaliptal  $Q = 0.39$ ) com uma média de  $Q = 0.455$  nos dois tipos de ambientes estudados, identificando seis grupos de aves e plantas mais relacionadas entre si em todas as redes, sendo comuns nos grupos mais grandes a planta *M. theaezans* e a ave *T. rufiventris*.

**Tabela 3:** Comparações das métricas e índices da rede de interações mutualísticas entre as florestas nativas e os eucaliptais no PEIT com o Test Man-Whitney (W) nas diferentes metodologias aplicadas (todas P-valor  $> 0.05$ ).

Métricas	Observação focal	Redes de neblina
W / P -valor de C	2924.5 / 0.280	1066 / 0.684
W / P -valor de GC	918 / 0.477	585.5 / 0.940
W / P -valor de CC	845 / 0.198	477 / 0.168
W / P -valor de BC	948.5 / 0.648	608 / 0.848
W / P -valor do IVID	-	154 / 0.068
W / P -valor do IVIP	-	177 / 0.725

## Discussão

Nos eucaliptais do PEIT foram encontradas quase as mesmas espécies de aves frugívoras e plantas zoocóricas que as presentes nos fragmentos de mata nativa, o que promoveu uma alta similaridade das quantidades de relações existentes entre elas e as métricas das estruturas das suas redes de interação. Esses resultados indicam que a complexidade das redes de interação dentro dos eucaliptais da área de estudo e das matas nativas permitem a mesma capacidade potencial de dispersão de sementes e teoricamente tendo uma restauração florestal bem encaminhada, possivelmente pelo tempo de regeneração.

Nossos resultados mostraram que o potencial de dispersão de sementes entre áreas nativas e impactadas por eucaliptais podem se equivaler, possivelmente porque algumas características ambientais foram preservadas. O PEIT apresenta um tempo amplo sem intervenção humana extrativa, o eucaliptal já tem 30 anos de regeneração (Messias *et al.*, 2017), e os fragmentos de eucalipto estão próximos com áreas maiores de floresta nativa, que poderiam funcionar como fontes de sementes. Essas características podem ser importantes para a manutenção das interações e formação das redes de frugivoria (Stallings, 1991; Jordano *et al.*, 2006; Brockerhoff *et al.*, 2013), as quais, se fossem impactadas novamente, poderiam modificar negativamente a estrutura e dinâmica das

populações de plantas existentes, através da interrupção dos processos ecológicos (Silva & Tabarelli, 2000).

Outros estudos similares, como Vidal *et al.* (2014), mostra que em uma área de Mata Atlântica bem conservada com 120.000 ha de mata continua no sul de São Paulo foram registradas 59 espécies de aves frugívoras interagindo com 42 espécies de plantas zoocóricas, registros maiores que neste estudo. Por outro lado, em fragmentos de mata reflorestada de 5 hectares, foram registradas 38 espécies de aves interagindo com 22 de plantas (Athie & Dias, 2012), em uma mata atlântica em regeneração de 380 ha observou se 29 espécies de aves interagindo com 25 espécies de plantas (Fadini & De Marco, 2004), e com o método de redes de neblina no sub-bosque, Sarmiento *et al.* (2014) conseguiu em fragmentos de Mata Atlântica localizados no meio de plantações de cana de açúcar, 10 espécies de aves com sementes de 39 espécies de plantas nas suas amostras de fezes. Dados quase similares aos deste estudo, por serem realizados em áreas com impactos antrópicos prévios. Isto corrobora a hipóteses de que as pressões antropogênicas podem conduzir a diminuições significativas nas populações de aves e plantas, com trocas importantes na composição da comunidade e seus processos (Banks-Leite *et al.*, 2012).

Os resultados das métricas de rede calculadas no presente estudo foram moderadamente maiores, no caso do grau de centralidade e da centralidade por intermediário, se comparadas aos encontrados por Mello *et al.* (2015), que avaliaram as redes de interação de frugivoria de aves em todo o Neotrópico, indicando que os padrões variam enormemente entre as redes de interação de cada local avaliado. Segundo Lopes *et al.* (2005), no bioma da Mata Atlântica é comum encontrar sementes intactas, principalmente da família melastomatácea, no conteúdo estomacal das aves frugívoras das famílias Thraupidae, Turdidae e Pipridae. Com o IVID, Leon (2010) encontrou também que várias espécies das famílias Thraupidae, Pipridae e Tyrannidae apresentaram valores mais altos deste índice em florestas do México, sendo os principais dispersores de sementes. De todas essas famílias, os Thraupidae são considerados por Schleuning *et al.* (2014) como o grupo mais importante de dispersores de sementes em redes de frugivoria.

