

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE BIOLÓGICA E
CONSERVAÇÃO

SUELEN BARBOSA MORAES RODRIGUES

**REDE DE INTERAÇÕES ENTRE AVES FRUGÍVORAS E PLANTAS EM UMA ÁREA
DE MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE DO BRASIL**

Sorocaba/SP

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE BIOLÓGICA E
CONSERVAÇÃO

SUELEN BARBOSA MORAES RODRIGUES

**REDE DE INTERAÇÕES ENTRE AVES FRUGÍVORAS E PLANTAS EM UMA ÁREA
DE MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Diversidade Biológica e Conservação da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientação: Prof. Dr. Augusto João Piratelli

Sorocaba/SP

2015

Rodrigues, Suelen Barbosa Moraes

Rede de interações entre aves frugívoras e plantas em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil / Suelen Barbosa Moraes Rodrigues. -- 2015.
74 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Augusto João Piratelli

Banca examinadora: Alexander Vicente Christianini, Luciano Bonatti

Regalado

Bibliografia

1. Rede mutualística. 2. Frugivoria. 3. Dispersão de sementes. I. Orientador. II. Sorocaba-Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Biblioteca campus Sorocaba (B-So).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

SUELEN BARBOSA MORAES RODRIGUES

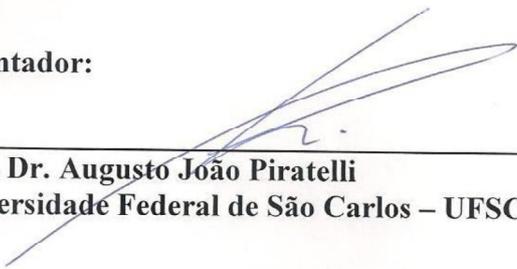
**REDE DE INTERAÇÕES ENTRE AVES FRUGÍVORAS E
PLANTAS EM UMA ÁREA DE MATA ATLÂNTICA NO
SUDESTE DO BRASIL**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação para obtenção do título de
mestre em Diversidade Biológica e Conservação.**

Universidade Federal de São Carlos.

Sorocaba, 03 de junho de 2015.

Orientador:



Prof. Dr. Augusto João Piratelli

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar *Campus* Sorocaba

Examinadores:



Prof. Dr. Alexander Vicente Christianini

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar



Dr. Luciano Bonatti Regalado

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

Dedico à minha família que desde o início me apoiou em minhas escolhas e em especial ao meu noivo Paulo Bruno pela compreensão e carinho nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Augusto João Piratelli por ter me aceitado como sua orientada um ano antes de eu ingressar no programa de pós, e também por todo o auxílio, compreensão e dedicação que me proporcionou nesses anos.

Agradeço ao Prof. Dr. Luciano Mendes Castanho que acreditou em mim e me auxiliou e orientou desde o primeiro ano de minha graduação, me encorajou a fazer o mestrado e me falou do Piratelli.

Ao Programa de Pós Graduação em Diversidade Biológica e Conservação e, principalmente, à secretária Luciana Missae Kawamura por sua dedicação e organização das questões burocráticas.

Ao COTEC por ter permitido que minha pesquisa fosse realizada nas dependências do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB). E ao auxílio financeiro fornecido pela bolsa CAPES.

A todo o pessoal do PECB, principalmente ao gestor José Luiz Camargo Maia pelo apoio e incentivo à pesquisa.

Ao projeto “Predadores de ninhos” pelo auxílio no fornecimento de verba e equipamentos de câmeras traps para a coleta de dados.

À minha companheira de campo Bruna Gagetti pelos momentos maravilhosos que passamos juntas na mata, pela sua ajuda na minha coleta de dados, na elaboração dos mapas, nos apoios morais em meio às dificuldades e todo o seu carinho e amizade nesses dois anos de mestrado, o que nos deixou muito próximas e com certeza nos tornando eternas amigas.

Aos meus amigos Daniele Janina Moreno, Lucas Andrei Campos Silva, Carlos Biagolini, Daniel Perrella, Márcio Camargo, Paulo Victor Queijo Zima e Lais Ribeiro da Silva, companheiros de laboratório, de alojamento e de campo que nos ajudaram em algumas coletas e nos salvaram de algumas situações inusitadas.

Aos micos-leão-pretos (*Leontopithecus chrysopygus*) que me fizeram companhia em algumas de minhas coletas e permitiram com que eu, a Bruna e o Piratelli pudéssemos publicar seu novo registro no parque.

À minha família por me apoiarem em todas as minhas escolhas, em especial aos meus pais Claudete e Mauro, ao meu tio Geraldo, e à Rogéria por me proporcionarem a educação que tenho hoje e por me ajudarem a nunca desistir dos meus objetivos e me apoiarem tanto emocionalmente como financeiramente.

Agradeço à minha irmã Natália, cunhado Caique e ao meu marido Paulo Bruno pela ajuda na triagem dos vídeos das câmeras traps e à minha irmã Camila pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos professores que aceitaram compor minhas bancas de qualificação e defesa e por todas as orientações e críticas que me ajudaram na construção dessa tese.

À Profa. Dra. Ingrid Koch e as meninas do laboratório por toda a sua dedicação e auxílio na identificação de diversas espécies de plantas.

À Profa. Dra. Vilma Palazetti de Almeida que desde a graduação me auxiliou no aprendizado de coleta e identificação das plantas.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Guimarães Junior que em sua disciplina “Estrutura e Dinâmica de Redes Ecológicas” me auxiliou na análise dos dados.

RESUMO

As interações entre frugívoros e plantas são componentes fundamentais na complexidade das comunidades florestais e sua modificação ou perda podem trazer profundas implicações para a conservação. O estudo das redes de interações tem se mostrado importante ferramenta no entendimento de como as comunidades respondem às perturbações antrópicas. O objetivo desse trabalho foi analisar a rede de interações entre plantas e aves consumidoras de frutos em área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. A pesquisa foi desenvolvida no Parque Estadual Carlos Botelho (PECB) e abordou três ambientes com diferentes tipos de vegetação (área aberta, e de estágio sucessional inicial e avançado). O registro das interações foi realizado por observações diretas pelos métodos de transecto, focal e auxílio de câmeras traps. Foram avaliadas a frequência de visitas, número de interações, o aninhamento e a conectância. A rede foi representada por 63 espécies de aves e 30 espécies de plantas e apresentou um padrão aninhado ($NODF = 33,63$, $p = 0$), com uma baixa conectância (13%). Foram observadas 255 interações em 1151 registros de frugivoria. As espécies que mais contribuíram para a organização da rede também foram as mais importantes para a manutenção da comunidade e as espécies exóticas presentes em um dos ambientes não interferiram nas interações entre as espécies nativas.

Palavras-chave: Ecologia trófica, rede mutualística, aninhamento, frugivoria, dispersão de sementes, câmera trap.

ABSTRACT

Interactions plants-frugivores are key components in the complexity of forest communities and their modifications or losses can have profound implications for conservation. The study of the interactions networks has proven an important tool in understanding how communities respond to human disturbance. The aim of this study was to analyze the interactions networks between plants and birds as fruit consumers in Atlantic Forest in southeastern Brazil. The research was conducted in Carlos Botelho State Park (PECB) and addressed three environments with different types of vegetation (open area, and initial successional stages and advanced). The interactions record was performed by direct observation using methods of transect, focal and assistance traps cameras. We evaluated the frequency of visits, number of interactions, nesting and connectance. The network is represented by 63 kinds of birds and 30 species of plants and showed a nested pattern ($NODF = 33.63$, $p = 0$) with a connectance low (13%). 255 interactions were observed in 1151 records frugivory. The species that contributed most to the organization's network were also the most important for community maintenance and alien species present in one of the rooms did not interfere in the interactions between native species.

Keywords: Trophic ecology, mutualistic network, nesting, frugivory, seed dispersal, camera trap.

SUMÁRIO

RESUMO	7
INTRODUÇÃO GERAL.....	9
ÁREA DE ESTUDO E DELINEAMENTO AMOSTRAL	11
Caracterização da área de estudo	11
Delineamento amostral	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO 1 – Aves consumidoras de frutos e seu potencial na dispersão de sementes em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil.	19
RESUMO	19
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	23
Análise dos dados	23
RESULTADOS	24
Frugívoros.....	24
Plantas zoocóricas.....	29
DISCUSSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
CAPÍTULO 2 – Rede de interações entre aves consumidoras de frutos e plantas em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil	39
RESUMO	39
ABSTRACT.....	39
INTRODUÇÃO.....	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	42
Análise dos dados	43
RESULTADOS	44
DISCUSSÃO	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
CONCLUSÕES GERAIS	51
APÊNDICES.....	52
ANEXO.....	67

INTRODUÇÃO GERAL

As interações bióticas regem a complexidade nos ecossistemas e entender como elas estão estruturadas é de fundamental importância para a conservação da biodiversidade (Tylianakis *et al.* 2010). Existem diversos tipos de interações as quais podem beneficiar todos os envolvidos, como nos mutualismos, ou apenas um dos grupos envolvidos, como na predação (Townsend *et al.* 2006). Nos mutualismos diversos organismos podem interagir (Jordano 1987). Na frugivoria, por exemplo, diversas espécies de frugívoros se alimentam de várias espécies de plantas e ao regurgitarem, defecarem, cuspirem ou derrubarem as sementes intactas longe da planta-mãe podem facilitar o estabelecimento das mesmas na comunidade (Jordano 2000). Mais de 80% das espécies de árvores e arbustos das florestas neotropicais dependem de vertebrados frugívoros para dispersarem suas sementes, representados principalmente pelas aves, com famílias altamente dependentes de frutos (e.g. Cotingidae, Cracidae) e outras menos dependentes (e.g. Emberezidae, Tyrannidae) (Howe & Smallwood 1982, Jordano 2000).

Essas interações mutualísticas são moldadas pela coevolução entre as espécies envolvidas, o que as tonam mais especialistas ou generalistas (Guimarães Jr. *et al.* 2011). Nesse sentido, diversos fatores determinam a eficácia na dispersão das sementes como características comportamentais, fisiológicas e morfológicas dos indivíduos (Jordano 2000, Schupp 1993). Frugívoros especialistas de grande porte são, frequentemente, mais efetivos na dispersão de sementes que generalistas de pequeno porte, pois, apresentam um sistema digestivo especializado em que a semente passa intacta por todo o processo de digestão, além de ingerirem sementes de diferentes tamanhos e as dispersarem para longas distâncias (Galetti *et al.* 2013, Jordano 2000, Jordano *et al.* 2007, Schupp 1993). No entanto, há uma complexidade que permeiam essas interações, e cada espécie contribui de diferente forma para a manutenção da comunidade. Nesse sentido, o estudo das redes de interações tem se mostrado importante ferramenta no entendimento de padrões e processos ecológicos que regem essa complexidade nas comunidades, e de como as perturbações antrópicas agem sobre elas (Carlo & Yang 2011, Jordano *et al.* 2003, Silva *et al.* 2007).

As redes são formadas pelas ligações entre as espécies envolvidas nas interações e podem ser representadas por um grafo bipartido composto por pontos e linhas, onde os pontos são as espécies e as linhas as interações entre elas (Carlo & Yang 2011, Jordano *et al.* 2003, Vidal *et al.* 2014). Na análise dessas redes alguns padrões podem ser observados como o aninhamento, em

que espécies com menor número de interações (especialistas) interagem com um subconjunto de espécies com maior número de interações (generalistas) (Bascompte *et al.* 2003). Esse padrão em redes mutualísticas diz respeito à estabilidade e funcionamento das comunidades, sugerindo que redes aninhadas são mais resistentes a um colapso na extinção de espécies (Carlo & Yang 2011, Fortuna & Bascompte 2006).

Geralmente as redes mutualísticas apresentam um padrão aninhado com muitas espécies especialistas, as quais possuem poucas interações e interagem principalmente com generalistas; e poucas generalistas, as quais possuem muitas interações e interagem tanto com as especialistas e generalistas (Bascompte & Jordano 2007, Tylianakis *et al.* 2010, Carlo & Yang 2011). As espécies generalistas, embora em menor quantidade, desempenham um importante papel na conectividade da rede, o que contribui na sua organização e estabilidade (Carlo & Yang 2011, Vidal *et al.* 2014).

Em ambientes fragmentados as interações mais especializadas são geralmente as primeiras a se extinguirem, no entanto, se a rede for aninhada, mesmo que espécies especialistas desapareçam, as generalistas continuam a desempenhar o seu papel (Bascompte *et al.* 2006, Tylianakis *et al.* 2010). Porém, espécies generalistas podem não desempenhar a dispersão com a mesma qualidade que uma especialista promoveria, o que comprometeria o sucesso reprodutivo de algumas espécies de plantas (Pizo 1997). Portanto, a perda de espécies, principalmente de interações entre elas podem causar mudanças sem precedentes nas trajetórias evolutivas e na composição das comunidades florestais e entender como as espécies estão estruturadas na comunidade pode facilitar propostas que visem à conservação da biodiversidade.

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros mais ricos em biodiversidade e o mais ameaçado do mundo, restando apenas cerca de 12% de sua cobertura original (Ribeiro *et al.* 2009). É apontada, ao lado de outras 33 regiões de diferentes partes do planeta, como um dos *hotspots* mundiais, isto é, uma das prioridades para a conservação da biodiversidade em todo o mundo (Myers *et al.* 2000). Estima-se que 20.000 espécies vegetais, cerca de 35% das espécies existentes no Brasil, estão na Mata Atlântica, incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (MMA 2013). O bioma contém 75,6% das espécies de aves ameaçadas e endêmicas do país, fazendo da Mata Atlântica o mais crítico para a conservação deste grupo no Brasil (Marini & Garcia 2005).

No entanto, a conservação desse *hotspot* constitui um grande desafio, visto que as estratégias e intervenções necessárias esbarram em dificuldades impostas pelo conhecimento fragmentado sobre o funcionamento de seus processos ecológicos (Pinto *et al.* 2006). Portanto, estudos que visem compreender a complexidade das comunidades na Mata Atlântica são de fundamental importância para a conservação da biodiversidade.

O presente estudo teve por objetivo analisar a rede de interações entre aves consumidoras de frutos e plantas em três diferentes ambientes de uma área de Mata Atlântica e identificar a importância das espécies envolvidas no que diz respeito ao potencial na dispersão de sementes, à influência das espécies exóticas, à estabilidade da comunidade e à conectividade entre os diferentes ambientes. Para a análise desses diferentes aspectos o trabalho foi dividido em dois capítulos, o primeiro titulado “Aves consumidoras de frutos e seu potencial na dispersão de sementes em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil” teve por objetivo avaliar quem são os potenciais dispersores na comunidade, predizendo que os frugívoros de grande porte são os principais potenciais dispersores nos diferentes ambientes, e que as espécies vegetais exóticas presentes em um desses ambientes podem ser dispersas pelas aves nativas. O segundo capítulo “Rede de interações entre aves consumidoras de frutos e plantas em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil” visou analisar a rede de interações entre as espécies, predizendo que as espécies generalistas colaboram na estabilidade da comunidade; e que as espécies vegetais exóticas presentes em um dos ambientes se comportam como generalistas e causam um maior aninhamento da rede dessa comunidade. Ambos os capítulos estão no formato do periódico *Journal of Tropical Ecology*.

ÁREA DE ESTUDO E DELINEAMENTO AMOSTRAL

Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado no Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), localizado ao sul do estado de São Paulo entre as coordenadas 24° 06' 55" e 24° 14' 41" S e 47° 47' 18" e 48° 07' 17" O (Fig. 1). O parque possui 37.644 ha e abrange os municípios de Sete Barras, São Miguel Arcanjo, Capão Bonito e Tapiraí. O relevo é montanhoso e escarpado, com altitudes entre 30 e 1.000 m. A temperatura média anual varia de 18 a 20°C e a pluviosidade anual de 1500 e 2200 mm (São Paulo 2008). A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa Atlântica Montana e Submontana. Existem também trechos menores recobertos por Floresta Ombrófila

Densa Alto Montana (áreas acima de 900-1000 m de altitude) e por Campos de Altitude, sobre solos rasos e pedregosos dos cumes mais altos (Lima *et al.* 2011). As formações florestais variam entre trechos bem conservados com dossel contínuo acima de 20 m, até formações secundárias com dossel menor e mais aberto. O PECB protege uma extensa e significativa porção de Mata Atlântica, sendo apontado, ao lado de outros parques e remanescentes florestais da região, como área de extrema importância biológica e prioritária para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica (MMA 2000). Devido à grande heterogeneidade de tipos vegetacionais, o parque abriga uma alta diversidade de espécies de diferentes grupos animais, como 65 espécies de anfíbios, 59 de répteis (Forlani *et al.* 2010), 331 de aves (Antunes *et al.* 2013) e 53 mamíferos não-voadores (Brocardo *et al.* 2012). Muitas dessas espécies são endêmicas da Mata Atlântica e/ou ameaçadas de extinção, como o Muriqui ou Mono-carvoeiro (*Brachyteles arachnoides*), um dos símbolos do parque, e a jacutinga (*Pipile jacutinga*) (IUCN 2014).

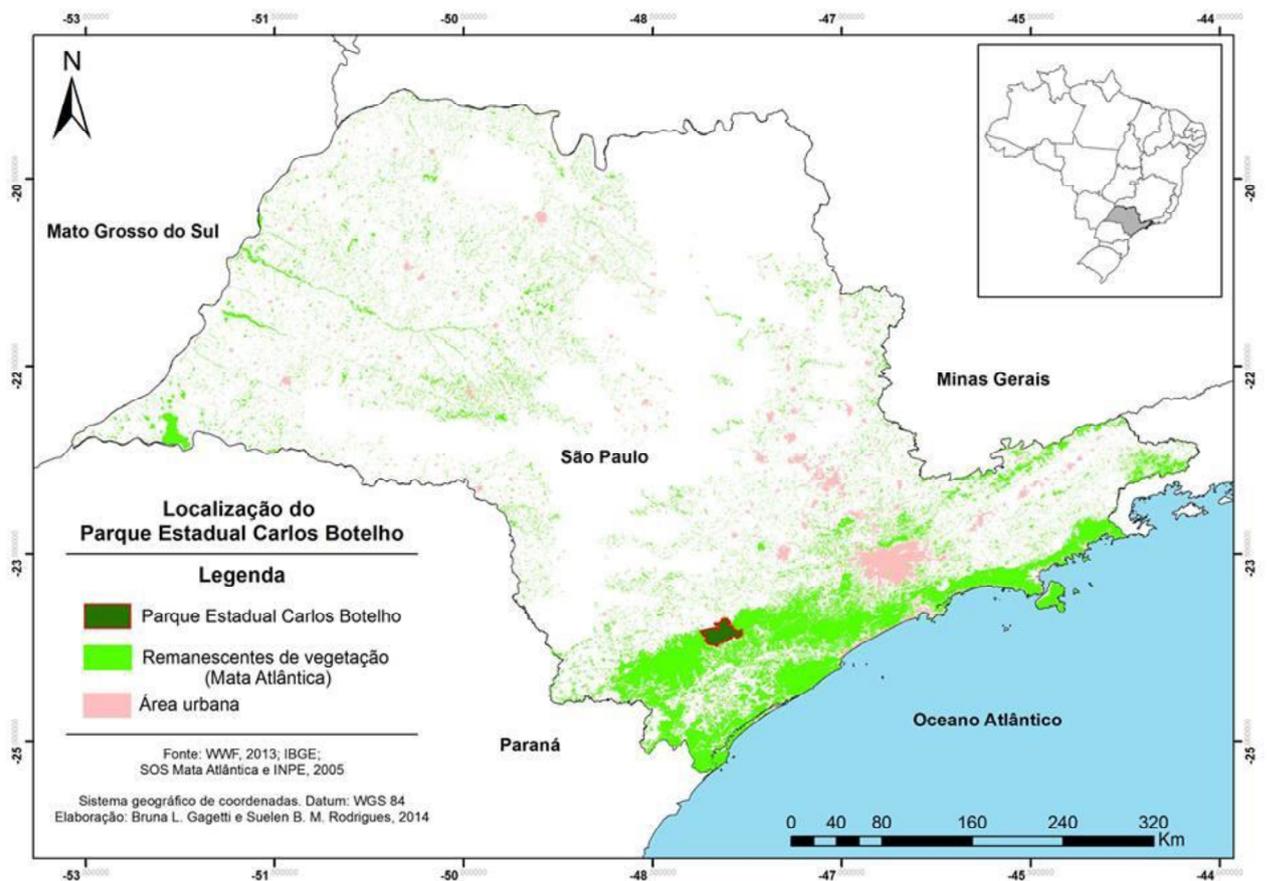


Figura 1 – Localização do Parque Estadual Carlos Botelho no estado de São Paulo, sudeste do Brasil.

