

# Rede de interações ave-plantas: um estudo sobre frugivoria em áreas urbanas do Brasil

Diego Silva Freitas Oliveira \*

Alexandre Gabriel Franchin

Oswaldo Marçal Júnior

Laboratório de Ornitologia e Bioacústica, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia  
Campus Umuarama, Rua Ceará, s/nº, CEP 38405-315, Uberlândia – MG, Brasil

\* Autor para correspondência  
diegobio10@yahoo.com.br

Submetido em 27/05/2015  
Aceito para publicação em 29/09/2015

## Resumo

No Brasil, poucos trabalhos comparam o consumo de frutos nativos e exóticos, especialmente em ambiente urbano. A Teoria de Redes pode ser útil nestes estudos, pois permite avaliar várias espécies de aves e plantas envolvidas em interações. Os objetivos deste trabalho foram: avaliar uma rede de interações de frugivoria por aves em ambiente urbano; verificar o papel de plantas nativas e exóticas na rede e comparar as assembleias de consumidores destes dois grupos de plantas. Foi conduzida uma revisão da literatura sobre frugivoria por aves em áreas urbanas brasileiras e uma análise foi realizada para criar uma rede de interações em escala regional. Foram incluídos 15 trabalhos na análise com 70 espécies de aves consumindo frutos de 15 espécies de plantas (seis exóticas e nove nativas). Os consumidores de frutos exóticos e nativos não formaram grupos distintos e a rede de interações foi significativamente aninhada (NODF = 0,30;  $p < 0,01$ ) e não modular ( $M = 0,36$ ;  $p = 0,16$ ). Duas plantas exóticas fazem parte do núcleo de generalistas da rede de frugivoria (*Ficus microcarpa* e *Michelia champaca*). Os resultados indicam que um grupo relativamente diversificado de aves consome frutos em áreas urbanas no Brasil de maneira oportunista, sem preferência por nativos ou exóticos.

**Palavras-chave:** Ecologia urbana; Frugivoria; Recursos alimentares; Redes de interações

## Abstract

**Bird-plant interaction networks: a study on frugivory in Brazilian urban areas.** In Brazil, few studies compare the consumption of native and exotic fruits, especially in an urban environment. The Network Theory may be useful in such studies, because it allows evaluating many bird and plant species involved in interactions. The goals of this study were: evaluate a bird frugivory interaction network in an urban environment; checking the role played by native and exotic plants in the network and comparing the consumer assemblies of these two plant groups. A literature review on bird frugivory in Brazilian urban areas was conducted, as well as an analysis to create an interaction network on a regional scale. The analysis included 15 papers with 70 bird species eating fruits from 15 plant species (6 exotic and 9 native). The exotic and native fruit consumers did not form different groups and the interaction network was significantly nested (NODF = 0.30;  $p < 0.01$ ) and not modular ( $M = 0.36$ ;  $p = 0.16$ ). Two exotic plant species are in the generalist core of the frugivory network (*Ficus microcarpa* and *Michelia champaca*). The results point out that a relatively diversified bird group eats fruits in Brazilian urban areas in an opportunistic way, with no preference for native or exotic plants.

**Key words:** Feeding resources; Frugivory; Interaction networks; Urban ecology

## Introdução

O processo de urbanização altera drasticamente o ambiente natural e seus efeitos sobre os animais nativos são maiores e mais duradouros do que os provocados por outras atividades humanas, como agricultura e extração de madeira (MARZLUFF; EWING, 2001). Essas perturbações tendem a se intensificar com o passar do tempo, impossibilitando a recuperação da cobertura original (MCKINNEY, 2006). Mudanças na vegetação, como a substituição de plantas nativas por espécies exóticas estão entre os fatores que contribuem para o impacto da urbanização sobre as comunidades de aves criando uma situação em que espécies de animais e plantas que não ocorrem naturalmente na mesma área passam a interagir (REICHARD et al., 2001; CHACE; WALSH, 2006).

As interações entre aves e plantas podem ocorrer de diversas formas e entre elas está a frugivoria, amplamente estudada em função da importância dos frutos como recurso na alimentação de muitas espécies de aves e da contribuição deste grupo animal na dispersão de sementes (PIZO, 1997). No mundo todo, mais de 1200 espécies de aves terrestres apresentam hábito frugívoro em algum grau (KISSLING et al., 2009) e mais da metade das famílias de aves brasileiras classificadas pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO, 2011) já foram registradas consumindo frutos e/ou sementes (PIZO; GALETTI, 2010).