Fadini & De marco (2004), Lopes *et al.* (2005) e Athie & Dias (2012) apontam algumas das mesmas espécies deste estudo (*C. caudata*, *T. sayaca*, *T. coronatus* e *T. ruventris*) como fundamentais para a rede de interações de potenciais dispersores de sementes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil. Por outro lado, todas essas espécies encontradas

similares com outros estudos podem se considerar tolerantes à presença de espécies florestais exóticas, por ter uma dieta generalista, uma ampla distribuição e por ser igualmente registradas em vegetação nativa conservada e em plantações de eucalipto da região (Machado & Lamas, 1996; Manhaes *et al.*, 2010). Em outros ambientes, como no Cerrado, *T. sayaca* também apresentou os maiores valores de interação (Purificação *et al.*, 2014), enquanto na Restinga do sul do Brasil *T. rufiventris* foi uma das espécies de aves mais importantes (Scherer *et al.*, 2007).

Por outro lado, Athie & Dias (2012) também encontraram *S. terebinthifolius* como uma das espécies de planta mais importantes em uma rede de frugivoria, sendo esta espécie recomendada na região para processos de restauração devido a seu rápido crescimento e sua importância como recurso para a avifauna (Avila *et al.*, 2010). Do mesmo modo, Manhaes *et al.* (2010) e Vidal *et al.* (2014) encontraram muitas espécies do gênero *Miconia*, entre elas *M. theaezans*, como importantes para a dieta das aves e possivelmente para as redes mutualísticas, corroborando Snow (1981), que indica à família Melastomataceae como a que apresenta o maior número de espécies que oferecem alimento para frugívoros dispersores de sementes em florestas do Neotrópico. No caso do IVIP, Leon (2010) encontrou que várias espécies do gênero *Ficus* (Moraceae) apresentam valores mais altos deste índice, sendo importantes centros de dispersão de sementes, mas plantas desse gênero foram pouco comuns na área do PEIT (Messias *et al.*, 2017), não sendo registradas nas interações observadas no presente estudo.

Segundo Vidal *et al.* (2014), o número de interações entre espécies está fortemente associado com a contribuição da cada espécie para a modularidade das suas redes mutualísticas, o que explicaria por que o resultado de Q neste estudo foi notoriamente similar entre os diferentes tipos de ambientes estudados, e isso se deveu ao fato destes terem riqueza de espécies e conectâncias similares. No caso das espécies encontradas exclusivamente em cada tipo de habitat, estas são comuns na Mata Atlântica do sul e sudeste do Brasil, não são consideradas sensíveis a alterações antrópicas e não apresentam restrição de habitat na região (Snow, 2004; Messias *et al.*, 2017). A ave *P. flavirostris* é considerada quase ameaçada pela Birdlife international (2016), sendo observada só na área de vegetação nativa, significando que poderia ter alguma sensibilidade aos eucaliptais, e *M. valtheri* é uma espécie de árvore zoocórica registrada pela primeira vez no PEIT (OUPR 34035), sendo apenas registrada na área de eucaliptos no parque,



seguramente por ser uma espécie pioneira como muitas outras do gênero *Miconia* (Manhaes *et al.*, 2010; Vidal *et al.*, 2014).

Finalmente, o fato de as características e métricas da frugivoria entre as áreas de mata nativa e eucaliptal da área de estudo terem sido parecidas, poderia ser devido à presença de um sub-bosque bem estruturado em ambas as áreas. Resultado similar ao de Stallings (1991) e Machado & Lamas (1996), que observaram em regiões da Mata Atlântica de Minas Gerais, que quase a metade das espécies de mamíferos e aves que se encontram nos fragmentos de floresta nativa foram encontradas também em plantações de eucaliptos próximas que possuíam um sub-bosque bem desenvolvido, enquanto que poucas destas espécies foram encontradas em eucaliptais sem nenhum sub-bosque desenvolvido. O sub-bosque pode proporcionar importantes recursos de hábitat para espécies da vida silvestre (Brockhoff *et al.*, 2008; Brockhoff *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2015), o que sugere que pode ser possível melhorar o valor de conservação das plantações de eucalipto, desde que seja proporcionado o hábitat para outras plantas e animais, modificando o manejo florestal de tal forma que permita o desenvolvimento do sub-bosque, além de manter fragmentos de vegetação nativa circundante para funcionarem como áreas fonte para a recolonização. Entretanto, as florestas de espécies introduzidas, incluindo as com sub-bosque e matas secundárias, apesar de poderem proporcionar hábitat para algumas espécies, certamente não suportam toda a diversidade que se encontraria em uma floresta nativa (Brockhoff *et al.*, 2013). Sendo assim, devem ser evitadas, dando-se sempre preferência para a manutenção das florestas nativas.