Delineamento amostral

1. Seleção das unidades amostrais

A pesquisa foi realizada no núcleo São Miguel Arcanjo e abordou três áreas que envolvem diferentes tipos vegetacionais. A primeira área é de uso antrópico onde está localizada a administração do parque, localmente denominada de Sede (24°03'29.64"S, 47°59'30.34"W), composta por gramados, jardins e plantios de algumas espécies arbóreas como *Araucaria angustifolia* e *Euterpe edulis*. Também estão presentes espécies ornamentais e frutíferas exóticas como *Magnolia champaca* e *Eriobotrya japonica*, altitude em torno de 800m. A segunda área é uma Capoeira (24°03'21.37"S, 47°58'29.58"W), caracterizada por uma vegetação em estágio sucessional secundário inicial, com porte arbóreo alto e estrutura de dossel desuniforme, alta abundância de espécies pioneiras, sub-bosque denso com muitas trepadeiras e herbáceas, baixa abundância de epífitas e *Euterpe edulis*, forte alteração, altitude em torno de 800m com topografia de encosta (São Paulo 2008, Silva 2012). A terceira é representada pela Floresta Ombrófila Densa Montana (24°03'55.12"S, 47°59'13.00"W), caracterizada por uma vegetação em estágio sucessional avançado, sub-bosque com média abundância de trepadeiras, com porte arbóreo alto, predominância de lenhosas, cobertura densa e dossel uniforme, alta abundância de epífitas, média de *Euterpe edulis* e baixa de pioneiras, sem alterações significativas, situada entre as altitudes 700 e 900m e topografia variando de topo de morro, encosta e vale de riacho (São Paulo 2008, Silva 2012).

Quatro transectos de 120 m foram estabelecidos ao redor da Sede e a partir da trilha já existente nas demais áreas, o que totalizou percursos de 1 Km na Sede, 1,3 Km na área de estágio secundário inicial e 1,5 Km na área em estágio avançado. Ao final de cada transecto foi delimitado um ponto fixo, ou seja, cada área amostrada teve quatro pontos fixos que distavam 200m um do outro (Figura 2).

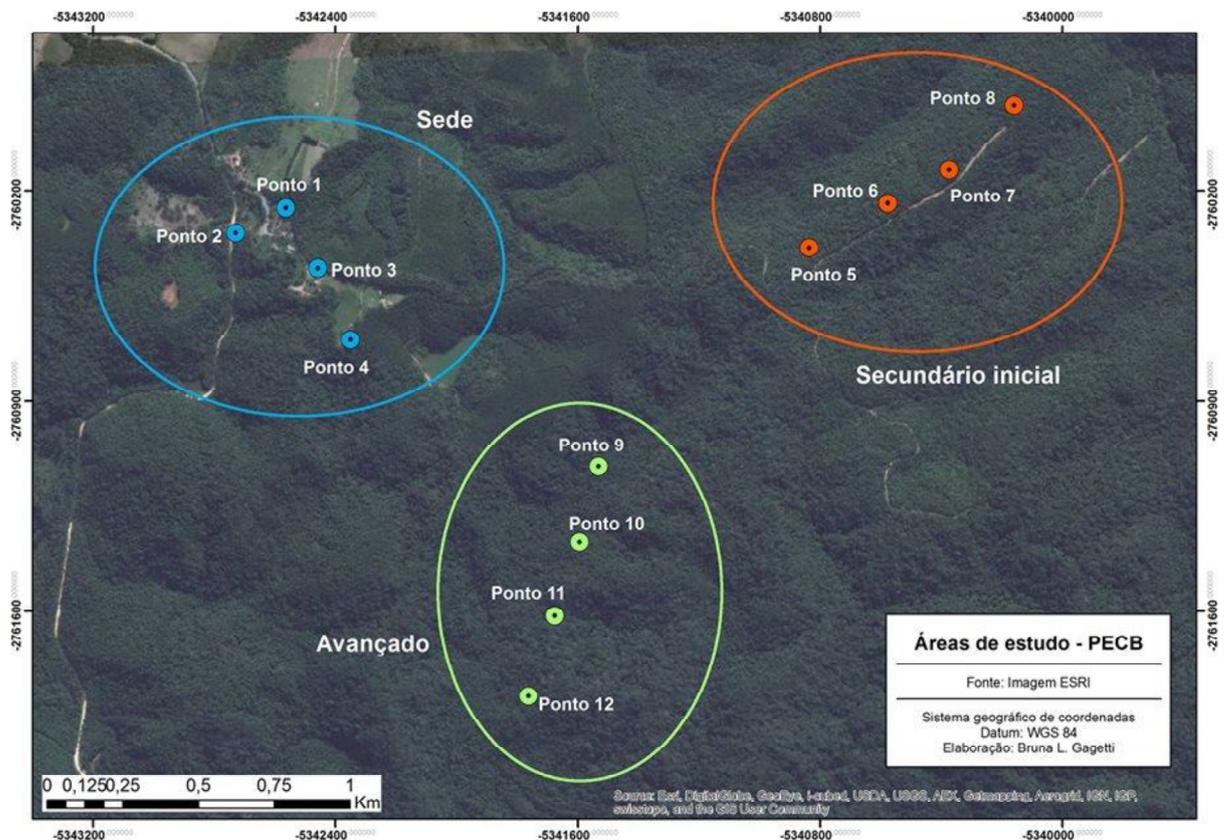


Figura 2 – Pontos de amostragem em cada área do Parque Estadual Carlos Botelho, SP. Em azul, pontos fixos da Sede (uso antrópico); em vermelho, pontos fixos da área em estágio inicial; em verde, pontos fixos da área em estágio avançado.

2. Coleta de dados

Foram efetuadas visitas quinzenais com duração de quatro dias de novembro/2013 a outubro/2014. Para estimar a abundância e a riqueza das espécies de aves foi utilizada a metodologia de pontos fixos e o Índice Pontual de Abundância – IPA (Develey 2009, Vielliard *et al.* 2010). Foram estabelecidos 12 pontos, quatro por área, cada ponto foi amostrado duas vezes por mês no início da manhã e término da tarde, anotando-se todos os registros auditivos e visuais durante um período de 15 minutos. Os pontos distavam pelo menos 200 metros um do outro e 120 metros da trilha mais próxima quando era o caso (Fig.2).

Para detectar as plantas com frutos carnosos em frutificação, foram percorridos transectos de 1 Km ao redor da Sede, 1,3 Km na área em estágio inicial e 1,5 Km na área em estágio avançado. Todas as plantas encontradas em frutificação foram marcadas e observadas pelo método focal, que consistia em permanecer em frente à planta por um período de no mínimo

30min e máximo de seis horas observando as interações quando os frutos encontravam-se maduros. Após observadas interações nessas plantas, as mesmas foram coletadas e fotografadas para identificação. A partir do material coletado foram confeccionadas exsicatas, as quais foram depositadas no herbário da PUC-SP (Pontifícia Universidade Católica de São Paulo), da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba) e também enviadas a Fundação Florestal.

Embora a maioria das interações tenha sido registrada pelo método focal, também foram registradas interações ao percorrer os transectos. As observações ocorreram durante todo o período do dia nas diferentes áreas. Foi considerada uma interação quando a ave se alimentou engolindo o fruto por inteiro ou parte dele. Para cada interação observada foi anotada a espécie de planta e de ave envolvidas, o número de indivíduos se alimentando, a hora e local da observação, o tempo de permanência da ave na planta e o comportamento alimentar e de forrageio dos indivíduos. As anotações foram efetuadas em planilha de campo conforme apêndice 1 (adaptado de Pizo & Galetti 2010).

Em adição aos métodos de transecto e observação focal, câmeras traps modelo Bushnell HD 119537 foram instaladas em frente às plantas com frutos maduros ou prestes a amadurecerem e permaneceram instaladas durante todo o período de frutificação da planta, sendo revisadas por um período não superior a três semanas. A quantidade de câmeras instaladas no período da coleta variou de duas a 15 câmeras. As câmeras traps permaneceram em modo vídeo com duração de 30s e intervalo de 3s entre as filmagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, A.Z., SILVA, B.G., MATSUKUMA, C.K., ESTON, M.R. & SANTOS, A.M.R. 2013. Aves do Parque Estadual Carlos Botelho – SP. *Biota Neotrop.* 13: 124-140.
- BASCOMPTE, J., JORDANO, P., MELIÁN, C.J. AND OLESEN, J.M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *PNAS*, 100:9383-9387.
- BASCOMPTE, J., JORDANO, P., OLESEN, J.M. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312: 431-433.
- BASCOMPTE, J. & JORDANO P. 2007. Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 38:567–93.

- BROCARD, C.R., RODARTE, R., BUENO, R.S., CULOT L. AND GALETTI M. 2012. Mamíferos não voadores do Parque Estadual Carlos Botelho, Continuum florestal do Paranapiacaba. *Biota Neotrop.* 12: 1-11.
- CARLO, T.A. & YANG, S. 2011. Network models of frugivory and seed dispersal: Challenges and opportunities. *Acta Oecologica* 37: 619-624
- DEVELEY, P.F. 2009. Métodos para estudos com aves. Em: Cullen Jr., L., Rudran, R., Valladares-Padua, C. *Métodos de estudo em biologia da conservação & manejo da vida silvestre.* Ed. UFPR. 153-168.
- FORLANI, M.C., BERNARDO, P.H., HADDAD, C.F.B. AND ZAHER, H. 2010. Herpetofauna do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 10: 265-309.
- FORTUNA, M.A. & BASCOMPTE, J. 2006. Habitat loss and the structure of plant–animal mutualistic networks. *Ecology Letters*, 9: 281–286
- GALETTI, M., GUEVARA, R., CÔRTEZ, M.C., FADINI, R., MATTER, S.V., LEITE, A.B., LABECCA, F., RIBEIRO, T., CARVALHO, C.S., COLLEVATTI, R.G., PIRES, M.M., GUIMARÃES Jr., P.R., BRANCALION, P.H., RIBEIRO, M.C., JORDANO, P. 2013. Functional Extinction of Birds Drives Rapid Evolutionary Changes in Seed Size. *SCIENCE* 340: 1086-1090
- GUIMARÃES Jr., P.R., JORDANO, P. & THOMPSON, J.N. 2011. Evolution and coevolution in mutualistic networks. *Ecology Letters* 14: 877–885
- HOWE, H.F. & SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Ann Rev. Ecol. Syst.* 13: 201-28
- IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1. <www.iucnredlist.org>. Acesso em 20 Jun. 2015.
- JORDANO, P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *American Naturalist* 129(5): 657-677.
- JORDANO, P. 2000. Fruits and frugivory. In: Fenner, M. (ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* 2nd edition. CABI Publ., Wallingford, UK. Pages 125-166.
- JORDANO, P., BASCOMPTE, J. & OLESEN, J.M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters*, 6:69-81

- JORDANO, P., GARCIA, C., GODOY, J. A. & GARCIA-CASTANO, J. L. 2007. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:3278-3282.
- LIMA, R.A.F., DITTRICH, V.A.O., SOUZA, V.C., SALINO, A., BREIER, T.B., AGUIAR, O.T. 2011. Flora vascular do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica* 11(4).
- MARINI, M.A. & GARCIA, F.I. 2005. Conservação de aves no Brasil. *Megadiversidade* 1(1): 95-102.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2000. Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos / por: Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, SEMAD/Instituto Estadual de Florestas-MG. Brasília: MMA/SBF. 40p.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2013. Mata Atlântica. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>> Acesso em 01 de novembro de 2013.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature* 403: 853-858.
- PINTO, L.P., BEDÊ, L., PAESE A., FONSECA, M., PAGLIA, A., LAMAS, I. 2006. Mata Atlântica Brasileira: Os Desafios para Conservação da Biodiversidade de um *Hotspot* Mundial. Em: Rocha, C.F.D. et al. *Biologia da Conservação: Essências*. São Paulo: Rima. p.582.
- PIZO, M.A. 1997. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 13:559-578.
- PIZO, M.A. & GALETTI, M. 2010. Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves. Em: Matter, O.S.V., Straube, F.C., Accordi, I., Piacentini, V., Cândido-Jr, J.F. *Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*. Ed. Technical Books.
- RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F.J., HIROTA, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141-1153.

- SÃO PAULO (Estado). 2008. Plano de Manejo do Parque Estadual Carlos Botelho.
- SILVA, B.G. 2012. Comunidades de aves frugívoras e nectarívoras e disponibilidade de recursos em dois estádios sucessionais de regeneração de Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba. <http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo = 5617> Downloaded on 01 April 2014.
- SILVA, W., GUIMARÃES, P.R., GUIMARÃES, P., REIS, S.F. 2007. Investigating fragility in plant-frugivore networks: a case study for Atlantic Forest . In: Dennis, A., Green, R., Schupp, E.W., Wescott, D. *Frugivory and seed dispersal: theory and applications in a changing world*. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureau International.
- SCHUPP, E.W. 1993. Quantity, quality, and the effectiveness of seed dispersal by animals. In: Flerning, T.H. and Estrada, A. (eds) *Frugivory and Seed Dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp. 15-29.
- TOWNSEND, C.R., BEGON, M. & HARPER, J.P. 2006. Fundamentos em Ecologia. Editora ARTMED, Porto Alegre 2ª . edição.
- TYLIANAKIS, J.M., LALIBERTÉ, E., NIELSEN, A., BASCOMPTE, J. 2010. Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation* 143: 2270–2279.
- VIDAL, M. M., HASUI, E., PIZO, M. A., TAMASHIRO, J. Y., SILVA, W. R. & GUIMARÃES JR, P. R. 2014. Frugivores at higher risk of extinction are the key elements of a mutualistic network. *Ecology* 95(12), 2014, pp. 3440–3447
- VIELLIARD, J.M.E., ALMEIDA, M.E.C., ANJOS, L., SILVA, W.R. 2010. Levantamento quantitativo por pontos de escuta e o Índice Pontual de Abundância (IPA). Em: Matter, O.S.V., Straube, F.C., Accordi, I., Piacentini, V., Cândido-Jr, J.F. *Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*. Ed. Technical Books.

CAPÍTULO 1 – Aves consumidoras de frutos e seu potencial na dispersão de sementes em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil.

RESUMO

As interações entre frugívoros e plantas são componentes fundamentais na complexidade das comunidades. Em geral, essas interações são caracterizadas por benefícios mútuos em que o frugívoro se beneficia do alimento fornecido pela planta, ao passo que a planta é favorecida pela dispersão da semente promovida pelo animal. No entanto, a eficácia de um dispersor depende de diversos fatores, tais como características comportamentais, fisiológicas, morfológicas e intensidade da frugivoria. O presente estudo teve por objetivo analisar quem são os principais potenciais dispersores em três ambientes (área aberta, estágios sucessionais iniciais e tardios) do Parque Estadual Carlos Botelho (São Paulo). Os registros das interações foram realizados por observação direta por transectos, focal e armadilhas fotográficas. Foram observados 1151 registros de frugivoria entre 63 espécies de aves e 30 espécies de plantas. *Tangara cyanocephala*, *Tangara seledon* e *Ramphastos dicolorus* foram os mais frequentes dispersores nos diferentes ambientes e de uma grande diversidade de espécies vegetais. Portanto, não foram apenas os frugívoros de grande porte os principais dispersores nos diferentes ambientes, mas também aves de pequeno a médio porte, as quais dispersaram principalmente frutos pequenos de espécies pioneiras.

Palavras-chave: dispersão de sementes; frugivoria; aves; comportamento alimentar; mata atlântica.

ABSTRACT

Interactions between plants and frugivores are key components in complex communities. In general, these interactions are characterized by mutual benefits where the frugivorous gets benefits from the fruit provided by the plant while the plant is favored by the seed dispersion promoted by the animal. However, the effectiveness of a dispersant depends on several factors, such as behavioral characteristics, physiological, morphological and intensity of frugivory. This study aimed to analyze who are the main potential dispersers in three environments of the Carlos Botelho State Park (São Paulo). The records of interactions were carried out by direct observation

by transects, focal and camera traps. 1151 records frugivory between 63 species of birds and 30 species of plants were observed. *Tangara cyanocephala*, *Tangara seledon* e *Ramphastos dicolorus* were the most common dispersing in different environments and for a wide range of plant species. So not only were the large fruit-eating the main dispersers in different environments, but also small to medium-sized birds, which mainly scattered small fruits of pioneer species.

Keywords: seed dispersal; frugivory; birds; feeding behavior; rain forest.

INTRODUÇÃO

As interações entre frugívoros e plantas são componentes fundamentais na complexidade das comunidades e sua modificação ou perda podem trazer profundas implicações para a conservação da biodiversidade, principalmente nas florestas neotropicais, onde mais de 80% das espécies de árvores e arbustos dependem de vertebrados frugívoros para dispersarem suas sementes, representados principalmente pelas aves, com famílias altamente dependentes de frutos (e.g. Cotingidae, Cracidae) e outras menos dependentes (e.g. Emberezidae, Tyrannidae) (Howe & Smallwood 1982, Jordano 2000, Silva *et al.* 2002). Frequentemente essas interações são caracterizadas por benefícios mútuos em que o frugívoro se beneficia do alimento fornecido pela planta, ao passo que a planta é favorecida pela dispersão da semente promovida pelo animal (Jordano 2000). Esses dispersores podem regurgitar, defecar ou mesmo derrubar as sementes para longe da planta-mãe o que aumenta a chance de germinação das mesmas, pois diminuem a competição e, principalmente, a predação e a vulnerabilidade à patógenos como fungos, além de colaborar na colonização das espécies (Christianini & Oliveira 2009, Dalling *et al.* 1998, Howe & Smallwood 1982; Jordano 2000; Moles & Westoby 2004). No entanto, a eficácia de um dispersor depende de diversos fatores, tais como características comportamentais, fisiológicas, morfológicas e intensidade da frugivoria (Jordano 2000, Schupp 1993).