No Brasil, muitos estudos sobre a frugivoria por aves foram realizados em diversas regiões e tipos de ambiente (FRANCISCO; GALETTI, 2002a; PIZO, 2004; FAUSTINO; MACHADO, 2006). A maioria destes trabalhos foi desenvolvida em áreas naturais e o consumo de frutos por aves em ambiente urbano é relativamente menos estudado (KRÜGEL; BEHR, 1999; GUIMARÃES, 2003; SCHEIBLER; MELO-JÚNIOR, 2003). Entre os estudos realizados em áreas urbanas, poucos avaliam o consumo de frutos de espécies vegetais exóticas por aves (LOMBARDI; MOTTA-JÚNIOR, 1993; MARCONDES-MACHADO et al., 1994; SCHEIBLER; MELO-JÚNIOR, 2003). Comparações entre frutos de plantas nativas e exóticas, no que se refere ao seu consumo por aves em áreas urbanas, vêm

sendo realizadas nos últimos anos em países como China (CORLETT, 2006) e Austrália (DANIELS; KIRKPATRICK, 2006), mas permanecem praticamente inexistentes no Brasil. Uma vez que ao longo do processo de urbanização as espécies nativas tendem a ser substituídas por espécies exóticas (MCKINNEY, 2006), a compreensão das interações entre aves e plantas não-nativas pode ser um passo importante na avaliação de fatores que possibilitam a permanência de aves nas cidades. Informações sobre novas relações ecológicas resultantes da alteração de ecossistemas provocada pelo homem podem auxiliar na elaboração de estratégias de manejo e conservação mais eficientes (HOBBS et al., 2009).

Uma abordagem que vem sendo bastante explorada em estudos de interações ecológicas é a análise de redes complexas. Esta abordagem vem sendo utilizada tanto para descrever interações entre consumidores e recursos, como por exemplo, em teias alimentares (MELIÁN; BASCOMPTE, 2002; 2004) quanto para interações mutualísticas como aquelas entre plantas e seus polinizadores e frugívoros dispersores (BASCOMPTE et al., 2003; JORDANO et al., 2003; MORALES; VASQUEZ, 2008). Redes mutualísticas planta-animal são descritas por grafos bipartidos com dois conjuntos distintos de pontos representando as plantas e animais de uma localidade, e linhas representando as interações entre estes (JORDANO et al., 2003). Este método também permite a construção de redes em escalas maiores (MELLO et al., 2013), isto é, envolvendo mais de uma localidade, através da compilação de dados de diferentes estudos. Mello et al. (2013) utilizaram dados de 40 trabalhos para construir redes mutualísticas entre abelhas coletoras de óleo e plantas da família Malpighiaceae, criando seis redes em escala de bioma. Estudos têm revelado que as redes que descrevem associações mutualísticas entre plantas e animais apresentam um tipo de assimetria na especialização chamado aninhamento (BASCOMPTE et al., 2003). Uma rede de interações aninhada é caracterizada por: 1) espécies generalistas interagindo entre si, formando um núcleo de espécies responsáveis pela maior parte das interações; 2) espécies especialistas, isto é, espécies com poucas interações normalmente interagem somente com

generalistas e 3) ausência quase completa de interações de um especialista com outro especialista.

Além da estrutura aninhada, outra característica que parece comum às redes mutualísticas é a modularidade, isto é, as redes são compostas por módulos que são subgrupos de animais e plantas estreitamente conectados, que se ligam a outros grupos por meio de espécies que interagem além de seus módulos (MELLO et al., 2011). Este conceito está relacionado ao conceito de guildas e grupos funcionais (BLONDEL, 2003).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos: 1. revisar a literatura sobre frugivoria por aves em áreas urbanas brasileiras, verificando as espécies de aves e plantas que interagem nestes ambientes; 2. construir a rede de interações entre as espécies analisadas; 3. verificar se a rede apresenta padrão aninhado e/ou modular e 4. determinar o papel de espécies vegetais exóticas e nativas nessas relações.