## **Conclusões**

O presente estudo conclui que a composição de espécies e a complexidade de interações entre aves frugívoras e plantas zoocóricas, nos eucaliptais abandonados na área de estudo são moderadamente similares à das matas nativas, tendo a mesma capacidade potencial de dispersão de sementes. Portanto, no PEIT a presença dos eucaliptais não está sendo considerado um obstáculo para a regeneração da Mata Atlântica, isto seguramente graças ao tempo de regeneração, à existência de sub-bosque desenvolvido e à presença de áreas de mata nativa próximas aos eucaliptais.

## Referências Bibliográficas

- Andrade, M. 1998. O parque estadual do Itacolomi e suas aves. Uiraçu 2: 4.
- Amico, G. & M. Aizen. 2005. Dispersión de semillas por aves en un bosque templado de Sudamérica austral: ¿Quién dispersa a quién?. *Ecología Austral* 15: 89 - 100.
- Athie, S. & M. Dias. 2012. Frugivoria por aves em um mosaico de floresta estacional semidecidual e reflorestamento misto em Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 26(1): 84 – 93.
- Avila, G., A. Gomes, A. Canary & L. Bugoni. 2010. The role of avian frugivores on germination and potential seed dispersal of the Brazilian pepper *Schinus terebinthifolius*. *Biota Neotropica* 10(3): 45 – 51.
- Banks-Leite, C., R. Ewers & J. Metzger. 2012. Unraveling the drivers of community dissimilarity and species extinction in fragmented landscapes. *Ecology* 93: 2560–2569.
- Bascompte, J. & J. Jordano. 2007. Plant-Animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 38: 567 – 593.
- Barlow, J., T. Gardner, I. Araujo, T. Avila-Pires, A. Bonaldo, J. Costa, M. Esposito, L. Ferreira, J. Hawes, M. Hernandez, R. Leite, N. Lo-Man-Hung, J. Malcolm, M. Martins, L. Mestre, A. Nunes-Gutjahr, W. Overal, L. Parry, S. Peters, M. Ribeirojunior, C. Da Silva Motta & M. Da Silva. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(47): 18555 – 18560.
- BirdLife International. 2020. Swallow-tailed Cotinga *Phibalura flavirostris*. Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acesso em: 11/03/2020.
- Borsboom, A., J. Wang, N. Lees, M. Mathieson & L. Hogan. 2002. Measurement and integration of fauna biodiversity values in Queensland agroforestry system. Canberra: Joint Venture Agroforestry Program. Rural Industries Research and Development Corporation 2: 44.

- Bremer, L. & L. Farley. 2010. Does plantation forestry restore biodiversity or create Green deserts? A synthesis of effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and conservation* 19(14): 3893-3915.
- Brockhoff, E., H. Jactel, J. Parrotta, C. Quine & J. Sayer. 2008. Plantation forests and biodiversity: Oxymoron or opportunity?. *Biodiversity and conservation* 17: 925-951.
- Brockhoff, E., H. Jactel, J. Parrotta & S. Ferraz. 2013. Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. *Forest ecology and management* 301: 43-50.
- Carnus, J., J. Parrotta, E. Brockhoff, M. Arbez, H. Jactel, A. Kremer, D. Lamb, K. O'hara & B. Walters. 2006. Planted forests and biodiversity. *Journal of Forestry* 104(2): 65 – 77.
- Caziani, S. 1996. Interacción plantas-aves dispersoras de semillas en un bosque chaqueño semiárido. Tesis doctoral, Facultad de ciencias exactas y naturales, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 203 p.
- Ceccon, E. 2001. El paraíso casi perdido: historia breve de la deforestación en Brasil. *Revista Ciencias* 1: 22 - 29.
- Costas, F., M. Ribeiro, J. Bronstein, T. Guerra, R. Muylaert, A. Leite & F. Neves. 2016. Few ant species play a central role linking different plant resources in a network in rupestrian grasslands. *PlosOne* 11(2): e0167161. doi:10.1371/journal.pone.0167161.
- Cullen, L., R. Rudran & C. Valladares-Padua. 2004. Métodos de estudos em biologia da conservação y manejo da vida silvestre. 2º Edição UFPR. Curitiba-Brasil. 665 p.
- Fadini, R. & P. De Marco. 2004. Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. *Ararajuba* 12(2): 97 – 103.
- FAO. 2016. El estado de los bosques del mundo. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Roma. 119 p.
- Ferreira, R. & P. De Marco. 2004, Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. *Ararajuba* 12(2): 97 – 103.