Primeiramente, o tratamento dado à semente ao se alimentar do fruto dependerá do comportamento da ave (Jordano & Schupp 2000). Algumas aves, como psitacídeos, podem desempenhar comportamento predatório das sementes, danificando-as e inviabilizando a germinação (Galetti & Rodrigues 1992). Outras podem ingerir as sementes intactas, porém, podem ser danificadas no interior do trato digestivo (Schupp 1993). Geralmente frugívoros especialistas apresentam um sistema digestivo diferenciado, permitindo que sementes passem

intactas por todos os processos da digestão e sejam eliminadas mais rapidamente (Jordano 2000). Portanto, frugívoros que permanecem um longo período se alimentando na mesma planta, diminuem as chances de dispersão e germinação, pois podem eliminar as sementes sob o genitor (Jordano & Schupp 2000).

A intensidade da frugivoria é dada pela frequência de visitas e, principalmente, quantidade de frutos ingeridos por visita (Schupp 1993). Assim, a massa corpórea é a principal determinante, pois, aves maiores apresentam uma capacidade de ingestão de grande quantidade de frutos em um curto espaço de tempo (Jordano 2000, Jordano & Schupp 2000). Dessa maneira, mesmo que frugívoros de grande porte apresentem visitas esporádicas, essa maior remoção de frutos por visita causa um efeito mais evidente do que espécies de aves menores que frequentam mais as plantas, porém, ingerem pequena quantidade de frutos (Schupp 1993). Outro fator importante é o tamanho dos frutos, pois, aves menores não conseguem engolir frutos grandes e normalmente ingerem apenas pedaços da polpa sem a remoção do fruto por inteiro ou mesmo deixando o mesmo cair sobre o solo (Jordano 2000, Pizo 1997). Nesse sentido, os frugívoros de grande porte também possuem uma melhor capacidade de dispersão de uma diversidade de espécies de plantas, pois conseguem ingerir diferentes tamanhos de frutos (Galetti *et al.* 2013). Além do mais, a distância percorrida por esses frugívoros maiores também possibilita uma melhor colonização e fluxo gênico das espécies vegetais, pois dispersam as sementes por longas distâncias e para diferentes ambientes (Jordano *et al.* 2007).

Assim, frugívoros de grande porte proporcionam uma melhor dispersão das sementes, devido ao fato de conseguirem engolir uma grande quantidade de frutos de diversos tamanhos e também se deslocarem por longas distâncias (Galetti *et al.* 2013, Jordano *et al.* 2007). No entanto, esses frugívoros são os primeiros a se extinguirem em ambientes fragmentados e sua perda pode causar diversas mudanças na estrutura e dinâmica das comunidades florestais (Galetti *et al.* 2013, Woodward *et al.* 2005). Pois, a extinção dessas espécies diminuirá a dispersão de sementes de muitas espécies vegetais o que irá prejudicar o estabelecimento das mesmas e isso também afetará negativamente outros dispersores que dependem desses frutos (Jordano 2000, Jordano *et al.* 2007).

A presença de espécies vegetais exóticas também pode impactar as interações mutualísticas, pois, algumas exóticas, dependendo da morfologia e composição de seus frutos, podem atrair mais frugívoros do que espécies nativas, o que pode diminuir as interações com as

nativas (Gosper & Vivian-Smith 2010, Mokotjomela *et al.* 2013). A dispersão de sementes promovidas por esses frugívoros nativos pode intensificar a invasão de espécies exóticas invasoras e causar impacto à comunidade local (Mokotjomela *et al.* 2013). Porém, algumas exóticas podem não serem dispersas por esses frugívoros sendo apenas uma fonte extra de recurso, principalmente em períodos sazonais em que as fontes de alimento nativo são escassas (Gleditsch & Carlo 2011, Gosper & Vivian-Smith 2010). Portanto, nem sempre as espécies exóticas causam danos à comunidade local e sim podem ainda reforçar interações em ambientes altamente degradados ou fragmentados, onde a oferta de recursos geralmente é reduzida, pois podem atrair mais dispersores para essas áreas (Brothers & Spingarn, 1992).

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros mais ricos em biodiversidade e o mais ameaçado do mundo, restando apenas cerca de 12% de sua cobertura original (Ribeiro *et al.* 2009). É apontada como um dos *hotspots* mundiais, isto é, uma das prioridades para a conservação de biodiversidade em todo o mundo (Myers *et al.* 2000). Estima-se que 20.000 espécies vegetais, cerca de 35% das espécies existentes no Brasil, estão na Mata Atlântica, incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (MMA 2013). O bioma contém 75,6% das espécies de aves ameaçadas e endêmicas do país, fazendo da Mata Atlântica o mais crítico para a conservação deste grupo no Brasil (Marini & Garcia 2005). Portanto estudos que visem identificar os potenciais dispersores nas comunidades desse bioma são de fundamental importância para a conservação da biodiversidade.

No entanto, estudos com frugivoria e dispersão de sementes desenvolvidos nesse bioma esbarram em diversas dificuldades, uma delas é a dificuldade na observação das interações e, conseqüente, na análise do comportamento dos frugívoros ao se alimentar dos frutos. Atualmente o uso de câmeras traps, técnica frequentemente utilizada em estudos com mamíferos, vem sendo muito útil nos estudos com frugivoria e dispersão de sementes, pois permitem visualizar uma quantidade maior de registros, principalmente por espécies de grande porte que dificilmente se aproximam ou deixam ser observados pelo pesquisador (Campos *et al.* 2012).

O presente estudo, portanto, visando maximizar os dados fez-se uso dessa ferramenta e avaliou quais são os potenciais dispersores dentre as aves em três ambientes diferentes em uma área de mata atlântica, predizendo que as aves frugívoras de grande porte são as principais potenciais dispersoras nos diferentes ambientes; e que as espécies vegetais exóticas presentes em

um desses ambientes são possivelmente dispersas pela maioria desses frugívoros e que estas atraem mais frugívoros que as espécies nativas.

MATERIAL E MÉTODOS

A localização e a caracterização da área de estudo, bem como o delineamento amostral, a seleção, a caracterização das unidades amostrais e o método aplicado para a coleta de dados estão descritos no item “Área de estudo e delineamento amostral”, na introdução geral, página 11.

Análise dos dados

Para identificar os possíveis dispersores de sementes, foram consideradas as espécies de aves que apresentaram no mínimo 10 visitas nas plantas e analisado o comportamento de manipulação dos frutos que cada espécie de ave apresentou ao se alimentar nas diferentes espécies de plantas. A classificação do comportamento de manipulação dos frutos foi adaptada de Remsen & Robinson (1990) e teve as seguintes categorias: Engolir – engolir após a captura sem nenhuma manipulação exceto segurar o fruto brevemente com o bico; Esmagar – espremer ou mover entre as mandíbulas antes de engolir, algumas vezes o suco e a polpa são espremidos do alimento e as porções sólidas são descartadas; Despedaçar/IS – despedaçar o fruto em pequenos pedaços e ingerir as sementes, geralmente quando o fruto é seguro por um ou dois pés; Despedaçar/DS – despedaçar o fruto em pequenos pedaços e derrubar a semente, quando o fruto é retirado da planta mas somente a polpa é ingerida; Picar – bicar e remover um pedaço do fruto, sem que o mesmo seja retirado da planta, geralmente quando o fruto é muito grande para engolir; Remover – remover o fruto e levá-lo no bico para longe da planta mãe; Derrubar – remover o fruto e derrubá-lo sob à planta mãe; NO - não observado. Assim, quando o comportamento de manipulação do fruto aparentemente não danificou a semente e esta foi ingerida por inteira, a ave foi considerada uma potencial dispersora. O mesmo ocorreu para identificar se a espécie de planta era dispersa pelas aves, se a semente dessa planta foi ingerida sem nenhum dano perceptível ou se o fruto foi levado para longe da planta mãe, a mesma foi considerada possivelmente dispersa.

Para analisar se a frequência das interações esteve relacionada com a abundância das espécies de aves e a disponibilidade de plantas com frutos maduros nas diferentes áreas, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson.

Assim, para relacionar a frequência das interações com a abundância das aves, utilizou-se o IPA das espécies que consumiram frutos e a frequência dessas espécies de aves nas interações observadas nas diferentes áreas. A frequência de cada espécie de ave nas interações foi calculada pelo número de vezes que a espécie frequentou a planta, independente do número de indivíduos em cada visita. Quando o IPA de uma espécie observada se alimentando de frutos foi zero por não ter sido registrada nos pontos fixos, a correlação foi descartada.

Na disponibilidade de plantas com frutos maduros, foi utilizada a quantidade de indivíduos com frutos maduros observados e o número de interações que cada espécie apresentou nas diferentes áreas.

As análises estatísticas foram realizadas no software R versão 3.1.2 (R Development Core Team 2014). O nível de significância adotado foi de 0,05 (Anexo).

RESULTADOS

Foram realizadas 34.120,65 horas de observações (135 de transectos, 510,65 de focais e 33.475 de câmeras traps). No método de focal, 152,05 horas foram de observações simultâneas em 3,73 +/- 1,49 (média +/- desvio padrão) indivíduos de plantas, ou seja, quando foi possível, mais de um indivíduo de planta foi observado ao mesmo tempo. Foram registrados 1.151 eventos de frugivoria, 79 observados por meio dos transectos, 781 por observações focais, e 291 por câmeras traps (Apêndice 5). Esses eventos representaram 255 interações entre as espécies de aves e plantas (Apêndice 4).

Frugívoros

Foram observadas 186 espécies de aves (2.681 contatos em 74,75 horas de pontos fixos), das quais 82 são consideradas consumidoras de frutos (frugívoras e onívoras) (Apêndice 3). No entanto, foram registradas consumindo frutos, uma nectarívora, 10 insetívoras, 13 frugívoras e 39 onívoras, totalizando 63 espécies (Tabela 1).

A abundância e a frequência de interações variaram nos diferentes ambientes e a Sede foi a área que apresentou a maioria das interações, principalmente com espécies onívoras e frugívoras (33 e 11, respectivamente) (Tabela 1). A abundância das aves não teve relação significativa com a frequência de interações ($r = 0,07$ $n=43$ na Sede; $r = -0,17$ $n = 20$, estágio inicial e $r = 0,27$ $n = 12$, no avançado, $p > 0,05$).

Tabela 1 – Abundância e frequência de interações das espécies de aves que consumiram frutos nos diferentes ambientes do Parque Estadual Carlos Botelho, São Miguel Arcanjo – SP, Brasil.

Espécies	Guilda	Sede		Estágio inicial		Estágio avançado	
		IPA	FI	IPA	FI	IPA	FI
<i>Attila phoenicurus</i>	I	0,09	2	0,08		0,3	
<i>Baryphthengus ruficapillus</i>	O						2
<i>Brotogeris tirica</i>	F	0,03	24	0,02		0,01	
<i>Cacicus chrysopterus</i>	O	0,18	15			0,02	
<i>Camptostoma obsoletum</i>	O	0,07	9	0,01	16		
<i>Carpornis cucullata</i>	F	0,02		0,19		0,71	1
<i>Celeus flavescens</i>	O	0,07	11	0,04		0,03	
<i>Chiroxiphia caudata</i>	O	0,08	3	0,84	2	0,64	18
<i>Coereba flaveola</i>	N	0,29	16			0,01	
<i>Conirostrum speciosum</i>	I		1				
<i>Dacnis cayana</i>	O	0,04	90		8		
<i>Elaenia flavogaster</i>	O	0,04	4				
<i>Elaenia sp.</i>	O		2		4		
<i>Empidonomus varius</i>	O		3		1		
<i>Euphonia chalybea</i>	O		3				
<i>Euphonia chlorotica</i>	F	0,04	2				
<i>Euphonia violacea</i>	F	0,01	11				
<i>Forpus xanthopterygius</i>	F	0,01	3				
<i>Habia rubica</i>	O					0,08	13
<i>Hemithraupis ruficapilla</i>	I	0,03	7	0,01	3		1
<i>Hylophilus poicilotis</i>	I	0,03		0,03	1	0,14	
<i>Lanio melanops</i>	O	0,07	2	0,02	3	0,01	10
<i>Lathrotriccus euleri</i>	I	0,01		0,01	2	0,05	
<i>Melanerpes flavifrons</i>	O	0,10	18		1		
<i>Mionectes rufiventris</i>	O	0,02	21	0,02	12	0,04	
<i>Myiodynastes maculatus</i>	O	0,17	8	0,02	6	0,01	
<i>Myiozetetes similis</i>	O	0,06	19				
<i>Orthogonys chloricterus</i>	I		2				
<i>Oxyruncus cristatus</i>	O				5		
<i>Patagioenas plumbea</i>	F				4	0,05	
<i>Penelope obscura</i>	F	0,01	20	0,01			1
<i>Phylloscartes sylviolus</i>	I		1				
<i>Pionopsitta pileata</i>	F		1			0,02	
<i>Pionus maximiliani</i>	F	0,01	1	0,02	1	0,01	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	O	0,57	8				
<i>Pyroderus scutatus</i>	O	0,01	1	0,21	1	0,11	
<i>Pyrrhura frontalis</i>	F	0,16	48	0,01	1	0,01	

Espécies	Guilda	Sede		Estágio inicial		Estágio avançado	
		IPA	FI	IPA	FI	IPA	FI
<i>Ramphastos dicolorus</i>	O	0,17	25	0,16	5	0,11	2
<i>Schiffornis virescens</i>	I	0,10		0,95	5	0,49	6
<i>Setophaga pitiaiyumi</i>	O	0,22	1	0,13	1	0,01	
<i>Tachyphonus coronatus</i>	O	0,14	34	0,04	18		3
<i>Tangara cayana</i>	F	0,02	28				
<i>Tangara cyanocephala</i>	O	0,06	26	0,06	10	0,02	13
<i>Tangara cyanoptera</i>	O	0,05	27		1	0,01	
<i>Tangara desmaresti</i>	O	0,01	18		7	0,01	1
<i>Tangara ornata</i>	O	0,14	56		1		2
<i>Tangara palmarum</i>	O	0,10	32				
<i>Tangara sayaca</i>	O	0,28	78	0,01	2		5
<i>Tangara seledon</i>	O	0,24	34	0,11	13	0,04	3
<i>Tersina viridis</i>	O		4				
<i>Tityra cayana</i>	F	0,01	1				
<i>Tityra inquisitor</i>	O				1		
<i>Troglodytes musculus</i>	I	0,25	1				
<i>Trogon rufus</i>	O			0,05		0,02	1
<i>Trogon surrucura</i>	O	0,02	2	0,01		0,02	
<i>Turdus albicollis</i>	O	0,08		0,39	3	0,46	49
<i>Turdus amaurochalinus</i>	O		4				
<i>Turdus flavipes</i>	F	0,15	3	0,01		0,34	2
<i>Turdus leucomelas</i>	O	0,18	51				
<i>Turdus rufiventris</i>	O	0,29	71		4		
<i>Tyrannus melancholicus</i>	I	0,12	4				
<i>Vireo chivi</i>	O	0,10	3	0,10	13	0,15	
<i>Zonotrichia capensis</i>	O	1,11	10				
Total			869		155		133

F – frugívoro; O – onívoro; I – insetívoro; N – nectarívoro; IPA – índice pontual de abundância; FI – frequência de interações.

Dacnis cayana apresentou a maior frequência de interações, 90 na Sede e oito na área em estágio inicial (Tabela 1) e a maioria de suas visitas foram em *Eriobothrya japonica* e *Magnolia champaca* (36 e 34 visitas, respectivamente), espécies exóticas presentes na Sede e que também foram bastante frequentadas por outras aves (Tabela 3 e apêndices 4 e 5). *D. cayana* foi uma possível dispersora da *M. champaca*, pois ingeriu suas sementes sem nenhum dano perceptível, no entanto, não foi dispersora de *E. japonica*, pois apenas bicou a polpa de seus frutos, comportamento esses mais frequentes apresentados por essa espécie de ave (Tabela 2).

Mionectes rufiventris e *Myiodynastes maculatus* engoliram o fruto por inteiro em todas as visitas observadas, porém, interagiram apenas com quatro espécies vegetais, todas de frutos pequenos (Apêndice 4).

O comportamento de esmagar o fruto foi frequentemente realizado pelas aves de pequeno a médio porte que se alimentaram de *Ficus enormis* e pelo fato dessa espécie apresentar várias sementes pequenas em meio a polpa, essas aves podem ter ingerido as sementes intactas, sendo, portanto, potenciais dispersoras dessa espécie de planta.

Penelope obscura, embora tenha sido observada interagindo com apenas três espécies de plantas, foi a única espécie que ingeriu os frutos por inteiro de *Eriobothrya japonica*, ou seja, foi a única espécie que mostrou-se capaz de ingerir frutos grandes por inteiro sendo uma potencial dispersoras dos maiores frutos na comunidade.

As espécies que apresentaram o comportamento “picar”, que consiste em bicar os frutos sem retirá-los da planta e ingerir apenas pedaços da polpa, na maioria de suas visitas foram *Coereba flaveola*, *Cacicus chrysopterus* e *Zonotrichia capensis* (em torno de 70 a 80% de suas visitas - Tabela 2), os quais não se mostraram eficientes na dispersão da maioria das espécies vegetais.

Em geral os psitacídeos manuseavam mais os frutos que as demais aves, pois, frequentemente seguravam os frutos com as patas e despedaçavam os, ingerindo as sementes, comportamento observado ao se alimentarem de *Psidium guajava* e *Ficus enormis*, ou deixando as sementes cair sob à planta-mãe, comportamento observado ao se alimentarem de *Eriobothrya japonica* e *Euterpe edulis*. *Pyrrhura frontalis* foi a que mais apresentou esse comportamento de despedaçar o fruto e derrubar as sementes (57% das visitas - Tabela 2), não demonstrando eficiência na dispersão.

Dentre as espécies que derrubaram os frutos inteiros sob à planta-mãe *Vireo chivi* foi o que mais derrubou (em 13% das visitas - Tabela 2).

A maioria das espécies capturaram os frutos empoleirados, algumas, principalmente os tyranídeos (em torno de 90% das visitas), capturaram em vôo e somente *Turdus rufiventris*, *Turdus leucomelas* e *Penelope obscura* coletaram frutos no solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de visitas e comportamento de coleta e manipulação dos frutos das espécies de aves observadas no Parque Estadual Carlos Botelho, São Miguel Arcanjo-SP, Brasil.