## Material e Métodos

### Coleta de dados

Foi realizada uma revisão da literatura sobre frugivoria por aves em ambiente urbano no Brasil utilizando-se as palavras-chave “frugivoria”, “aves”, “ambiente urbano”, “Brasil” e variações destas (ex.: “consumo de frutos”, “área urbana”) em português e inglês. O levantamento foi feito nas bases de dados Web of Science, Science Direct e Google Acadêmico até abril de 2014. Foram incluídos na análise trabalhos realizados em parques, jardins, *campi* universitários, praças e outros locais que estivessem dentro do perímetro urbano de cidades brasileiras. Por meio dessa análise foi criado um banco de dados que inclui o local de estudo, o bioma (segundo IBGE, 2004), a espécie vegetal, origem da espécie vegetal (nativa ou exótica, sendo consideradas exóticas aquelas que não ocorrem naturalmente na região do estudo de acordo com Ministério do Meio Ambiente, 2010), o tipo de fruto (carnoso ou seco com arilo), número de indivíduos observados e horas de observação, número de espécies de aves consumidoras.

### Análise de dados

A similaridade entre a avifauna consumidora de frutos de cada espécie vegetal foi obtida pelo índice de similaridade de Sorensen ( $C_s$ ) considerando presença e ausência das espécies de aves (MAGURRAN, 2004) na comunidade consumidora de cada espécie de planta. Foi realizada uma análise de agrupamentos com base no índice de similaridade e usando como método UPGMA, para verificar se os consumidores de frutos nativos e exóticos constituem grupos distintos. As análises de similaridade e agrupamento foram realizadas com o programa FITOPACSHHELL (SHEPHERD, 2006).

Para verificar se o número de espécies de aves registrado em cada estudo está relacionado com o número de horas de observação foi feita uma regressão linear simples. Outra regressão foi feita entre o número de indivíduos de planta observados e o número de espécies consumidoras. Estas análises foram realizadas no programa Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007).

As espécies foram classificadas de acordo com a sua dieta, seguindo dados da literatura (WILLIS, 1979; MOTTA-JÚNIOR, 1990; SICK, 1997) e de acordo com a sensibilidade a perturbação, seguindo a classificação de Parker III et al. (1996). A nomenclatura adotada e a sequência taxonômica seguem CBRO (2011). Foram consideradas nas análises somente espécies completamente identificadas, excluindo-se táxons identificados até o nível de gênero.

### Análise de redes

A partir das listas de espécies de aves registradas consumindo frutos em cada trabalho foi criada uma matriz de interações planta-frugívoro em áreas urbanas brasileiras. Esse tipo de matriz é construído colocando-se um grupo de organismos nas linhas (ex.: animais) e outro nas colunas (ex.: plantas) e neste trabalho a matriz foi ordenada com as aves nas linhas e plantas nas colunas. Para cada par de espécies animal-planta a respectiva célula é preenchida com 1 caso haja interação, isto é, a ave foi registrada consumindo fruto daquela planta, ou com 0 caso não haja interação. A matriz foi construída com dados

binários (0s e 1s) por medida de padronização, visto que nem todos os trabalhos utilizados na análise apresentavam dados quantitativos (ex.: número de visitas ou frutos consumidos). Para representar as interações foi desenhado um grafo bipartido onde vértices (pontos) representam espécies e arestas (linhas) representam interações de consumo de frutos. O grafo foi confeccionado no programa Pajek 3.13 (BATAGELJ; MRVAR, 1998).

Aninhamento é um padrão topológico em que espécies com poucas conexões interagem com um subconjunto dos parceiros das espécies com muitas conexões (BASCOMPTE et al., 2003). Parece ser uma característica de mutualismos facultativos (GUIMARÃES JR et al., 2007) e presume-se que aumenta a robustez do sistema (BASTOLLA et al., 2009). Para verificar se a rede de frugivoria em ambiente urbano em escala regional apresenta uma estrutura aninhada o grau de aninhamento foi calculado por meio do programa Aninhado 3.0 (GUIMARÃES JR.; GUIMARÃES, 2006) utilizando-se a métrica NODF (ALMEIDA-NETO et al., 2008). A significância de NODF foi estimada por um teste de Monte Carlo com 1000 aleatorizações e usando o modelo nulo  $C_e$  no qual a probabilidade de interação entre um animal e uma planta é proporcional ao seu total de interações (MELLO et al., 2011).

Redes aninhadas apresentam uma região com maior densidade de interações que é chamada de núcleo de generalistas. Para determinar se uma espécie de ave ou planta fazia parte desse núcleo foi utilizado o índice  $G_c$  ( $G_c = k_i - k_{\text{médio}}/z$ ) (DÁTILLO et al., 2013) onde  $G_c$  é o núcleo de generalistas,  $k_i$  é o número de conexões de uma dada planta/ave,  $K_{\text{médio}}$  é o número médio de conexões para todas as plantas/aves na rede e  $z$  é o desvio padrão referente ao número de conexões de plantas/aves. Espécies com  $G_c > 1$  são espécies com maior proporção de interações comparadas com espécies do mesmo nível trófico (aves, por exemplo)

e, portanto fazem parte do núcleo de generalistas. Espécies com  $G_c < 1$  são espécies com menor proporção de interações dentro de um nível trófico e são, portanto, consideradas periféricas na rede.