- Frigieri, F., N. Iwanicki, F. Gandara, E. Ferraz, G. Romão, G. Coletti, V. Souza & M. Moreno. 2016. Guia de plântulas e sementes da mata atlântica do estado de São Paulo. Piracicaba. 99 p.
- Galindo, J., S. Guevara & V. Sosa. 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated tree in pastures in a tropical rain forest. *Conservation Biology* 14(6): 1693 – 1703.
- Governo do Estado de Minas Gerais, SEMAD, IEF, PROMATA. 2007. Plano de Manejo do Parque Estadual do Itacolomi: Encarte 1-Diagnostico do Parque. Belo Horizonte. Brasil. 90 p.
- Hernández-Ladrón de Guevara, I., O. Rojas-Soto, F. López-Barrera, F. Puebla-Olivares & C. Díaz-Castelazo. 2012. Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mesófilo en el centro de Veracruz, México: Su papel en la restauración pasiva. *Revista Chilena de Historia Natural* 85: 89 - 100.
- Hobbs, R., P. Catling, J. Wombey, M. Clayton, L. Atkins & A. Reid. 2003. Faunal use of bluegum (*Eucalyptus globulus*) plantations in southwestern, Australia. *Agroforestry Systems* 58: 195–212.
- Jordano, P.; Galetti, M.; Pizo, M. & Silva, W. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: Duarte C.; Bergallo, H.; Santos, M. & Sluys, M. *Biologia da conservação: Essencias*. São Paulo, Ríma. p. 411-436.
- Kanowski, J., C. Catterall & G. Wardelljohnson. 2005. Consequences of broadscale timber plantations for biodiversity in cleared rainforest landscapes of tropical and subtropical Australia. *Forest Ecology and Management* 208: 359 – 372.
- Kuhlmann, M. 2012. Frutos e sementes do cerrado atrativos para fauna: Guia de campo. Editora Rede de Sementes do Cerrado. Brasil. 360 p.
- León, E. 2010. Lluvia de semillas efectuada por aves y murciélagos hacia pastizales asociados a un fragmento de bosque seco tropical (Córdoba – Colombia). Tesis de licenciatura, Carrera de biología, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 45 p.
- Lopes, L., A. Fernandes & M. Marini. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. *Ararajuba* 13(1): 95 – 103.

- Machado, R. & I. Lamas. 1996. Avifauna associada a um reflorestamento de eucalipto no município de Antonia Dias, Minas Gerais. *Ararajuba* 4(1): 15 – 22.
- Manhaes, M., A. Loures-Ribeiro & M. Dias. 2010. Diet of understorey birds in two Atlantic Forest areas of southeast Brazil. *Journal of Natural History* 44(7): 469 – 489.
- Marsden, S., M. Whiffin & M. Galetti. 2001. Bird diversity and abundance in forest fragments and Eucalyptus plantations around an Atlantic forest reserve, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 10: 737-751.
- Mello, M., F. Rodrigues, L. Costa, W. Kissling, Ç. Sekercioglu, F. Marquitti & E. Kalko. 2015. Keystone species in seed dispersal networks are mainly determined by dietary specialization. *Oikos* 124: 1031 – 1039.
- Mello, M., R. Muylaert, R. Pinheiro & G. Felix. 2016. Guia para análises de redes ecológicas. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marco\\_Mello/publication/307940803\\_Guia\\_para\\_analise\\_de\\_redes\\_ecologicas/links/5ceb0c31458515712ec5f040/Guia-para-analise-de-redes-ecologicas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marco_Mello/publication/307940803_Guia_para_analise_de_redes_ecologicas/links/5ceb0c31458515712ec5f040/Guia-para-analise-de-redes-ecologicas.pdf). Acesso em: 15/02/2020.
- Messias, M., H. Sousa, V. Scalon, M. Roschel, E. Candido & M. Fujaco. 2017. Phanerogamic flora and vegetation of Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil. *Biota Neotropica* 17(1): e20160236.
- Pereira, H., M. Silvério, C. Schetini & R. Ribon. 2015. Riqueza e densidade de aves que nidificam em cavidades em plantios abandonados de eucalipto. *Papeis Avulsos de Zoologia* 55(5): 81 – 90.
- Pizo, M. & M. Galetti. 2010. Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves. 491-504. Em: Von Matter, S., F. Straube, I. Accordi, V. Piacentini & J. Candido. *Ornitologia e conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamentos*. Technical Books Editora. 516 p.
- Purificação, K., M. Pascotto, F. Pedroni, J. Pereira & N. Lima. 2014. Interactions between frugivorous birds and plants in savana and forest formations of the cerrado. *Biota Neotropica* 14(4). <https://doi.org/10.1590/1676-06032014006814>.