Espécie	NV	Coleta do fruto %			Manipulação do fruto em %								
		V	E	S	Eng.	Esm.	Desp./DS	Desp./IS	Der.	Pic.	Rem.	NO	
<i>Dacnis cayana</i>	98		100		62					1	37		1
<i>Tangara sayaca</i>	85		100		53	5	4			1	31	5	2
<i>Turdus rufiventris</i>	75	1	84	15	89					1	9		
<i>Tangara ornata</i>	59		100		63	3	3				29	2	
<i>Tachyphonus coronatus</i>	55	18	82		71	5					18	4	2
<i>Turdus albicollis</i>	52	6	94		90					2			8
<i>Turdus leucomelas</i>	51	2	93	6	84						16		
<i>Tangara seledon</i>	50		100		86	2					10		2
<i>Pyrrhura frontalis</i>	49		100			8	57	31				2	2
<i>Tangara cyanocephala</i>	49		100		78	4					14		4
<i>Mionectes rufiventris</i>	33	90	10		100								
<i>Ramphastos dicolorus</i>	32		100		91		3			3			6
<i>Tangara palmarum</i>	32		100		69	3					22		6
<i>Tangara cayana</i>	28		100		68						32		
<i>Tangara cyanoptera</i>	28		100		29	7					32	18	14
<i>Tangara desmaresti</i>	26		100		92						4		4
<i>Camptostoma obsoletum</i>	25	94	6		80		12			4			8
<i>Brotogeris tirica</i>	24		100				17	83					
<i>Chiroxiphia caudata</i>	23	57	43		96								4
<i>Penelope obscura</i>	21		95	5	90					5	5		5
<i>Melanerpes flavifrons</i>	19		100		79						21		
<i>Myiozetetes similis</i>	19	60	40		95						5		
<i>Coereba flaveola</i>	16		100		19						81		
<i>Vireo chivi</i>	16		100		88		13			13			
<i>Cacicus chrysopterus</i>	15		100		13						87		
<i>Lanio melanops</i>	15	63	38		67						7		27
<i>Myiodynastes maculatus</i>	14	40	60		100								
<i>Habia rubica</i>	13	38	63		46								54
<i>Celeus flavescens</i>	11		100		91						9		
<i>Euphonia violacea</i>	11		100			18					64	9	9
<i>Hemithraupis ruficapilla</i>	11	9	91		91						9		
<i>Schiffornis virescens</i>	11	91	9		91								9
<i>Zonotrichia capensis</i>	10		100		20		10				70		

NV - Número total de visitas; V - Coletou o fruto em vôo; E - Coletou o fruto empoleirado; S - Coletou o fruto no solo; Eng. - Engolir; Esm. - Esmagar; Desp./DS - Despedaçar e derrubar a semente; Desp./IS - Despedaçar e ingerir a semente; Der. - Derrubar; Pic. - Picar; Rem. - Remover e NO - Não observado.

Tangara sayaca, *Tangara cyanocephala*, *Tachyphonus coronatus*, *Tangara seledon*, *Ramphastos dicolorus* e *Dacnis cayana* foram as espécies que interagiram com uma maior diversidade de plantas (16, 13, 13, 11, 11 e 10 espécies de plantas, respectivamente). Dessas, *T. cyanocephala*, *T. seledon* e *R. dicolorus* foram as que ingeriram as sementes sem nenhum dano perceptível na maioria de suas visitas (82, 88 e 91% das visitas), interagiram nos três ambientes (sede, estágio inicial e avançado) e em diferentes extratos da vegetação, pois se alimentaram de frutos de espécies arbóreas e arbustivas (Apêndices 4 e 5). Esses frugívoros, portanto, foram os mais frequentes dispersores nos diferentes ambientes e de uma grande diversidade de espécies vegetais. Além do mais, essas espécies apresentam sensibilidade média, ou seja, elas toleram algumas perturbações no ambiente, porém, podem desaparecer em ambientes altamente degradados, prejudicando, assim, a dispersão de diversas espécies vegetais (Apêndice 2).

Plantas zoocóricas

Um total de 161 plantas foi consumido pelas aves, representando 30 espécies de 18 famílias, 19 arbóreas, nove arbustivas e duas epífitas (Tabela 3 e apêndice 3). As horas de observação por espécie de planta variou de acordo com o número de indivíduos, método utilizado e período de frutificação, pois, devido às dificuldades logísticas, não foi possível a instalação de câmeras traps em todas as plantas (Tabela 3).

O número de indivíduos de plantas que foram consumidas pelas aves e a frequência de interações entre as espécies variaram em cada área (Tabelas 3). Porém, o número de indivíduos presentes na Sede e na área em estágio avançado não teve relação significativa com o número de interações observadas nesses ambientes ($r = 0,11$ $n = 18$ na Sede e $r = 0,27$ $n = 13$ no avançado, $p > 0,05$). Essa relação só foi significativa na área em estágio inicial ($r = 0,71$ $n = 13$, $p = 0,005$).

Tabela 3 – Espécies de plantas consumidas pelas aves nas diferentes áreas do Parque Estadual Carlos Botelho, São Miguel Arcanjo – SP, Brasil.

Espécies	Sede				Estágio inicial				Estágio avançado			
	NI	FI	HF	HC	NI	FI	HF	HC	NI	FI	HF	HC
<i>Aegiphila integrifolia</i>					1	2	2					
<i>Cissampelos andromorpha</i>	1	9		2.393					1	19	1	2.379
<i>Citrus reticulata</i>	1	4	1,5									
<i>Clusia criuva</i>	3	24	5,5	168								
<i>Cupania vernalis</i>					2	5	2,25					
<i>Eribothrya japonica</i>	7	212	32	1.189								
<i>Erythroxylum ambiguum</i>	6	5	2,5	607	4	0		3.078	2	2	3	362
<i>Eugenia sp.</i>									3	5	37,5	594
<i>Eugenia uniflora</i>	6	5										
<i>Euterpe edulis</i>	28	26	83,5	722	3	1	12	1	7	1	17,5	
<i>Ficus enormis</i>	2	74	2	120								
<i>Geonoma gamiova</i>									6	33	9	3.362
<i>Leandra acutiflora</i>									6	9	2,5	3.224
<i>Leandra australis</i>									1	1	1	776
<i>Magnolia champaca</i>	5	235	16,2									
<i>Maytenus gonoclada</i>									1	4	3,5	
<i>Miconia cabucu</i>	2	1			6	5	23,5		1	0	3,5	
<i>Miconia pusilliflora</i>	2	2	6		1	2	7		1	12	10,5	
<i>Miconia racemifera</i>	0	0			6	39	40,7	1.608	4	10	15	
<i>Miconia tristis</i>	6	155	25,6	120								
<i>Morus nigra</i>	1	14	1	5								
<i>Myrsine coriacea</i>	2	39	9,2	240	3	5	14					
<i>Myrsine umbellata</i>	4	32	14,9	51	7	70	60,4	509				
<i>Phoenix sylvestris</i>	1	12	2									
<i>Psidium guajava</i>	3	11	8,4									
<i>Psychotria gracilentia</i>					4	11		3.026	3	31	11	4477
<i>Sapindaceae</i>									1	2	0,5	2012
<i>Schinus terebinthifolius</i>	3	8	7	161	1	0						
<i>Smilax sp.</i>					1	3	1	2.291				
<i>Solanum sp.</i>					2	11	15					
Total	83	868	217,3	5.7	41	154	177,8	10.5	37	129	115,5	17.2

NI – número de indivíduos; FI – frequência de interações; HF – horas de observação pelo método focal; HC – horas de observação por câmeras traps.

As plantas que foram possivelmente dispersas por todas as espécies de aves que se alimentaram nelas foram *Cissampelos andromorpha*, *Erythroxylum ambiguum*, *Maytenus gonoclada*, *Miconia pusilliflora*, *Miconia racemifera*, *Morus nigra* e *Myrsine coriacea*, pois em todas as visitas as aves engoliram seus frutos por inteiro não ocorrendo nenhum dano perceptível às sementes (Tabela 4).

Citrus reticulata, *Cupania vernalis* e *Eugenia* sp. não foram dispersas pelas aves que se alimentaram de seus frutos (Tabela 4), apresentaram poucas interações e somente com espécies de aves de pequeno a médio porte (Apêndice 4), as quais não conseguiram ingerir seus frutos por inteiro e em todas as visitas derrubaram suas sementes.

Eriobothrya japonica e *Magnolia champaca* foram as espécies mais frequentadas pelas aves (212 e 235 visitas, respectivamente), porém, somente a segunda foi possivelmente dispersa pelas mesmas (Tabela 4).

Tabela 4 – Número de visitas e comportamento de manipulação dos frutos realizados pelas aves nas espécies de plantas do Parque Estadual Carlos Botelho, São Miguel Arcanjo – SP, Brasil.

Espécies	NV	Manipulação do fruto em %							NO
		Eng.	Esm.	Desp./DS	Desp./IS	Der.	Pic.	Rem.	
<i>Aegiphila integrifolia</i>	2	67				33			
<i>Cissampelos andromorpha</i>	28	100							
<i>Citrus reticulata</i>	4						100		
<i>Clusia criuva</i>	24	96		4					
<i>Cupania vernalis</i>	5			100					
<i>Eriobothrya japonica</i>	212	7		7		1	83		1
<i>Erythroxylum ambiguum</i>	7	100							
<i>Eugenia</i> sp.	5			100					
<i>Eugenia uniflora</i>	5	80							20
<i>Euterpe edulis</i>	28	36		64					
<i>Ficus enormis</i>	74	7	26		36	1	9	19	1
<i>Geonoma gamiova</i>	33	88							12
<i>Leandra acutiflora</i>	9	22							78
<i>Leandra australis</i>	1								100
<i>Magnolia champaca</i>	235	99							1
<i>Maytenus gonoclada</i>	4	100							
<i>Miconia cabucu</i>	6	67							33
<i>Miconia pusilliflora</i>	16	100							
<i>Miconia racemifera</i>	49	100							
<i>Miconia tristis</i>	155	97	3						

Espécies	NV	Manipulação do fruto em %							
		Eng.	Esm.	Desp./DS	Desp./IS	Der.	Pic.	Rem.	NO
<i>Morus nigra</i>	14	100							
<i>Myrsine coriacea</i>	44	100							
<i>Myrsine umbellata</i>	102	98				2			
<i>Phoenix sylvestris</i>	12	17					8		75
<i>Psidium guajava</i>	11				82		18		
<i>Psychotria gracilentia</i>	42	88							12
<i>Sapindaceae</i>	2						50		50
<i>Schinus terebinthifolius</i>	8	63	25				13		
<i>Smilax sp.</i>	3						33	33	33
<i>Solanum sp.</i>	11	91							9
Total Geral	1151								

NV - Número de visitas; Eng. – Engolir; Esm. – Esmagar; Desp./DS – Despedaçar e derrubar a semente; Desp./IS – Despedaçar e ingerir a semente; Der. – Derrubar; Pic. – Picar; Rem. – Remover e NO – Não observado.

DISCUSSÃO

O número de interações entre as espécies registradas neste estudo foi semelhante a outros trabalhos desenvolvidos na Mata Atlântica (Silva *et al.* 2002, Vidal *et al.* 2014). O uso das câmeras traps auxiliou no registro de algumas espécies não observadas durante os focais, mas foi eficaz principalmente na observação das frequências das interações (291 visitas). Porém, o método focal foi capaz de registrar mais interações em menor quantidade de horas de observações do que as câmeras, portanto, essa ferramenta, embora auxilie na maximização dos dados, não substitui as observações focais que devem ser realizadas mesmo em plantas com câmeras traps instaladas.

A abundância e o número de interações variaram nos diferentes ambientes e a Sede foi a área que apresentou a maioria das interações. A abundância das espécies de aves não teve relação com a frequência das visitas. Geralmente espécies abundantes são as que interagem mais, porém, diversos são os fatores que limitam as interações entre as espécies como aspectos fenotípicos, fenológicos e adaptativos, fatores esses muitas vezes relacionados à coevolução entre as espécies (Guimarães Jr. *et al.* 2011, Olesen *et al.* 2010, Stang *et al.* 2006, Vázquez *et al.* 2007). O número de indivíduos de plantas também não teve relação significativa com a frequência de interações na Sede e na área em estágio avançado de regeneração. Porém, essa relação foi positiva na área em estágio inicial, o que pode ser reflexo da presença de uma mancha de alimentação em um dos

transectos, ou seja, uma alta concentração de indivíduos em frutificação (sete, três e dois indivíduos dos gêneros *Myrsine*, *Miconia* e *Solanum*, respectivamente) a qual manteve a abundância das aves que consumiram esses recursos por um longo período no local (Apêndice 3).

As espécies exóticas presentes na Sede atraíram muitas aves, pois frutificaram principalmente nos meses mais frios quando a oferta de recurso por espécies nativas diminuiu (Apêndice 3). *Magnolia champaca* e *Eriobotrya japonica* foram as espécies mais frequentadas e que apresentaram maior número de interações. *E. japonica* foi possivelmente dispersa apenas por *Penelope obscura*, única espécie que foi capaz de ingerir seu fruto por inteiro. Em contra partida, *M. champaca* foi possivelmente dispersa por uma diversidade de aves que se alimentaram de seus frutos. No entanto, embora seja uma espécie pioneira muito utilizada em reflorestamento na Ásia, esta não é considerada uma espécie invasora já que suas sementes possuem uma dormência e dependem de condições ideais para germinarem (Armiyanti *et al.* 2010, Fernando *et al.* 2013, Raman *et al.* 2009). Espécies vegetais exóticas são geralmente prejudiciais à comunidade nativa, entretanto, a presença de espécies exóticas nem sempre é ruim para a comunidade local, pois algumas espécies podem ser importante fonte de recurso extra em períodos sazonais em que as fontes de alimento nativo são escassas ou mesmo em ambientes fragmentados em que esses recursos nativos são frequentemente muito baixos ou inexistente (Brothers & Spingarn, 1992, Gleditsch & Carlo 2011, Gosper & Vivian-Smith 2010).

Dentre as nativas, as espécies vegetais mais frequentadas e dispersas pelas aves foram as de frutos pequenos de longo período de frutificação, principalmente do gênero *Miconia*, as quais apresentaram interações nos diferentes ambientes e foram importantes recurso para a comunidade de aves. O mesmo foi encontrado por Vidal *et al.* (2014) que concluíram também que essas espécies de frutos pequenos contribuam na organização das interações na comunidade (ver capítulo 2).

Tangara sayaca, *Tangara cyanocephala*, *Tachyphonus coronatus*, *Tangara seledon*, *Ramphastos dicolorus* foram os mais frequentes dispersores nos diferentes ambientes, principalmente das espécies vegetais de frutos pequenos de diferentes estratos da vegetação (arbóreas e herbáceas). Jordano *et al.* (2007) observaram que aves menores dispersam curtas distâncias e principalmente em microhabitats fechados, e as aves de médio porte dispersam distâncias maiores e frequentemente em ambientes abertos. Portanto, essas espécies podem dispersar as sementes das espécies pioneiras dos ambientes abertos para as clareiras no interior da

mata e também sementes de espécies tardias do interior da mata para as áreas em recuperação, sendo fundamentais para a manutenção da comunidade. Dentre essas espécies, *T. cyanocephala*, *T. seledon* e *R. dicolorus* apresentam sensibilidade média (Apêndice 2), ou seja, elas toleram algumas perturbações no ambiente, porém, podem desaparecer em ambientes altamente degradados, prejudicando, assim, a dispersão de diversas espécies vegetais.

Aves de pequeno a médio porte ao se alimentarem de frutos maiores, apenas bicaram os frutos e ingeriram somente pedaços da polpa, nesses casos apresentaram dois comportamentos, o “picar” em que bicaram os frutos sem retirá-los da planta e o “despedaçar/DS”, em que retiraram os frutos da planta e derrubaram as sementes com parte da polpa. No primeiro caso, embora a ave não esteja dispersando a semente daquela planta, a ave ainda permite que outro frugívoro se alimente daquele fruto por inteiro e possa dispersar essa semente. No entanto, no segundo comportamento, a ave ao derrubar o fruto com a semente, pode afetar negativamente a dispersão e a germinação dessa semente. Pois sementes derrubadas sob à planta-mãe podem ser mais facilmente predadas ou atacadas por patógenos, como fungos, o que diminui suas chances de sobrevivência (Moles & Westoby 2004).

Pizo (1997) observou, comparando a frugivoria em *Cabrlea canjerana* em um fragmento e uma área contínua de Mata Atlântica, que no fragmento o principal dispersor foi *Vireo chivi* que se mostrou pouco eficiente na dispersão das sementes, pois devido ao seu tamanho foi incapaz de ingerir cerca de 30% dos diásporos maiores que a largura máxima de seu bico e deixava-os cair próximos ao genitor. O mesmo ocorreu no presente estudo, em que *Vireo chivi* foi quem mais derrubou os frutos sob à planta-mãe. Portanto, aves que apresentam uma menor abertura de seu bico são limitadas à ingestão de frutos grandes e geralmente não dispersam sementes desses frutos quando a mesma é proporcional ao tamanho do fruto (Wheelwright 1985). Entretanto, frutos grandes que apresentam sementes pequenas como frutos de *Ficus*, podem ser dispersas por aves menores (Coates-estrada & Estrada 1986). No presente estudo, *F. enormis* apresentou uma grande frequência de interações com espécies de pequeno a médio porte, as quais “esmagaram” os frutos e possivelmente ingeriram as sementes junto da polpa.

Aves de grande porte, as quais apresentam maior abertura do bico, consomem frutos de diversas espécies de plantas tanto de frutos pequenos como grandes, sendo importantes dispersoras de sementes de diversos tamanhos (Galetti *et al.* 2013, Wheelwright 1985). Além do mais, esses frugívoros também se deslocam por longas distâncias, possibilitando uma melhor

colonização e fluxo gênico das espécies vegetais (Jordano *et al.* 2007). Nesse sentido, as espécies de grande porte são mais eficazes na dispersão de sementes, pois podem transportar propágulos maiores e por longas distâncias (Woodward *et al.* 2005). No entanto, esses frugívoros são os primeiros a se extinguirem em ambientes fragmentados e sua perda pode causar diversas mudanças na estrutura e dinâmica das comunidades florestais (Galetti *et al.* 2013, Woodward *et al.* 2005). Galetti *et al.* (2013) observaram que a extinção funcional de grandes dispersores de sementes está associada à redução consistente do tamanho das sementes de *Euterpe edulis*, o que diminui a eficiência no recrutamento da espécie.

No presente estudo, *Ramphastos dicolorus* foi a única espécie de grande porte que apresentou interações com uma grande diversidade de espécies vegetais e que possivelmente foi dispersor da maioria dessas espécies nos diferentes ambientes, inclusive de *Euterpe edulis* que, embora seja considerada uma espécie-chave nas florestas tropicais (Galetti *et al.* 2013), no presente estudo não apresentou muitas interações com a avifauna.

Embora os frugívoros de grande porte sejam importantes dispersores de sementes, não são somente eles os principais dispersores em diferentes ambientes. Espécies de pequeno a médio porte, embora não consigam dispersar sementes grandes, são importantes dispersoras de sementes pequenas, principalmente de espécies pioneiras, as quais alteram as condições ambientais em áreas degradadas e auxiliam nas regenerações das florestas (Jordano 2000).