Para verificar se espécies vegetais exóticas e nativas ocupam módulos diferentes na rede de frugivoria em ambiente urbano no Brasil, foi utilizado o conceito de modularidade, calculada pelo índice  $M$  do programa Netcarto (GUIMERÀ; AMARAL, 2005). Esse índice varia de 0 (não há subgrupos) a 1 (subgrupos totalmente separados) e sua significância foi estimada no programa Modular (MARQUITTI et al., 2013).

## Resultados

Foram incluídos na análise 15 trabalhos realizados em seis estados brasileiros sendo nove com espécies vegetais nativas (totalizando nove espécies) e seis com espécies exóticas (seis espécies) (Tabela 1). Foi registrado um total de 70 espécies de aves consumindo frutos de 15 espécies vegetais em ambiente urbano no Brasil, distribuídas em cinco ordens e 20 famílias. A espécie com o maior número de registros foi *Tangara sayaca* ( $n = 14$ ), seguida por *Pitangus sulphuratus* ( $n = 11$ ) (Tabela 2). A riqueza de aves consumidoras de cada espécie de planta variou de dois (*Solanum granuloleprosum*) a 26 (*Michelia champaca*) (Tabela 1). As famílias mais representativas foram Tyrannidae ( $n = 18$  espécies; 25,7%) e Thraupidae ( $n = 17$ ; 24,2%). Das 70 espécies registradas 49 consumiram frutos de pelo menos uma planta exótica (Tabela 2).

Houve predomínio de espécies onívoras ( $n = 38$ ; 54,3%) e insetívoras ( $n = 18$ ; 25,7%), e somente nove espécies (12,9%) com dieta essencialmente frugívora foram registradas consumindo frutos em ambiente urbano no Brasil (Tabela 2). A maioria das espécies registradas apresenta sensibilidade a distúrbios baixa ( $n = 48$ ; 68,5%) ou média ( $n = 20$ ; 28,5 %).

TABELA 1: Espécies vegetais avaliadas quanto à frugivoria por aves em ambiente urbano no Brasil, considerando estudos selecionados na compilação do banco de dados. E = Exótica; N = Nativa; S/A = Seco com arilo; C = Carnoso; Cam = Campus Universitário; Par = Parque Urbano; Jar = Jardim; CE = Cerrado; AT = Mata Atlântica; PP = Pampas. NI = Não informado.

Espécie vegetal (Família)	Origem	Tipo de fruto consumido	Número de indivíduos	Esforço amostral (horas)	Área de estudo	Localidade	Bioma	Riqueza de aves frugívoras	Fonte de dados
<i>Michelia champaca</i> (Magnoliaceae)	E	S/A	2	35	Cam	São Carlos, SP	CE	26	Lombardi e Motta-Júnior (1993); Oliveira et al. (2013)
<i>Ficus microcarpa</i> (Moraceae)	E	C	3	17	Cam	Pirassununga, SP	AT/CE	23	Marcondes-Machado et al., (1994)
<i>Alchornea glandulosa</i> (Euphorbiaceae)	N	S/A	1	12	Cam	Blumenau, SC	AT	17	Zimmermann (1996)
<i>Alchornea triplinervia</i> (Euphorbiaceae)	N	S/A	NI	NI	Par	Maringá, PR	AT	20	Krügel e Behr (1999)
<i>Rapanea lancifolia</i> (Myrsinaceae)	N	C	3	60	Cam	São Carlos, SP	CE	9	Francisco e Galetti (2001)
<i>Davilla rugosa</i> (Dilleniaceae)	N	S/A	3	60	Cam	São Carlos, SP	CE	12	Francisco e Galetti (2002a)
<i>Ocotea pulchella</i> (Lauraceae)	N	C	4	72	Cam	São Carlos, SP	CE	12	Francisco e Galetti (2002b)
<i>Tapirira guianensis</i> (Anacardiaceae)	N	C	1	56	Par	Araruama, RJ	AT	14	Guimarães (2003)
<i>Solanum granuloseprosum</i> (Solanaceae)	N	C	5	14	Cam	Curitiba, PR	AT	2	Cáceres e Moura (2003)
<i>Ligustrum lucidum</i> (Oleaceae)	E	C	11	35	Jar	Venâncio Aires, RS	AT/PP	10	Scheibler e Melo-Júnior (2003)
<i>Ligustrum japonicum</i> (Oleaceae)	E	C	4	20	Jar	Belo Horizonte, MG	CE	6	Scheibler e Melo-Júnior (2003)
<i>Phoradendron rubrum</i> (Viscaceae)	N	C	10	90	Par	Rio Claro, SP	AT	5	Cazetta e Galetti (2007)
<i>Dyopsis lutescens</i> (Arecaceae)	E	C	27	72	Jar	Juiz de Fora, MG	AT	3	Ribeiro e Gogliath-Silva (2005)
<i>Muntingia calabura</i> (Muntingiaceae)	E	C	3	24	Cam	São Carlos, SP	CE	14	Figueiredo et al. (2008)
<i>Miconia albicans</i>	N	C	8	96	Cam	São Carlos, SP	CE	17	Allenspach e Dias (2012)