- Sarmento, R., C. Alves-Costa, A. Ayub & M. Mello. 2014. Partitioning of seed dispersal services between birds and bats in a fragment of the Brazilian atlantic forest. *Zoologia (Curitiba)* 31(3): 245 – 255.
- Scherer, A., F. Maraschin-Silva & M. Baptista. 2007. Padrões de interações mutualísticas entre espécies arbóreas e aves frugívoras em uma comunidade de restinga no parque estadual de Itapuã, RS, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 21(1): 203 – 212.
- Schleuning, M., L. Ingmann, R. Strauss, S. Fritz, B. Dalsgaard, D. Dehling & K. Böhning-Gaese. 2014. Ecological, historical and evolutionary determinants of modularity in weighted seed-dispersal networks. *Ecology letters*, 17(4): 454 – 463.
- Sigrist, T. 2014. Guia de campo avis brasilis: avifauna brasileira. *Avis Brasilis*. Sao Paulo. 607 p.
- Silva, J., & M. Tabarelli. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of Northeast Brazil. *Nature* 404: 72 – 74.
- Silva, W., P. de Marco, E. Hasui & V. Gomes. 2002. Patterns of fruit-frugivore interactions in two Atlantic Forest bird communities of south-eastern Brazil: Implications for conservation. 423-436. Em: Levey, D., W. Silva & M. Galetti. Seed dispersal and frugivory: Ecology, evolution and conservation. CABI publishing. 551 p.
- Snow, D. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica* 13: 1 - 14.
- Snow, D. 2004. Family Cotingidae (Cotingas). 32 – 109. Em: Del Hoyo, J., A. Elliot & D. Christie (eds.). *Handbook of the birds of the world: Cotingas to Pipit and Wagtails*. Vol 9. Lynx Edicions. 863 p.
- Stallings, J. 1991. The importance of understorey on wildlife in Brazilian eucalypt plantation. *Revista Brasileira de Zoologia* 7(3): 267 – 276.
- Tafuri, A. 2008. Valoração ambiental do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto, Minas Gerais. Tesis de Maestría en Saneamiento, Medio ambiente y recursos hídricos, Universidad Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Brasil. 159 p.

- Valduga, M., R. Zenni & J. Vitule. 2016. Ecological impacts of non-native tree species plantations are broad and heterogeneous: A review of brazilian research. *Anais da academia brasileira de ciências* 88(3): 1675 – 1688.
- Vidal, M., E. Hasui, M. Pizo, J. Tamashiro, W. Silva & P. Guimaraes. 2014. Frugivores at higher risk of extinction are the key elements of a mutualistic network. *Ecology* 95(12): 3440 – 3447.

## **CONCLUSÕES GERAIS**

O primeiro capítulo deste estudo mostrou que as pesquisas envolvendo as interações de frugivoria no país, apesar de aumentarem bastante nos últimos anos, ainda são insuficientes para contemplar a maior parte dos biomas brasileiros, ficando concentrada nas regiões com maior renda e investimento para pesquisa, e com maior número de pesquisadores (sudeste e sul) nos biomas da Mata Atlântica e Cerrado. Nesses dois biomas, as redes de interações variam grandemente em escala local, mas com algumas espécies-chaves de aves e plantas sendo encontradas em escala regional.

Os resultados do segundo capítulo mostraram que nem sempre as florestas exóticas são sinônimo de desestruturação das redes de dispersão de sementes, mas podem permitir a regeneração desta função ecológica, unicamente quando o grau de antropização for baixo ao igual que no PEIT. Estes resultados podem ser utilizados no direcionamento de futuros estudos e no manejo de áreas degradadas que necessitem de regeneração ambiental.