Portanto, o presente estudo mostrou que os frugívoros de grande porte são potenciais dispersores em diferentes ambientes, porém, não são somente eles os mais importantes, e também mostrou que a maioria das espécies vegetais exóticas presentes em um dos ambientes não foi possivelmente dispersas pelas aves nativas e que, embora tenham atraído a avifauna, não afetaram as interações entre as espécies nativas porque frutificaram em períodos distintos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMİYANTI, KADIR, M.A., KADZIMIN, S. & PANJAITAN, S.B. 2010. Plant regeneration of *Michelia champaca* L., through somatic embryogenesis. *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(18), pp. 2640-2647
- BROTHERS, T.S. & SPINGARN, A. 1992. Forest fragmentation and alien plant invasion of central Indiana old-growth forests. *Conservation Biology* 6, 91–100.

- CAMPOS, R.C., STEINER, J., ZILLIKENS, A. 2012. Bird and mammal frugivores of *Euterpe edulis* at Santa Catarina island monitored by camera traps. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 47 (2) 105–110.
- CHRISTIANINI, A.V., OLIVEIRA, P.S. 2009. The relevance of ants as seed rescuers of a primarily bird-dispersed tree in the Neotropical cerrado savanna. *Oecologia* 160 (4), 735-745
- COATES-ESTRADA, R. & ESTRADA, A. 1986. Fruiting and frugivores at a strangler fig in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of tropical ecology* 2:349-357.
- DALLING, J.W., SWAINE, M. D., & GARWOOD, N. C. 1998. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest. *Ecology*, 79(2), 1998, pp. 564–578
- FERNANDO, M.T.R., JAYASURIYA, K.M.G.G., WALCK, J.L., WIJETUNGA, A.S.T.B. 2013. Identifying dormancy class and storage behaviour of champak (*Magnolia champaca*) seeds, an important tropical timber tree. *J.Natn.Sci.Foundation Sri Lanka* 41(2):141-146.
- GALETTI, M. & RODRIGUES, M. 1992. Comparative seed predation on pods by parrots in Brazil. *Biotropica*, 24: 222-224.
- GALETTI, M., GUEVARA, R., CÔRTEZ, M.C., FADINI, R., MATTER, S.V., LEITE, A.B., LABECCA, F., RIBEIRO, T., CARVALHO, C.S., COLLEVATTI, R.G., PIRES, M.M., GUIMARÃES JR., P.R., BRANCALION, P.H., RIBEIRO, M.C., JORDANO, P. 2013. Functional Extinction of Birds Drives Rapid Evolutionary Changes in Seed Size. *SCIENCE* 340: 1086-1090
- GLEDITSCH, J.M. & CARLO, T.A. 2011. Fruit quantity of invasive shrubs predicts the abundance of common native avian frugivores in central Pennsylvania. *Diversity and Distributions* 17, 244–253
- GOSPER, C. R. & VIVIAN-SMITH, G. 2010. Fruit traits of vertebrate-dispersed alien plants: smaller seeds and more pulp sugar than indigenous species. *Biol Invasions* 12:2153–2163
- GUIMARÃES JR., P.R., JORDANO, P. AND THOMPSON, J.N. 2011. Evolution and coevolution in mutualistic networks. *Ecology Letters*, 14: 877–885
- HOWE, H.F. AND SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Ann Rev. Ecol. Syst.* 13:

201-28

- JORDANO, P. 2000. Fruits and frugivory. In: Fenner, M. (ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* 2nd edition. CABI Publ., Wallingford, UK. Pages 125-166.
- JORDANO, P. & SCHUPP, E.W. 2000. Seed Disperser Effectiveness: The Quantity Component and Patterns of Seed Rain for *Prunus mahaleb*. *Ecological Monographs* 70: 591-615.
- JORDANO, P., GARCIA, C., GODOY, J. A. & GARCIA-CASTANO, J. L. 2007. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:3278-3282.
- MARINI, M.A. & GARCIA, F.I. 2005. Conservação de aves no Brasil. *Megadiversidade* 1(1): 95-102.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2013. Mata Atlântica. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>> Acesso em 01 de novembro de 2013.
- MOKOTJOMELA, T.M., MUSIL, C.F. & ESLER, K.J. 2013. Frugivorous birds visit fruits of emerging alien shrub species more frequently than those of native shrub species in the South African Mediterranean climate region. *South African Journal of Botany* 86 73–78
- MOLES, A. T. & WESTOBY, M. 2004. What do seedlings die from and what are the implications for evolution of seed size? *OIKOS* 106:1
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- OLESEN, J.M., BASCOMPTE J., DUPONT, Y.L., ELBERLING, H., RASMUSSEN, C. AND JORDANO, P. 2010. Missing and forbidden links in mutualistic networks. *Proceedings of the Royal Society B*. 278: 725 – 732.
- PIZO, M.A. 1997. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 13:559-578.
- RAMAN, T.R.S., MUDAPPA, D., KAPOOR, V. 2009. Restoring Rainforest Fragments: Survival of Mixed-Native Species Seedlings under Contrasting Site Conditions in the Western Ghats, India. *Restoration Ecology* Vol. 17, No. 1, pp. 137–147

- R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL: <http://www.r-project.org>.
- RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F.J., HIROTA, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141-1153.
- REMSEN, J.V., JR. & ROBINSON, S.K. 1990. A classification scheme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats. Pp. 144-160 in *Avian foraging theory, methodology, and applications* (Morrison, M.L, et al., eds). Studies in Avian Biol. No13.
- SCHUPP, E.W. 1993. Quantity, quality, and the effectiveness of seed dispersal by animals. In: Flerning, T.H. and Estrada, A. (eds) *Frugivory and Seed Dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp. 15-29.
- SILVA, W.R., DE MARCO-JR, P., HASUI, E., GOMES, V.S.M. 2002. Patterns of fruit-frugivore interactions in two Atlantic Forest bird communities of south-eastern Brazil: implications for conservation. Pp. 423-435. In: Levey, D.J., Silva, W.R., Galetti, M. (eds.). *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. New York, CAB International.
- STANG, M., KLINKHAMER, P.G.L. & MEIJDEN, E. van der. 2006. Size constraints and flower abundance determine the number of interactions in a plant-/flower visitor web. *OIKOS* 112: 111-121
- VÁZQUEZ, D.P., MELIÁN, C.J., WILLIAMS, N.M., BLUTHGEN, N., KRASNOV, B.R. & POULIN, R. 2007. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos* 116: 1120-1127
- VIDAL, M. M., HASUI, E., PIZO, M. A., TAMASHIRO, J. Y., SILVA, W. R. & GUIMARÃES JR, P. R. 2014. Frugivores at higher risk of extinction are the key elements of a mutualistic network. *Ecology* 95(12), 2014, pp. 3440–3447
- WHEELWRIGHT, N.T. 1985. Fruit size, gape width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology* 66(3), 1985, pp.8 08-81
- WOODWARD, G., EBENMAN, B., EMMERSON, M., MONTOYA, J.M., OLESEN, J.M., VALIDO, A. & WARREN, P.H. 2005. Body size in ecological networks. *TRENDS in Ecology and Evolution* 20: 402-409

CAPÍTULO 2 – Rede de interações entre aves consumidoras de frutos e plantas em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil

RESUMO

Os estudos sobre redes de interação são ferramentas importantes para entender padrões e processos ecológicos que regem a complexidade de uma comunidade. Alguns destes padrões estão relacionados com a estabilidade e sugerem o papel fundamental das espécies generalistas, as quais apresentam muitas interações. No presente estudo foi analisado a rede de interações entre plantas e aves frugívoras em diferentes ambientes de Mata Atlântica no sudeste do Brasil, salientando a importância de espécies generalistas em tal mosaico. A pesquisa foi realizada no Parque Estadual Carlos Botelho (São Paulo) em três áreas (área aberta, estágios sucessionais iniciais e tardios), onde os registros de interações foram realizados por observação direta por transectos, focal e armadilhas fotográficas. A rede foi representada por 63 espécies de aves e 30 espécies de plantas, apresentando um padrão aninhado ($NODF = 33,63$ $p = 0$) e baixa conectância (13%) e grau médio das espécies (8,5 e 4,05, para plantas e aves, respectivamente). As espécies de plantas com maior número de interações e frequência das visitas foram *Miconia tristis*, *Myrsine umbellata*, *Magnolia champaca* e *Eriobothrya japonica*, enquanto que de aves foram *Tangara sayaca*, *Tachyphonus coronatus*, *Tangara cyanocephala*, *Ramphastos dicolorus* e *Tangara seledon*. Estas espécies contribuíram significativamente para o aninhamento da rede, mostrando a sua importância para a estabilidade da comunidade.

Palavras-chave: camera trap; frugivoria; rede mutualística; aninhamento; dispersão de sementes.

ABSTRACT

Studies on interaction networks are important tools to understand ecological patterns and processes driving the complexity of a community. Some of these patterns are related to the stability and suggest a key role played by generalist species having many interactions. Here we analyze a network of interactions between plants and frugivorous birds in different environments of Atlantic Forest in southeastern Brazil stressing the importance of generalist species in such mosaic. The research was carried out in Carlos Botelho State Park (São Paulo) in three areas

(open area, initial and late successional stages), where we performed records of interactions by direct observation by transects, focal and camera traps. The network was represented by 63 species of birds and 30 species of plants, with a nested pattern (NODF = 33,63 $p = 0$), low connectance (13%) and low average degree of species (8,5 and 4,05, plants and birds, respectively). The plant species having higher amount of interaction and frequency of visits were *Miconia tristis*, *Myrsine umbellata*, *Magnolia champaca* e *Eriobothrya japonica*, while *Tangara sayaca*, *Tachyphonus coronatus*, *Tangara cyanocephala*, *Ramphastos dicolorus* and *Tangara seledon* were the most interacting bird species. These species contributed significantly to the nesting of the network, showing their importance for the stability of the community.

Keywords: camera trap; frugivory; mutualistic network; nesting; seed dispersal.

INTRODUÇÃO

Interações plantas-frugívoros são componentes fundamentais na complexidade das comunidades florestais e sua modificação ou perda podem trazer profundas implicações para a conservação (Silva *et al.* 2002). Mais de 80% das espécies de árvores e arbustos das florestas neotropicais dependem de vertebrados frugívoros para dispersarem suas sementes, representados principalmente pelas aves, com famílias altamente dependentes de frutos (Cotingidae, Cracidae) e outras menos dependentes (Emberizidae, Tyrannidae) (Howe & Smallwood 1982, Jordano 2000). Em ambientes fragmentados a perda da biodiversidade pode comprometer essas interações mutualísticas e trazer conseqüências tanto para as espécies de plantas como para os animais (Jordano 2000). No entanto, as conseqüências da extinção de uma espécie na comunidade dependerão da organização das interações dentro da mesma (Tylianakis *et al.* 2010). Nesse sentido, o estudo das redes de interações tem se mostrado importante ferramenta no entendimento de padrões e processos ecológicos que regem essa complexidade nas comunidades, e de como as perturbações antrópicas agem sobre elas (Carlo & Yang 2011, Jordano *et al.* 2003, Silva *et al.* 2007).

As redes são formadas pelas ligações entre as espécies envolvidas nas interações e podem ser representadas por um grafo bipartido composto por pontos e linhas, onde os pontos são as espécies e as linhas as interações entre elas (Carlo & Yang 2011, Jordano *et al.* 2003, Vidal *et al.* 2014). Na análise dessas redes algumas métricas podem ser calculadas como o grau, que é o

número de interações que a espécie possui e a conectância, que é probabilidade das interações ocorrerem. Dessa maneira, alguns padrões podem ser observados como o aninhamento, em que espécies com menor grau (especialistas) interagem com um subconjunto de espécies de maior grau (generalistas) (Bascompte *et al.* 2003).

Esses padrões em redes mutualísticas dizem respeito à estabilidade e funcionamento das comunidades, sugerindo que redes aninhadas são mais resistentes a um colapso na extinção de espécies (Carlo & Yang 2011, Fortuna & Bascompte 2006). Comunidades com baixa conectância tendem a ser mais aninhadas (Fortuna *et al.* 2010). Sendo assim, é comum que redes mutualísticas apresentem um padrão aninhado, pois geralmente essas redes possuem uma baixa conectância devido a diversos fatores que limitam as interações entre as espécies como aspectos fenotípicos, fenológicos e adaptativos (Olesen *et al.* 2010). Esses fatores limitantes são resultados da coevolução que, em redes mutualísticas, molda as características das espécies, o que as tornam mais especialistas ou generalistas (Guimarães Jr. *et al.* 2011).

Essa maior capacidade de resistência à perda de espécies em redes aninhadas é devido ao núcleo de espécies generalistas que são altamente conectadas e contribuem em diferentes aspectos para a organização da rede, pois ligam os diferentes grupos de espécies (Jordano *et al.* 2003, Vidal *et al.* 2014).

Em ambientes fragmentados as interações mais especializadas são geralmente as primeiras a se extinguirem, porém como em redes aninhadas espécies especialistas interagirem na maioria das vezes com generalistas, essas comunidades não terão um efeito evidente de coextinções, pois, mesmo que espécies especialistas desapareçam, as generalistas continuaram a desempenhar o seu papel (Bascompte *et al.* 2006, Tylianakis *et al.* 2010). Entretanto, se ocorrerem nessas comunidades extinções das espécies generalistas, que apresentam a maioria das interações, as consequências para a comunidade serão maiores, pois acarretará em várias coextinções (Memmott *et al.* 2004).

Outro fator importante que pode afetar a estrutura em redes mutualísticas é a presença de espécies exóticas, as quais podem se comportar como super-generalistas e apresentar a maioria das interações, o que aumentaria o aninhamento da rede nessas comunidades (Aizen *et al.* 2008, Albrecht *et al.* 2014). Nesse sentido, espécies vegetais exóticas podem diminuir a conectividade entre espécies nativas, diminuindo, assim, o mutualismo entre elas (Aizen *et al.* 2008). No entanto, algumas exóticas, principalmente as de frutos grandes carnosos, podem aumentar a

população de frugívoros na comunidade e, conseqüentemente, o número de dispersores no local, não prejudicando, portanto, a dispersão de sementes das espécies nativas (Gleditsch & Carlo 2011). A concentração de interações por espécies exóticas já estabelecidas em uma comunidade proporciona maior estabilidade à mesma e sua erradicação pode resultar em cascatas tróficas inesperadas, que deslocam comunidades aos estados que poderiam ser ainda menos desejáveis que antes da erradicação (Bergstrom *et al.* 2009, Gleditsch & Carlo 2011).

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros mais ricos em biodiversidade e o mais ameaçado do mundo, restando apenas cerca de 12% de sua cobertura original (Ribeiro *et al.* 2009). É apontada, ao lado de outras 33 regiões de diferentes partes do planeta, como um dos *hotspots* mundiais, isto é, uma das prioridades para a conservação de biodiversidade em todo o mundo (Myers *et al.* 2000). Estima-se que 20.000 espécies vegetais, cerca de 35% das espécies existentes no Brasil, estão na Mata Atlântica, incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (MMA 2013). O bioma contém 75,6% das espécies de aves ameaçadas e endêmicas do país, fazendo da Mata Atlântica o mais crítico para a conservação desse grupo no Brasil (Marini & Garcia 2005). Portanto, trabalhos que visem compreender como as comunidades estão estruturadas nesse bioma e que permitam dizer o quanto elas estão suscetíveis à extinção de espécies é de fundamental importância para facilitar propostas que visem à conservação da biodiversidade.

O objetivo desse trabalho foi analisar a rede de interações entre plantas e aves frugívoras em diferentes ambientes de uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil, predizendo que as espécies generalistas colaboram na estabilidade da comunidade; e que as espécies vegetais exóticas presentes em um dos ambientes se comportam como generalistas e causam um maior aninhamento na estrutura da rede da comunidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A localização e a caracterização da área de estudo, bem como o delineamento amostral, a seleção, a caracterização das unidades amostrais e o método aplicado para a coleta de dados estão descritos no item “Área de estudo e delineamento amostral”, na introdução geral, página 11.

Análise dos dados

Para confeccionar a rede de interações, foram elaboradas duas matrizes de interações aves x plantas: uma matriz binária, na qual foi atribuído valor zero (0) quando não houve interação e um (1) quando existiu interação (Bascompte *et al.* 2003) e uma matriz quantitativa, na qual no lugar do número 1 foi acrescentada a quantidade de interações observadas entre as espécies envolvidas (Bascompte *et al.* 2006). Essas matrizes foram utilizadas no software R na elaboração da rede de interações, que foram analisadas quanto à sua estrutura e organização.

O grau da espécie é dado pelo número de interações da espécie e o grau médio representa a média do número de interações que as espécies apresentaram. A conectância é o número de interações observadas pelo número de interações possíveis de ocorrer, ou seja, é a probabilidade das interações ocorrerem.

Foram observados, na rede qualitativa, a conectividade das espécies, ou seja, a quantidade de interações que cada espécie apresentou e o grau de aninhamento da rede, que foi estimado utilizando a métrica NODF, considerada uma das métricas mais apropriada para redes de interações (Fig. 3) (Almeida-Neto *et al.* 2008, Ulrich *et al.* 2009). O NODF varia de zero a 100 - quanto mais próximo de 100 o valor de NODF for, mais aninhada é a rede. Para obter a probabilidade (p-valor) de o NODF observado ser ao acaso, foram simuladas 10.000 matrizes aleatórias pelo modelo nulo tipo 2 de Bascompte *et al.* (2003), o modelo nulo gera redes em que a probabilidade de que duas espécies interagir depende do número de interações de ambas as espécies na rede real. Foram, então, calculados os respectivos valores de NODF das redes simuladas e esses valores foram comparados com o valor de NODF encontrado na rede real. Se os valores dos NODFs das redes simuladas fossem maiores ou iguais ao valor de NODF da rede real, o aninhamento da mesma seria aleatório.

$$\text{NODF} = \frac{\sum N_{\text{pareado}}}{\left[\frac{n(n-1)}{2} \right] + \left[\frac{m(m-1)}{2} \right]}$$

Figura 3 – Fórmula do cálculo da métrica NODF, onde N_{pareado} é o número de interações pareadas, n é o número de espécies de aves e m é o número de espécies de plantas (Almeida-Neto *et al.* 2008).

Na rede quantitativa, observou-se a frequência e força da interação (Jordano 1987, Silva *et al.* 2002, Bascompte *et al.* 2006).

Para analisar se as espécies exóticas interferiram na estrutura da rede de interação, as mesmas foram excluídas da matriz de interação e todas as análises foram refeitas.

As análises estatísticas e a confecção das redes de interações foram realizadas no software R versão 3.1.2 (R Development Core Team 2014). O nível de significância adotado foi de 0,05 (Anexo 4).

RESULTADOS

A rede de interações entre as espécies consumidoras de frutos e plantas do Parque Estadual Carlos Botelho apresentou um padrão aninhado (NODF = 33,63 $p = 0$), ou seja, as espécies com menor número de interações (especialistas) interagiram, principalmente, com as espécies com maior número de interações (generalistas), e estas interagiram entre si (Fig.4).

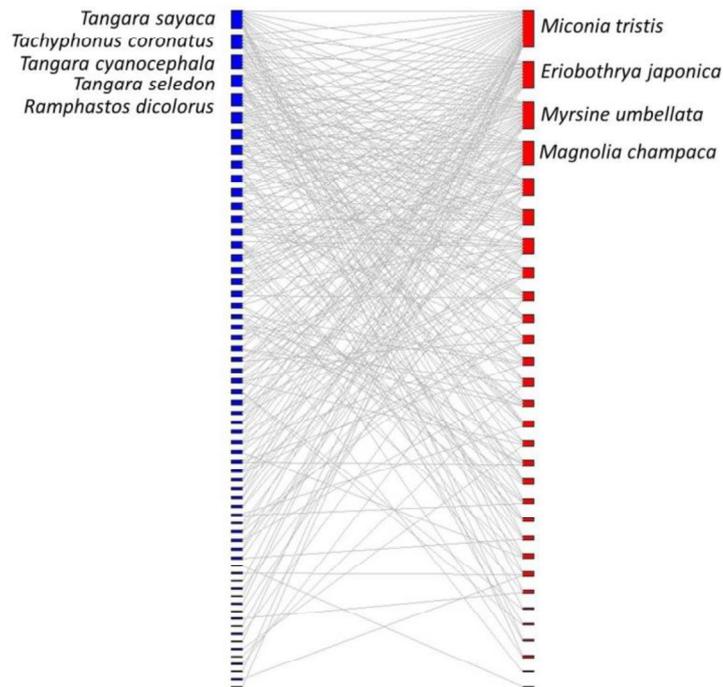


Figura 4 – Representação da rede de interações entre as aves consumidoras de frutos (à esquerda) e plantas (à direita) no Parque Estadual Carlos Botelho. Acima, encontram-se as espécies com maior número de interações (em destaque) e abaixo as espécies com menor número de interações.

As matrizes simuladas apresentaram valores de NODF abaixo do observado, portanto, o padrão encontrado não segue um padrão aleatório (Fig. 5), ou seja, as interações não ocorrem ao

acaso, existem fatores que determinam o aninhamento da rede, os quais podem estar relacionados com os aspectos fenotípicos, fenológicos e adaptativos das espécies.

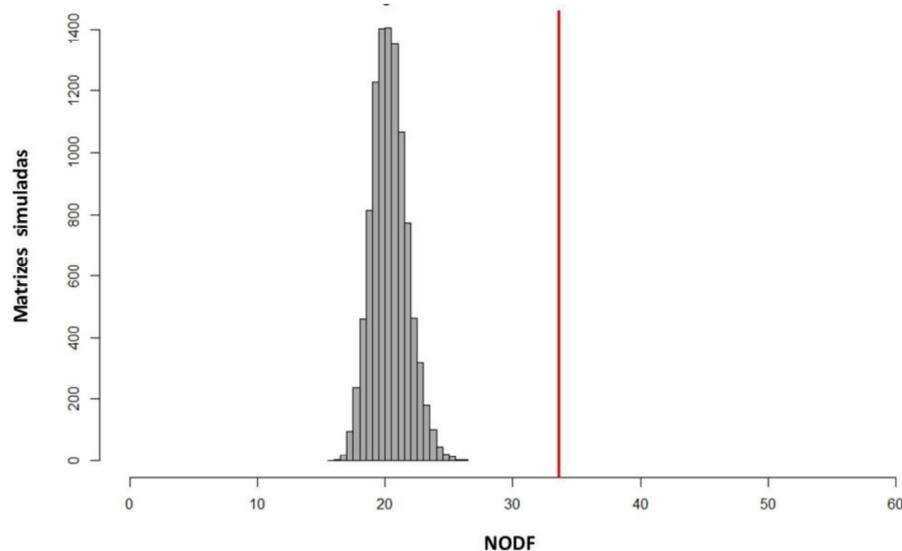


Figura 5 – Histograma das matrizes simuladas com o Modelo nulo tipo 2 de Bascompte et al. (2003). As barras representam os valores de NODF das redes simuladas e a linha em vermelho o NODF da rede encontrada no presente estudo.

A rede foi representada por 63 espécies de aves e 30 espécies de plantas. Foram observadas 255 interações qualitativas (Fig. 4 e apêndice 4) e 1151 interações quantitativas (Fig. 6 e apêndice 5). A conectância da rede foi baixa, apresentando apenas 13% das interações possíveis e, conseqüentemente, o grau médio das espécies também foi baixo 8,5 e 4,05, para plantas e aves, respectivamente. As espécies de plantas que tiveram maior número de interações foram *Miconia tristis* e *Eriobothrya japonica* (34 e 25 interações, respectivamente). As que apresentaram maior frequência foram *Magnolia champaca* e *Eriobothrya japonica* (235 e 212 visitas, respectivamente). As plantas com menor número de interações foram Sapindaceae e *Leandra australis* cada uma interagiu com uma espécie de ave.

As espécies de aves que apresentaram maior número de interações foram *Tangara sayaca*, com 16 interações e *Tachyphonus coronatus* e *Tangara cyanocephala*, ambas interagiram com 13 espécies de plantas. *Dacnis cayana* foi a que apresentou maior frequência de visitação (98 visitas), interagindo fortemente com as exóticas *Magnolia champaca* e *Eriobothrya japonica* (Fig. 6 e apêndice 5).

Tangara sayaca além de apresentar maior número de interações foi também muito frequente, apresentando 35 visitas. E as com menor número de interações foram *Cacicus*

chrysopterus, *Conirostrum speciosum*, *Hylophilus poicilotis*, *Phylloscartes sylviolus*, *Pionopsitta pileata*, *Pyroderus scutatus*, *Tersina viridis*, *Tityra cayana*, *Tityra inquisitor*, *Troglodytes musculus* e *Turdus albicollis*, todas interagindo com apenas uma espécie de planta (apêndice 4).

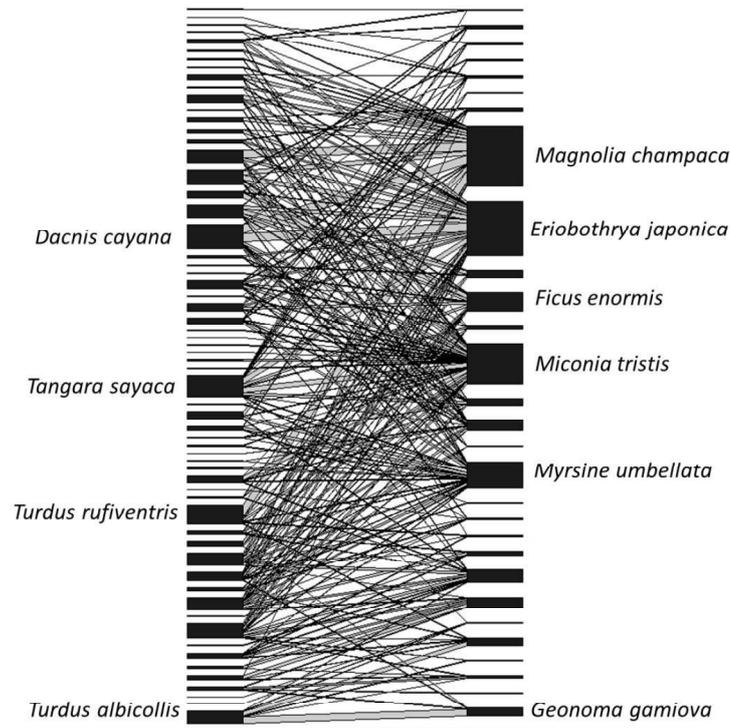


Figura 6 – Representação da rede de interações entre as aves consumidoras de frutos (à esquerda) e plantas (à direita) no Parque Estadual Carlos Botelho. A espessura das barras representa a frequência de interação de cada espécie e a espessura das linhas que conectam as barras representa a frequência de interação que uma espécie teve com a outra (em destaque as espécies mais frequentes e com maior força de interação).

Geonoma gamiova interagiu com *Habia rubica*, *Penelope obscura*, *Ramphastos dicolorus* e *Turdus albicollis*, sendo esta última a espécie mais frequente, indicando sua forte interação com a mesma (Fig. 6). Porém, *Penelope obscura* e *Ramphastos dicolorus*, embora tenham sido pouco frequentes, ingeriram uma grande quantidade de frutos por visita, o que também as tornam importantes dispersoras de sementes dessa planta, mostrando que nem sempre as espécies mais frequentes são mais importantes que as espécies que realizam visitas esporádicas.

As espécies vegetais exóticas, embora tenham apresentado uma grande quantidade de interações, não interferiram nas interações das aves com as espécies vegetais nativas, pois,

estas exóticas frutificaram quando as nativas estavam terminando seu período de frutificação (Apêndice 3).

A exclusão das espécies exóticas da rede de interações não alterou significativamente sua conectância e nem seu aninhamento (12%, NODF = 32, $p < 0,01$).

DISCUSSÃO

A rede de interações entre as aves frugívoras e plantas do Parque Estadual Carlos Botelho apresentou um padrão aninhado, o que a torna possivelmente mais resistente às perturbações antrópicas, pois, por ser uma área conservada, o parque abriga a maioria de sua diversidade de espécies. Fortuna & Bascompte (2006) ao analisarem a estrutura de redes reais e redes simuladas em resposta à perda de habitat, observaram que as redes reais começaram a perder espécies mais rapidamente que as redes simuladas, porém, as redes reais devido ao seu alto grau de aninhamento e heterogeneidade, persistiram por mais tempo à destruição. Isto ocorre porque, em redes aninhadas, as primeiras espécies a se extinguirem são as especialistas, ou seja, aquelas que apresentam um menor número de interações, e essas acabam sendo substituídas pelas espécies generalistas, que apresentam um maior número de interações e que, devido a sua robustez na interação entre elas mesmas, são as últimas a se extinguirem (Fortuna & Bascompte 2006). Assim, as comunidades que apresentam uma rede de interações aninhada, mesmo que percam de imediato as espécies especialistas, podem suportar um dano ambiental por um período maior que uma rede não aninhada, devido, principalmente, à presença de interações entre as generalistas. Portanto, a comunidade de aves e plantas analisadas no Parque Estadual Carlos Botelho se mostrou estável e resistente do ponto de vista ao funcionamento de suas interações.

Dentre as espécies vegetais generalistas que mais contribuíram para o aninhamento da rede foram espécies nativas de frutos pequenos e longo período de frutificação (ver Capítulo 1). O mesmo foi encontrado por Vidal *et al.* (2014) ao analisarem as redes de interações planta-frugívoros em três localidades da Mata atlântica, no qual também foi concluído que as espécies que mais contribuíram para a organização da rede estavam em maior risco de extinção.

No presente estudo, das espécies vegetais que participaram da rede, somente *Euterpe edulis* encontra-se em algum grau de ameaça, classificado como vulnerável (Apêndice 3). Entre as aves estão *Carpornis cucullata*, *Euphonia chalybea*, *Phylloscartes sylviolus* (Apêndice 2). Porém, essas espécies não foram as que mais contribuíram para a organização da rede, no

entanto, algumas delas mostraram-se importantes em suas interações como dispersoras (ver Capítulo 1). As aves que mais contribuíram para a organização da rede foram também as que se mostraram potencialmente dispersoras nos diferentes ambientes (ver Capítulo 1).

As espécies vegetais exóticas *Magnolia champaca* e *Eriobothrya japonica*, além de apresentarem maior frequência de interações, também foram as espécies de plantas que interagiram com uma grande diversidade de espécies de aves. Albrecht *et al.* (2014) observaram, comparando ambientes com e sem espécies exóticas invasoras, que a conectância e o aninhamento não foram significativamente afetados pela generalização das espécies exóticas invasoras. O mesmo foi encontrado por Aizen *et al.* (2008) em que a conectividade da rede global de polinização não foi afetada pelas exóticas, porém, as ligações foram transferidas das espécies nativas generalistas para espécies exóticas generalistas durante a invasão, o que diminuiu a conectividade entre as espécies nativas. No presente estudo os resultados foram semelhantes, pois ao excluir as espécies exóticas da rede, a conectância e o aninhamento não foram significativamente afetados. No entanto, as interações entre as espécies nativas não diminuíram com a presença das exóticas, pois, estas, além de não serem potencialmente invasoras (ver Capítulo 1), não afetaram as interações entre as nativas generalistas principalmente porque o período de frutificação entre elas foi diferente (Apêndice 3), mas também porque essas exóticas estão em menor número de indivíduos (ver Capítulo 1 - Tabela 3).

Portanto, as espécies generalistas colaboram na estabilidade da comunidade. E algumas espécies vegetais exóticas presentes em um dos ambientes se comportaram como generalistas, pois foram bastante frequentadas e apresentaram uma grande quantidade de interações. Porém, não foram elas as principais responsáveis pelo aninhamento na estrutura da rede da comunidade, o que permite dizer que, essas espécies, embora sejam muito atraentes à avifauna local, não interferiram no funcionamento da comunidade e, portanto, foram somente fontes de recurso extra nos meses em que os recursos fornecidos pelas nativas diminuíram.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIZEN, M. A., MORALES, C.L., MORALES, J.M 2008. Invasive Mutualists Erode Native Pollination Webs. PLoS Biol 6(2): e31

- ALBRECHT M, PADRÓN B, BARTOMEUS I, TRAVESET A. 2014 Consequences of plant invasions on compartmentalization and species' roles in plant–pollinator networks. *Proc. R. Soc. B* 281: 20140773.
- ALMEIDA-NETO, M., GUIMARÃES, P., GUIMARÃES JR, P.R., LOYOLA, R.D. & ULRICH, W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, 117: 1227-1239.
- BASCOMPTE, J., JORDANO, P., MELIÁN, C.J. & OLESEN, J.M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *PNAS*, 100:9383-9387.
- BASCOMPTE, J., JORDANO, P., OLESEN, J.M. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312: 431-433.
- BERGSTROM, D.M., LUCIEER, A., KIEFER, K., WASLEY, J., BELBIN, L., PEDERSEN, T.K., & CHOWN, S.L. 2009. Indirect effects of invasive species removal devastate World Heritage Island *Journal of Applied Ecology* 2009, 46, 73–81
- CARLO, T.A. & YANG, S. 2011. Network models of frugivory and seed dispersal: Challenges and opportunities. *Acta Oecologica* 37: 619-624
- FORTUNA, M.A. & BASCOMPTE, J. 2006. Habitat loss and the structure of plant–animal mutualistic networks. *Ecology Letters* 9: 281–286
- FORTUNA, M.A., STOUFFER, D.B., OLESEN, J.M., JORDANO, P., MOUILLOT, D., KRASNOV, B.R., POULIN, R. & BASCOMPTE, J. 2010. Nestedness versus modularity in ecological networks: two sides of the same coin? *Journal of Animal Ecology* 79, 811–817
- GLEDITSCH, J.M. & CARLO, T.A. 2011. Fruit quantity of invasive shrubs predicts the abundance of common native avian frugivores in central Pennsylvania. *Diversity and Distributions* 17, 244–253
- GUIMARÃES JR., P.R., JORDANO, P. AND THOMPSON, J.N. 2011. Evolution and coevolution in mutualistic networks. *Ecology Letters* 14: 877–885
- HOWE, H.F. AND SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Ann Rev. Ecol. Syst.* 13: 201-28
- JORDANO, P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *American Naturalist*, 129(5):

657-677.

- JORDANO, P. 2000. Fruits and frugivory. In: Fenner, M. (ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* 2nd edition. CABI Publ., Wallingford, UK. Pages 125-166.
- JORDANO, P., BASCOMPTE, J. & OLESEN, J.M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters* 6:69-81
- MARINI, M.A. & GARCIA, F.I. 2005. Conservação de aves no Brasil. *Megadiversidade* 1(1): 95-102.
- MEMMOTT, J., WASER, N.M. & PRICE, M.V. 2004. Tolerance of pollinator networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 271, 2605–2611.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2013. Mata Atlântica. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>> Acesso em 01 de novembro de 2013.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature* 403: 853-858.
- OLESEN, J.M., BASCOMPTE J., DUPONT, Y.L., ELBERLING, H., RASMUSSEN, C. AND JORDANO, P. 2010. Missing and forbidden links in mutualistic networks. *Proceedings of the Royal Society*, B. 278: 725 – 732.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL: <http://www.r-project.org>.
- RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F.J., HIROTA, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141-1153.
- SILVA, W.R., DE MARCO-JR, P., HASUI, E., GOMES, V.S.M. 2002. Patterns of fruit-frugivore interactions in two Atlantic Forest bird communities of south-eastern Brazil: implications for conservation. Pp. 423-435. In: Levey, D.J., Silva, W.R., Galetti, M. (eds.). *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. New York, CAB International.
- SILVA, W., GUIMARAES, P.R., GUIMARAES, P., DOS REIS, S.F. 2007. Investigating fragility in plant-frugivore networks: a case study for Atlantic Forest . In: Dennis, A., Green, R., Schupp, E.W., Wescott, D. *Frugivory and seed dispersal: theory and*

applications in a changing world. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureau International.

TYLIANAKIS, J.M., LALIBERTÉ, E., NIELSEN, A., BASCOMPTE, J. 2010. Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation* 143: 2270–2279.

ULRICH, W., ALMEIDA-NETO, M. AND GOTELLI, N.J. 2009. A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos*, 118: 3-17

VIDAL, M. M., HASUI, E., PIZO, M. A., TAMASHIRO, J. Y., SILVA, W. R. & GUIMARÃES JR, P. R. 2014. Frugivores at higher risk of extinction are the key elements of a mutualistic network. *Ecology* 95(12), 2014, pp. 3440–3447

CONCLUSÕES GERAIS

O presente estudo mostrou que tanto os frugívoros de grande porte como os de pequeno a médio porte são importantes dispersores nos diferentes ambientes, porém, os frugívoros de grande porte são mais efetivos no que diz respeito à dispersão de sementes grandes.

A análise da abundância das aves com a frequência de interações mostrou que nem sempre uma ave abundante terá mais interações que espécies raras. Pois as interações dependem de diversos fatores fenotípicos, fenológicos e adaptativos das espécies.

A análise da rede de interações mostrou que as espécies generalistas contribuíram para a estabilidade da comunidade e que as espécies vegetais exóticas, mesmo as generalistas, não interferiram na estrutura da rede. Além disto, a maioria dessas espécies vegetais exóticas não foram possivelmente dispersas pelas aves e, embora tenham atraído a avifauna, não afetaram as interações entre as espécies nativas porque frutificaram em períodos distintos e, portanto, foram somente fontes de recurso extra nos meses mais frios.

Portanto, a análise da rede de interações foi uma importante ferramenta para entender como as espécies estão organizadas dentro da comunidade e como as espécies exóticas estão interagindo com a comunidade local. Além do mais, o estudo de rede de interações juntamente com as características biológicas das espécies é fundamental para entender a importância que cada espécie tem dentro da comunidade e permite fazer previsões de danos futuros às comunidades, podendo auxiliar em tomadas de decisões quanto à conservação da biodiversidade.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Planilha de campo para o registro das interações entre as espécies de plantas e aves nas diferentes áreas (adaptada de Pizo & Galetti, 2010).

Data:		Método utilizado:			Período de observação:			
Local	Horário	Espécie visitada	Espécie visitante	Nº de indivíduos	Tempo total da visita	Nº de frutos consumidos	Comportamento alimentar	Outras observações

Apêndice 2 – Espécies de aves observadas nas diferentes áreas do Parque Estadual Carlos Botelho, São Miguel Arcanjo-SP, Brasil.

Táxon	Nome comum	Áreas	Guilda	Ameaça (IUCN)	Endemismo (CBRO)	Sensibilidade (Stotz)
Tinamiformes						
Tinamidae						
<i>Tinamus solitarius</i> (Vieillot, 1819)	macuco	S / I / A	F	NT		M
<i>Crypturellus obsoletus</i> (Temminck, 1815)	inhambuagaçu	S / I / A	O			L
Galliformes						
Cracidae						
<i>Penelope obscura</i> Temminck, 1815	jacuaçu	S / I / A	F			M
Odontophoridae						
<i>Odontophorus capueira</i> (Spix, 1825)	uru	S / I / A	O			H
Pelecaniformes						
Ardeidae						
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	maria-faceira	S	O			M
Threskiornithidae						
<i>Theristicus caudatus</i> (Boddaert, 1783)	curicaca	S / A	O			L
Cathartiformes						
Cathartidae						
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	urubu-de-cabeça-vermelha	S / I	D			L
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	urubu-de-cabeça-preta	S / I	D			L
Accipitriformes						
Accipitridae						
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	gavião-carijó	S	O			L
<i>Spizaetus tyrannus</i> (Wied, 1820)	gavião-pega-macaco	S / I / A	C			M
Gruiformes						
Rallidae						
<i>Aramides saracura</i> (Spix, 1825)	saracura-do-mato	S	O			M
Charadriiformes						
Charadriidae						

Táxon	Nome comum	Áreas	Guilda	Ameaça (IUCN)	Endemismo (CBRO)	Sensibilidade (Stotz)
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	quero-quero	S	I			L
Columbiformes						
Columbidae						
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	pombão	S / I	O			M
<i>Patagioenas cayennensis</i> (Bonaterre, 1792)	pomba-galega	I	F			M
<i>Patagioenas plumbea</i> (Vieillot, 1818)	pomba-amargosa	I / A	F			H
<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	pomba-de-bando	S	G			L
<i>Leptotila verreauxi</i> Bonaparte, 1855	juriti-pupu	I	G			L
<i>Geotrygon montana</i> (Linnaeus, 1758)	pariri	A	F			M
Cuculiformes						
Cuculidae						
<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	alma-de-gato	S / I / A	I			L
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	anu-branco	S	O			L
Strigiformes						
Strigidae						
<i>Megascops choliba</i> (Vieillot, 1817)	corujinha-do-mato	S	I			L
<i>Pulsatrix koeniswaldiana</i> (Bertoni & Bertoni, 1901)	murucututu-de-barriga-amarela	A	O			H
Nyctibiiformes						
Nyctibiidae						
<i>Nyctibius griseus</i> (Gmelin, 1789)	mãe-da-lua	S / I	I			L
Apodiformes						
Apodidae						
<i>Streptoprocne zonaris</i> (Shaw, 1796)	taperuçu-de-coleira-branca	S	I			L
<i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr, 1907	andorinhão-do-temporal	S	I			L
Trochilidae						
<i>Phaethornis pretrei</i> (Lesson & Delattre, 1839)	rabo-branco-acanelado	S / A	N			L
<i>Phaethornis eurynome</i> (Lesson, 1832)	rabo-branco-de-garganta-rajada	A	N			M
<i>Eupetomena macroura</i> (Gmelin, 1788)	beija-flor-tesoura	S	N			L
<i>Florisuga fusca</i> (Vieillot, 1817)	beija-flor-preto	S / I	N			M
<i>Anthracothorax nigricollis</i> (Vieillot, 1817)	beija-flor-de-veste-preta	S	N			L
<i>Chlorostilbon lucidus</i> (Shaw, 1812)	besourinho-de-bico-vermelho	S	N			L
<i>Thalurania glaucopis</i> (Gmelin, 1788)	beija-flor-de-fronte-violeta	S / I / A	N			M
<i>Leucochloris albicollis</i> (Vieillot, 1818)	beija-flor-de-papo-branco	S	N			L
<i>Amazilia versicolor</i> (Vieillot, 1818)	beija-flor-de-banda-branca	S / I	N			L
<i>Amazilia lactea</i> (Lesson, 1832)	beija-flor-de-peito-azul	S	N			L
<i>Clytolaema rubricauda</i> (Boddaert, 1783)	beija-flor-rubi	A	N		*	M
Trogoniformes						
Trogonidae						
<i>Trogon viridis</i> Linnaeus, 1766	surucuá-grande-de-barriga-amarela	S / I / A	O			M

Táxon	Nome comum	Áreas	Guilda	Ameaça (IUCN)	Endemismo (CBRO)	Sensibilidade (Stotz)
<i>Trogon surrucura</i> Vieillot, 1817	surucuá-variado	S / I / A	I			M
<i>Trogon rufus</i> Gmelin, 1788	surucuá-de-barriga-amarela	I / A	O			M
Coraciiformes						
Alcedinidae						
<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	martim-pescador-grande	S	P			L
Momotidae						
<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot, 1818)	juruva-verde	I / A	O			M
Piciformes						
Ramphastidae						
<i>Ramphastos dicolorus</i> Linnaeus, 1766	tucano-de-bico-verde	S / I / A	O			M
Picidae						
<i>Picumnus temminckii</i> Lafresnaye, 1845	pica-pau-anão-de-coleira	S / I / A	I			M
<i>Melanerpes candidus</i> (Otto, 1796)	pica-pau-branco	S	O			L
<i>Melanerpes flavifrons</i> (Vieillot, 1818)	benedito-de-testa-amarela	S / I	O			M
<i>Veniliornis spilogaster</i> (Wagler, 1827)	picapauzinho-verde-carijó	S / I / A	I			M
<i>Piculus aurulentus</i> (Temminck, 1821)	pica-pau-dourado	I / A	I	NT		M
<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	pica-pau-verde-barrado	A	I			L
<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	pica-pau-do-campo	S	I			L
<i>Celeus flavescens</i> (Gmelin, 1788)	pica-pau-de-cabeça-amarela	S / I / A	O			M
<i>Dryocopus lineatus</i> (Linnaeus, 1766)	pica-pau-de-banda-branca	S	I			L
<i>Campephilus robustus</i> (Lichtenstein, 1818)	pica-pau-rei	S / I / A	I			M
Cariamiformes						
Cariamidae						
<i>Cariama cristata</i> (Linnaeus, 1766)	seriema	S	O			M
Falconiformes						
Falconidae						
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	caracará	S	O			L
<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	carrapateiro	S / I / A	O			L
<i>Herpetotheres cachinnans</i> (Linnaeus, 1758)	acauã	S	C			L
<i>Micrastur ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	falcão-caburé	S / I / A	C			M
<i>Micrastur semitorquatus</i> (Vieillot, 1817)	falcão-relógio	S / A	C			M
Psittaciformes						
Psittacidae						
<i>Pyrrhura frontalis</i> (Vieillot, 1817)	tiriba-de-testa-vermelha	S / I / A	F			M
<i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824)	tuim	S	F			L
<i>Brotogeris tirica</i> (Gmelin, 1788)	periquito-rico	S / I / A	F		*	L
<i>Pionopsitta pileata</i> (Scopoli, 1769)	cuiú-cuiú	S / I / A	F			M
<i>Pionus maximiliani</i> (Kuhl, 1820)	maitaca-verde	S / I / A	F			M
Passeriformes						
Thamnophilidae						
<i>Terenura maculata</i> (Wied, 1831)	zidedê	A	I			M
<i>Rhopias gularis</i> (Spix, 1825)	choquinha-de-garganta-pintada	I / A	I		*	M

Táxon	Nome comum	Áreas	Guilda	Ameaça (IUCN)	Endemismo (CBRO)	Sensibilidade (Stotz)
<i>Dysithamnus stictothorax</i> (Temminck, 1823)	choquinha-de-peito-pintado	A	I	NT	*	M
<i>Dysithamnus mentalis</i> (Temminck, 1823)	choquinha-lisa	I / A	I			M
<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot, 1816	choca-da-mata	S / I / A	I			L
<i>Hypoedaleus guttatus</i> (Vieillot, 1816)	chocão-carijó	I / A	I			H
<i>Batara cinerea</i> (Vieillot, 1819)	matracão	S / A	O			M
<i>Myrmoderus squamosus</i> (Pelzeln, 1868)	papa-formiga-de-grota	I / A	I		*	M
<i>Pyriglena leucoptera</i> (Vieillot, 1818)	papa-taoca-do-sul	I / A	I			M
<i>Drymophila ochropyga</i> (Hellmayr, 1906)	choquinha-de-dorso-vermelho	I	I	NT	*	M
Conopophagidae						
<i>Conopophaga melanops</i> (Vieillot, 1818)	cuspidor-de-máscara-preta	A	I		*	H
Grallariidae						
<i>Grallaria varia</i> (Boddaert, 1783)	tovacuçu	I / A	I			H
Formicariidae						
<i>Chamaeza campanisona</i> (Lichtenstein, 1823)	to vaca-campainha	I / A	O			H
<i>Chamaeza meruloides</i> Vigors, 1825	to vaca-cantadora	I / A	I		*	M
Scleruridae						
<i>Sclerurus scansor</i> (Ménétrières, 1835)	vira-folha	A	I			H
Dendrocolaptidae						
<i>Dendrocincla turdina</i> (Lichtenstein, 1820)	arapaçu-liso	S / I / A	I			M
<i>Sittasomus griseicapillus</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-verde	I / A	I			M
<i>Xiphorhynchus fuscus</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-rajado	S / I / A	I			H
<i>Dendrocolaptes platyrostris</i> Spix, 1825	arapaçu-grande	A	I			M
<i>Xiphocolaptes albicollis</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-de-garganta-branca	S / I / A	O			M
Xenopidae						
<i>Xenops minutus</i> (Sparman, 1788)	bico-virado-miúdo	I / A	I			M
<i>Xenops rutilans</i> Temminck, 1821	bico-virado-carijó	I	I			M
Furnariidae						
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	joão-de-barro	S	I			L
<i>Automolus leucophthalmus</i> (Wied, 1821)	barranqueiro-de-olho-branco	I / A	I			M
<i>Philydor atricapillus</i> (Wied, 1821)	limpa-folha-coroadado	I / A	I			H
<i>Philydor rufum</i> (Vieillot, 1818)	limpa-folha-de-testa-baia	I / A	I			M

Táxon	Nome comum	Áreas	Guilda	Ameaça (IUCN)	Endemismo (CBRO)	Sensibilidade (Stotz)
<i>Heliobletus contaminatus</i> Berlepsch, 1885	trepadorzinho	S / A	I			H
<i>Cichlocolaptes leucophrus</i> (Jardine & Selby, 1830)	trepador-sobrancelha	A	I		*	H
<i>Leptasthenura setaria</i> (Temminck, 1824)	grimpeiro	S	I	NT		M
<i>Synallaxis ruficapilla</i> Vieillot, 1819	pichororé	I	I			M
<i>Cranioleuca pallida</i> (Wied, 1831)	arredio-pálido	A	I		*	M
Pipridae						
<i>Neopelma chrysolophum</i> Pinto, 1944	fruxu	I	O		*	M
<i>Chiroxiphia caudata</i> (Shaw & Nodder, 1793)	tangará	S / I / A	O			L
Oxyruncidae						
<i>Oxyruncus cristatus</i> Swainson, 1821	araponga-do-horto	I / A	O			H
Tityridae						
<i>Schiffornis virescens</i> (Lafresnaye, 1838)	flautim	S / I / A	I			M
<i>Tityra inquisitor</i> (Lichtenstein, 1823)	anambé-branco-de-bochecha-parda	I	O			M
<i>Tityra cayana</i> (Linnaeus, 1766)	anambé-branco-de-rabo-preto	S / A	F			M
<i>Pachyramphus castaneus</i> (Jardine & Selby, 1827)	caneleiro	S / A	I			M
<i>Pachyramphus validus</i> (Lichtenstein, 1823)	caneleiro-de-chapéu-preto	I	I			M
Cotingidae						
<i>Procnias nudicollis</i> (Vieillot, 1817)	araponga	I / A	F	VU		M
<i>Pyroderus scutatus</i> (Shaw, 1792)	pavó	S / I / A	O			M
<i>Carpornis cucullata</i> (Swainson, 1821)	corocochó	S / I / A	F	NT	*	H
Platyrinchidae						
<i>Platyrinchus mystaceus</i> Vieillot, 1818	patinho	I / A	I			M
<i>Platyrinchus leucoryphus</i> Wied, 1831	patinho-gigante	A	I	VU		H
Rhynchocyclidae						
<i>Mionectes rufiventris</i> Cabanis, 1846	abre-asa-de-cabeça-cinza	S / I / A	O			M
<i>Leptopogon amaurocephalus</i> Tschudi, 1846	cabeçudo	S / I / A	I			M
<i>Phylloscartes paulista</i> Ihering & Ihering, 1907	não-pode-parar	A	I	NT		M
<i>Phylloscartes oustaleti</i> (Sclater, 1887)	papa-moscas-de-olheiras	A	I	NT	*	H
<i>Phylloscartes sylviolus</i> (Cabanis & Heine, 1859)	maria-pequena	S	I	NT		M
<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix, 1825)	bico-chato-de-orelha-preta	S / I / A	I			M
<i>Todirostrum poliocephalum</i> (Wied, 1831)	teque-teque	S / I / A	I		*	L
<i>Poecilotriccus plumbeiceps</i>	tororó	I	I			M

Táxon	Nome comum	Áreas	Guilda	Ameaça (IUCN)	Endemismo (CBRO)	Sensibilidade (Stotz)
(Lafresnaye, 1846)						
<i>Myiornis auricularis</i> (Vieillot, 1818)	miudinho	S / I / A	I			L
<i>Hemitriccus obsoletus</i> (Miranda-Ribeiro, 1906)	catraca	I	I			M
Tyrannidae						
<i>Tyranniscus burmeisteri</i> (Cabanis & Heine, 1859)	piolhinho-chiador	A	O			M
<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	risadinha	S / I	O			L
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	guaracava-de-barriga-amarela	S	O			L
<i>Phyllomyias fasciatus</i> (Thunberg, 1822)	piolhinho	S	O			M
<i>Phyllomyias griseicapilla</i> Sclater, 1862	piolhinho-serrano	A	O	NT	*	M
<i>Attila phoenicurus</i> Pelzeln, 1868	capitão-castanho	S / I / A	I			H
<i>Attila rufus</i> (Vieillot, 1819)	capitão-de-saíra	S / I / A	I		*	M
<i>Legatus leucophaeus</i> (Vieillot, 1818)	bem-te-vi-pirata	I	O			L
<i>Myiarchus swainsoni</i> Cabanis & Heine, 1859	irré	S / I / A	O			L
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	bem-te-vi	S	O			L
<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	suiriri-cavaleiro	S	I			L
<i>Myiodynastes maculatus</i> (Stadius Muller, 1776)	bem-te-vi-rajado	S / I / A	O			L
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	neinei	S / I / A	O			L
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	bentevizinho-de-penacho-vermelho	S / I	O			L
<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819	suiriri	S / I	I			L
<i>Tyrannus savana</i> Vieillot, 1808	tesourinha	S	I			L
<i>Empidonamus varius</i> (Vieillot, 1818)	peitica	S / I	O			L
<i>Fluvicola nengeta</i> (Linnaeus, 1766)	lavadeira-mascarada	S	I			L
<i>Lathrotriccus euleri</i> (Cabanis, 1868)	enferrujado	S / I / A	I			M
<i>Satrapa icterophrys</i> (Vieillot, 1818)	suiriri-pequeno	S	I			L
<i>Muscipra vetula</i> (Lichtenstein, 1823)	tesoura-cinzenta	I	I			M
Vireonidae						
<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	pitiguari	S / I / A	O			L
<i>Vireo chivi</i> (Vieillot, 1817)	juruviara	S / I / A	O			L
<i>Hylophilus poicilotis</i> Temminck, 1822	verdinho-coroado	S / I / A	I			M
Hirundinidae						
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	andorinha-pequena-de-casa	S	I			L
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	andorinha-serradora	S	I			L
<i>Progne tapera</i> (Vieillot, 1817)	andorinha-do-campo	S				L
<i>Progne chalybea</i> (Gmelin, 1789)	andorinha-doméstica-grande	S	I			L

Táxon	Nome comum	Áreas	Guilda	Ameaça (IUCN)	Endemismo (CBRO)	Sensibilidade (Stotz)
<i>Tachycineta leucorrhoa</i> (Vieillot, 1817)	andorinha-de-sobre-branco	S	I			L
Troglodytidae						
<i>Troglodytes musculus</i> Naumann, 1823	corruíra	S	I			L
Poliptilidae						
<i>Ramphocaenus melanurus</i> Vieillot, 1819	bico-assovelado	A	I			L
Turdidae						
<i>Turdus flavipes</i> Vieillot, 1818	sabiá-una	S / I / A	F			M
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	sabiá-barranco	S / I	O			L
<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot, 1818	sabiá-laranjeira	S / I	O			L
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	sabiá-poca	S	O			L
<i>Turdus albicollis</i> Vieillot, 1818	sabiá-coleira	S / I / A	O			M
Passerellidae						
<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776)	tico-tico	S	O			L
Parulidae						
<i>Setophaga pitiayumi</i> (Vieillot, 1817)	mariquita	S / I / A	O			M
<i>Geothlypis aequinoctialis</i> (Gmelin, 1789)	pia-cobra	I	I			L
<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	pula-pula	S / I / A	I			M
<i>Myiothlypis leucoblephara</i> (Vieillot, 1817)	pula-pula-assobiador	S / I / A	I			M
<i>Myiothlypis rivularis</i> (Wied, 1821)	pula-pula-ribeirinho	A	I			M
Icteridae						
<i>Cacicus chrysopterus</i> (Vigors, 1825)	tecelão	S / I / A	O			M
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	vira-bosta	S	O			L
Mitrospingidae						
<i>Orthogonys chloricterus</i> (Vieillot, 1819)	catirumbava	S / I	I		*	M
Thraupidae						
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	cambacica	S / A	N			L
<i>Thlypopsis sordida</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	saí-canário	I	O			L
<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	tiê-preto	S / I / A	O			L
<i>Lanio melanops</i> (Vieillot, 1818)	tiê-de-topete	S / I / A	O			M
<i>Tangara seledon</i> (Statius Muller, 1776)	saíra-sete-cores	S / I / A	O			M
<i>Tangara cyanocephala</i> (Statius Muller, 1776)	saíra-militar	S / I / A	O			M
<i>Tangara desmaresti</i> (Vieillot, 1819)	saíra-lagarta	S / I / A	O		*	M
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	sanhaçu-cinzento	S / I / A	O			L
<i>Tangara cyanoptera</i> (Vieillot, 1817)	sanhaçu-de-encontro-azul	S / I / A	O		*	L
<i>Tangara palmarum</i> (Wied, 1823)	sanhaçu-do-coqueiro	S	O			L
<i>Tangara ornata</i> (Sparman, 1789)	sanhaçu-de-encontro-amarelo	S / I / A	O		*	M
<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766)	saíra-amarela	S	F			M

Táxon	Nome comum	Áreas	Guilda	Ameaça (IUCN)	Endemismo (CBRO)	Sensibilidade (Stotz)
<i>Tersina viridis</i> (Illiger, 1811)	saí-andorinha	S	O			L
<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus, 1766)	saí-azul	S / I	O			L
<i>Hemithraupis ruficapilla</i> (Vieillot, 1818)	saíra-ferrugem	S / I	I		*	L
<i>Conirostrum speciosum</i> (Temminck, 1824)	figuinha-de-rabo-castanho	S	I			L
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	canário-da-terra-verdadeiro	S	G			L
<i>Sporophila lineola</i> (Linnaeus, 1758)	bigodinho	S	G			L
<i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot, 1823)	coleirinho	S	G			L
Cardinalidae						
<i>Habia rubica</i> (Vieillot, 1817)	tiê-do-mato-grosso	S / I / A	O			H
Fringillidae						
<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	fim-fim	S / I	F			L
<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus, 1758)	gaturamo-verdadeiro	S	F			L
<i>Euphonia chalybea</i> (Mikan, 1825)	cais-cais	S / A	O	NT		M
<i>Euphonia pectoralis</i> (Latham, 1801)	ferro-velho	S / A	O			M

S – sede; I – área em estágio inicial; A – área em estágio avançado; F – frugívoro; O – onívoro; N – nectarívoro; I – insetívoro; G – granívoro; D – detritívoro; P – Piscívoro; C – carnívoro; NT – quase ameaçada; VU – vulnerável; L – sensibilidade baixa; M – sensibilidade média; H - sensibilidade alta.

Guilda – DEL HOYO, J., ELLIOTT, A., SARGATAL, J., CHRISTIE, D.A., JUANA, E. (eds.) 2014. Handbook of the Birds of the World Alive. Lynx Edicions, Barcelona. <www.hbw.com/node/57135> Acesso em 30 de novembro de 2014.

IUCN – IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1. <www.iucnredlist.org>. Acesso em 20 de junho de 2015.

CBRO – Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. 2008. Lista das Aves do Brasil. <www.cbro.org.br> Acesso em 21 de agosto de 2014.

Stotz – STOTZ, D.F., FITZPATRICK, J.W., PARKER III, T.A., MOSKOVITS, D.K.. 1996. Neotropical birds, ecology and conservation. Chicago: University of Chicago Press. 478p.

Apêndice 3 – Espécies de plantas consumidas pelas aves do Parque Estadual Carlos Botelho, São Miguel Arcanjo-SP, Brasil.

Família	Espécies	Frutificação	Forma de vida*	Origem*	Endemismo*	Ameaça*
	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.)					
Lamiaceae	Moldenke	fev-mar	Árvore	Nativa		
Menispermaceae	<i>Cissampelos andromorpha</i> DC.	mar-jun	Liana	Nativa		
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	mai-jun	Árvore	Naturalizada		
Clusiaceae	<i>Clusia criuva</i> Cambess.	jan-fev	Arbusto	Nativa	*	
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess. <i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.)	dez	Árvore	Nativa		
Rosaceae	Lind.	jul-set	Árvore	Exótica		
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum ambiguum</i> Peyr.	jan	Arbusto	Nativa	*	
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	fev-mar	Árvore	Nativa		
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	abr-set	Arbusto	Nativa		

Família	Espécies	Frutificação	Forma de vida*	Origem*	Endemismo*	Ameaça*
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	jun-fev	Árvore	Nativa		VU
Moraceae	<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	mai-set	Árvore	Nativa	*	
Arecaceae	<i>Geonoma gamiova</i> Barb.Rodr. <i>Leandra acutiflora</i> (Naudin)	abr-ago	Arbusto	Nativa	*	
Melastomataceae	Cogn. <i>Leandra australis</i> (Cham.)	mar-mai	Arbusto	Nativa	*	
Melastomataceae	Cogn.	jan-fev	Arbusto	Nativa		
Magnoliaceae	<i>Magnolia champaca</i> (L.)	abr-jul	Árvore	Exótica		
Celastraceae	<i>Maytenus gonoclada</i> Mart.	mai-jun	Árvore	Nativa		
Melastomataceae	<i>Miconia cabucu</i> Hoehne <i>Miconia pusilliflora</i> (DC.)	ago-fev	Árvore	Nativa	*	
Melastomataceae	Naudin <i>Miconia racemifera</i> (DC.)	jul-set	Arbusto	Nativa		
Melastomataceae	Triana	mar-jul	Árvore	Nativa	*	
Melastomataceae	<i>Miconia tristis</i> Spring	mar-abr	Árvore	Nativa	*	
Moraceae	<i>Morus nigra</i> L.	set	Árvore	Exótica		
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	ago-fev	Árvore	Nativa		
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	jan-mai/jul-dez	Árvore	Nativa		
Arecaceae	<i>Phoenix sylvestris</i> (L.) Roxb.	mai-jul	Árvore	Exótica		
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L. <i>Psychotria gracilentia</i>	fev-abr	Árvore	Naturalizada		
Rubiaceae	Müll.Arg.	mai-set	Arbusto	Nativa		
	Sapindaceae	mar-mai	Arbusto	Nativa		
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	fev-jul	Árvore	Nativa		
Smilacaceae	<i>Smilax</i> sp. L.	mai-set	Liana	Nativa		
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp. L.	fev-mar	Árvore	Nativa		

* **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 03 de maio de 2015.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total	
<i>Trogon surrucura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Turdus albicollis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6
<i>Turdus amaurochalinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Turdus flavipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Turdus leucomelas</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Turdus rufiventris</i>	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Vireo chivi</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Zonotrichia capensis</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Total	2	6	3	10	2	25	4	2	4	5	14	4	5	1	21	4	6	5	14	34	7	16	24	7	5	7	1	7	2	8	255	

1 - *Aegiphila integrifolia*, 2 - *Cissampelos andromorpha*, 3 - *Citrus reticulata*, 4 - *Clusia criuva*, 5 - *Cupania vernalis*, 6 - *Eriobothrya japonica*, 7 - *Erythroxylum ambiguum*, 8 - *Eugenia* sp., 9 - *Eugenia uniflora*, 10 - *Euterpe edulis*, 11 - *Ficus enormis*, 12 - *Geonoma gamiova*, 13 - *Leandra acutiflora*, 14 - *Leandra australis*, 15 - *Magnolia champaca*, 16 - *Maytenus gonoclada*, 17 - *Miconia cabucu*, 18 - *Miconia pusilliflora*, 19 - *Miconia racemifera*, 20 - *Miconia tristis*, 21 - *Morus nigra*, 22 - *Myrsine coriacea*, 23 - *Myrsine umbellata*, 24 - *Phoenix sylvestris*, 25 - *Psidium guajava*, 26 - *Psychotria gracilentata*, 27 - *Sapindaceae*, 28 - *Schinus terebinthifolius*, 29 - *Smilax* sp., 30 - *Solanum* sp.

Apêndice 5 – Matriz quantitativa de interações entre as espécies de aves consumidoras de frutos e plantas do Parque Estadual Carlos Botelho, São Miguel Arcanjo-SP, Brasil.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
<i>Attila phoenicurus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Baryphthengus ruficapillus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Brotogeris tirica</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	2	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	24
<i>Cacicus chrysopterus</i>	0	0	1	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	14	
<i>Campostoma obsoletum</i>	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	3	10	0	0	0	0	0	0	3	25	
<i>Carpornis cucullata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Celeus flavescens</i>	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
<i>Chiroxiphia caudata</i>	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	2	0	0	8	0	0	0	0	23	
<i>Coereba flaveola</i>	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
<i>Conirostrum speciosum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Dacnis cayana</i>	0	0	0	3	0	36	0	0	1	0	0	0	0	0	34	0	1	0	1	9	0	5	7	0	0	0	0	0	0	1	98
<i>Elaenia flavogaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
<i>Elaenia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	6	
<i>Empidonomus varius</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	
<i>Euphonia chalybea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
<i>Euphonia chlorotica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
<i>Euphonia violacea</i>	0	0	0	0	7	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11	
<i>Forpus xanthopterygius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
<i>Habia rubica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	13	
<i>Hemithraupis ruficapilla</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	11	
<i>Hylophilus poicilotis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Lanio melanops</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	15	
<i>Lathrotriccus euleri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	
<i>Melanerpes flavifrons</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	19	
<i>Mionectes rufiventris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	2	1	0	0	12	0	0	0	0	0	0	33	
<i>Myiodynastes maculatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	8	0	0	0	1	0	0	14	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
<i>Myiozetetes similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	19
<i>Orthogonys chloricterus</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Oxyruncus cristatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Patagioenas plumbea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Penelope obscura</i>	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
<i>Phylloscartes sylviolus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pionopsitta pileata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pionus maximiliani</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Pyroderus scutatus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Pyrrhura frontalis</i>	0	0	0	0	0	13	0	0	0	15	11	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0	49
<i>Ramphastos dicolorus</i>	1	0	0	0	0	4	1	0	0	9	1	2	0	0	7	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	31
<i>Schiffornis virescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	11
<i>Setophaga piticyumi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Tachyphonus coronatus</i>	0	1	0	4	0	7	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	2	10	10	10	1	2	3	0	0	6	0	0	1	0	55
<i>Tangara cayana</i>	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	28
<i>Tangara cyanocephala</i>	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	9	6	3	1	8	5	1	0	3	0	1	0	0	48
<i>Tangara cyanoptera</i>	0	0	0	0	0	8	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	28
<i>Tangara desmaresti</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	25
<i>Tangara ornata</i>	0	0	0	0	0	17	0	2	0	0	3	0	0	0	17	0	0	0	0	14	1	3	1	0	0	0	0	0	0	1	59
<i>Tangara palmarum</i>	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	8	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	32
<i>Tangara sayaca</i>	0	0	1	9	0	21	0	3	2	0	11	0	0	0	2	1	0	0	0	18	5	2	4	1	1	0	0	1	0	2	84
<i>Tangara seledon</i>	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	10	0	1	1	9	9	0	7	4	0	0	1	0	1	0	0	49
<i>Tersina viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Tityra cayana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Tityra inquisitor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Troglodytes musculus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Trogon rufus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Trogon surrucura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Turdus albicollis</i>	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	52

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
<i>Turdus amaurochalinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Turdus flavipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Turdus leucomelas</i>	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	7	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	51
<i>Turdus rufiventris</i>	0	4	0	0	0	7	3	0	0	0	1	0	0	0	46	0	0	0	0	10	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	75
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Vireo chivi</i>	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	16
<i>Zonotrichia capensis</i>	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Total	2	28	4	24	5	212	7	5	5	28	74	33	9	1	235	4	6	16	49	155	14	44	102	12	11	42	2	8	3	11	1151

1 - *Aegiphila integrifolia*, 2 - *Cissampelos andromorpha*, 3 - *Citrus reticulata*, 4 - *Clusia criuva*, 5 - *Cupania vernalis*, 6 - *Eriobothrya japonica*, 7 - *Erythroxylum ambiguum*, 8 - *Eugenia sp.*, 9 - *Eugenia uniflora*, 10 - *Euterpe edulis*, 11 - *Ficus enervis*, 12 - *Geonoma gamiova*, 13 - *Leandra acutiflora*, 14 - *Leandra australis*, 15 - *Magnolia champaca*, 16 - *Maytenus gonoclada*, 17 - *Miconia cabucu*, 18 - *Miconia pusilliflora*, 19 - *Miconia racemifera*, 20 - *Miconia tristis*, 21 - *Morus nigra*, 22 - *Myrsine coriacea*, 23 - *Myrsine umbellata*, 24 - *Phoenix sylvestris*, 25 - *Psidium guajava*, 26 - *Psychotria gracilentia*, 27 - *Sapindaceae*, 28 - *Schinus terebinthifolius*, 29 - *Smilax sp.*, 30 - *Solanum sp.*

ANEXO

Scripts utilizados nas análises de dados no software R.

```
# 1. Instalando e carregando os pacotes necessários
# install.packages ("bipartite")
require (bipartite)
#i nstall.packages ("sna")
require (sna)
# install.packages ("igraph")
require (igraph)

# 2. Defina o diretório
getwd()
setwd("C:/Users/Suelen/Desktop/Redes de interacoes")

# 3. Leitura da rede quantitativa
ap=as.matrix(read.table("quant.txt"),header=FALSE)
dimnames(ap)=NULL
plotweb(ap)

# Leitura da rede qualitativa (binarizando)
# gera matrizes zeradas
ap.bin=matrix(0,dim(ap)[1],dim(ap)[2])
# preenche com 1's
ap.bin[(which(ap>=1))]=1
# Cria arquivo de matrizes binárias
write.table(ap.bin,file="ap.bin_0.txt",row.names=F, col.names=F, append=T, quote=F)

# carregando a função
source("Ordernet.R")
```

```
# Organiza a matriz de acordo com o grau das espécies
```

```
order.ap=order.net(mat=ap.bin)
```

```
# Decaimento do grau - melhor para ver aninhamento:
```

```
plotweb(order.ap,method="normal",arrow="both",bor.col.interaction="grey",y.width.low=0.02,  
y.width.high=0.02, col.high="red", col.low="blue", high.lablenght=0, low.lablenght=0)
```

```
mtext("ap",side=3 , line=1, font=1)
```

```
# 4. Conectividade
```

```
# 4.1 - Grau e Grau Médio
```

```
# Espécies das linhas - animais
```

```
# Espécies das colunas - plantas
```

```
# Calcula o grau dos animais
```

```
K.ap.An=apply(ap.bin,1,sum)
```

```
K.ap.An
```

```
# Calcula o grau das plantas
```

```
K.ap.Pl=apply(ap.bin,2,sum)
```

```
K.ap.Pl
```

```
# Cálculo do grau médio de animais
```

```
KMed.ap.An=mean(apply(ap.bin,1,sum))
```

```
# Cálculo do grau médio de plantas
```

```
KMed.ap.Pl=mean(apply(ap.bin,2,sum))
```

```
# Visualizando os resultados de grau médio das espécies
```

```
KMed=data.frame(c(round(KMed.ap.An,2)), c(round(KMed.ap.Pl,2)), row.names=c("ap"))
```

```
colnames(KMed)=c("KMed.An" ,"KMed.Pl")
```

```
KMed
```

```

# 4.2 - Conectância
# grau das colunas
K.ap=apply(ap.bin,2,sum)
# número de arestas (interações) na rede
E.ap=apply(as.matrix(K.ap), 2, sum)
# número de linhas
R.ap=dim(ap.bin)[1]
# número de colunas
C.ap=L=dim(ap.bin)[2]
# cálculo da conectância
Conec.ap=E.ap/(R.ap*C.ap)
Conec.ap

# Visualizando o resultado de conectância da rede
Connectance=data.frame(c(round(Conec.ap,2)), row.names=c("ap"))
colnames(Connectance)=c("Connectance")
Connectance

# 5. Aninhamento
# Calcula NODF das matrizes
ap.NODF=nested(ap.bin, method = "NODF2")

# Visualizando os resultados do aninhamento
Nestedness=data.frame(c(round(ap.NODF,2)), row.names=c("ap"))
colnames(Nestedness)=c("NODF")
Nestedness

# 6. Gerando uma matriz de probabilidades
# Null model 2 (Bascompte et al. 2003)
# ordena matriz
source("Ordernet.R")

```

```

mat=order.net(ap.bin)

# dimensões da matriz
m=dim(mat)[1]
n=dim(mat)[2]

# grau das linhas e colunas
rmarg=apply(mat,1,sum)
cmarg=apply(mat,2,sum)

# para visualizar a matriz de probabilidade.
prob=matrix(0,m,n)
for (i in 1:m){for (j in 1:n){prob[i,j]=((rmarg[i]/n)+(cmarg[j]/m))/2 }}
prob

# 6.1. Preenchendo uma matriz por sorteio de acordo com a matriz de probabilidade

R=10000
# Armazena matrizes teóricas
mat.t=array(0,c(m,n,R))
s=1

# repete R vezes
while (s<=R){
# sorteio para cada interação
rand=matrix(runif(m*n),m,n)
# passo auxiliar
aux=mat.t[,s]
# preenche a matriz com 1's
aux[which(rand<prob)]=1

```

```
# 6.2. Para evitar linhas e colunas zeradas
```

```
# linhas
rm.aux=apply(aux,1,sum)
# seleciona colunas aleatoriamente
cols=sample(1:n,sum(rm.aux==0), replace=TRUE)
for (i in 1:sum(rm.aux==0)){
# forma uma interação para linha zerada
aux[which(rm.aux==0)[i],cols[i]]=1 }

# colunas
cm.aux=apply(aux,2,sum)
# seleciona linhas aleatoriamente
rows=sample(1:m,sum(cm.aux==0), replace=TRUE)
for (i in 1:sum(cm.aux==0)){
aux[rows[i],which(cm.aux==0)[i]]=1 }
```

```
# 6.3. Salvando matrizes
```

```
# quando a matriz tem mesmo número de interações que a matriz original
if (sum(aux)==sum(mat)){
# armazena a matriz
mat.t[,s]=aux
s=s+1
```

```
# Visualizando matrizes
```

```
f <- function(m) t(m)[,nrow(m):1]
image(f(aux), col=rev(c("black","white")), xaxt="n", yaxt="n") }
```

```
# 7. Testando a significância do aninhamento
```

```
# carrega pacote
require(bipartite)
```

```

# Aninhamento observado
ap.NODF=nested(ap.bin, method = "NODF2")

# aplica função nested a todas as matrizes geradas
null.NODF=apply(mat.t,3,nested,method="NODF2")
# Quantos valores maiores ou iguais ao da matriz real?
sum(null.NODF>=ap.NODF)
# p-valor
pvalor=sum(null.NODF>=ap.NODF)/R
pvalor

# Visualizando resultado do teste de significância
# distribuição dos valores para redes teóricas
hist(null.NODF, col="darkgrey", xlim=c(0,60),ylab="frequência",
xlab="NODF",main="Histograma das matrizes simuladas/NODF")
# valor observado
abline(v=ap.NODF, col="red", lwd=3)

# 8. Correlação de Pearson - abundância X frequência de interações
# Sede – área aberta
Correlacao1<-read.table("ipaintsede.txt", header=TRUE, sep="\t")
cor.test (~IPA + int, data=Correlacao1)

# Área em estádio inicial
Correlacao2<-read.table("ipaintaceiro.txt", header=TRUE, sep="\t")
cor.test (~IPA + int, data=Correlacao2)

# Área em estádio avançado
Correlacao3<-read.table("ipaintbraco.txt", header=TRUE, sep="\t")
cor.test (~IPA + int, data=Correlacao3)

```

```
# número de indivíduos de plantas X frequência de interações
# Sede
# Carregando o conjunto de dados
Correlacao1<-read.table("ind.int.sede.txt", header=TRUE, sep="\t")
cor.test (~ind. + int., data=Correlacao1)

# Estádio inicial
# Carregando o conjunto de dados
Correlacao2<-read.table("ind.int.aceiro.txt", header=TRUE, sep="\t")
cor.test (~ind. + int., data=Correlacao2)

# Estádio avançado
# Carregando o conjunto de dados
Correlacao3<-read.table("ind.int.braco.txt", header=TRUE, sep="\t")
cor.test (~ind. + int., data=Correlacao3)
```