TABELA 2: Espécies de aves registradas consumindo frutos em ambiente urbano no Brasil nos trabalhos considerados neste estudo. Mc = *Michelia champaca*, Fm = *Ficus microcarpa*, Ag = *Alchornea glandulosa*, At = *Alchornea triplinervia*, Rl = *Rapanea lancifolia*, Dr = *Davilla rugosa*, Op = *Ocotea pulchella*, Tg = *Tapirira guianensis*, Sg = *Solanum granulosoleprosum*, Ll = *Ligustrum lucidum*, Lj = *Ligustrum japonicum*, Pr = *Phoradendron rubrum*, Dl = *Dypsisis lutescens*, Mb = *Muntingia calabura*, Ma = *Miconia albicans*, Mf = *Miconia fallax*, Mr = *Miconia rubiginosa*, Ms = *Miconia chamissois*. Fru = Frugívoro; Gra = Granívoro; Oni = Onívoro; Nec = Nectarívoro. S.D = Sensibilidade a perturbação – A = Alta, M = Média, B = Baixa. \*Espécies vegetais exóticas.

Ordem/Família/Espécie	Espécies vegetais consumidas	Dieta	S.D
<b>Ordem Columbiformes</b>			
<b>Família Columbidae</b>			
<i>Columbina talpacoti</i>	Fm*	Gra	B
<i>Patagioenas picazuro</i>	Mc*, Fm*, Ma	Fru	M
<b>Ordem Psittaciformes</b>			
<b>Família Psittacidae</b>			
<i>Aratinga aurea</i>	Ma	Fru	M
<i>Forpus xanthopterygius</i>	Fm*	Fru	M
<i>Brotogeris tirica</i>	Mb*	Fru	B
<i>Brotogeris chiriri</i>	Mc*, Fm*	Fru	M
<b>Ordem Cuculiformes</b>			
<b>Família Cuculidae</b>			
<i>Crotophaga ani</i>	Fm*, MS	Ins	B
<b>Ordem Piciformes</b>			
<b>Família Picidae</b>			
<i>Melanerpes candidus</i>	Fm*	Ins	B
<i>Veniliornis passerinus</i>	Mc*	Ins	B
<i>Colaptes melanochloros</i>	Mc*, Fm*, Rl	Ins	B
<b>Ordem Passeriformes</b>			
<b>Família Thamnophilidae</b>			
<i>Drymophila ferruginea</i>	Mb*	Ins	M
<b>Família Pipridae</b>			
<i>Antilophia galeata</i>	Rl, Dr	Fru	M
<b>Família Tityridae</b>			
<i>Schiffornis virescens</i>	Ll*	Oni	M
<b>Família Tyrannidae</b>			
<i>Elaenia flavogaster</i>	Mc*, Fm*, Tg, Ll*	Fru	B
<i>Elaenia mesoleuca</i>	Mc*	Fru	B
<i>Elaenia obscura</i>	Ll*	Fru	M
<i>Myiopagis caniceps</i>	At	Ins	M
<i>Myiarchus swainsoni</i>	At, Dr	Ins	B

<i>Myiarchus ferox</i>	Lj*	Ins	B
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Op	Ins	B
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Mc*, Fm*, Ag, At, Op, Tg, Ll*, Lj*, Dl*, Mb*, Ma	Oni	B
<i>Machetornis rixosa</i>	Mc*	Ins	B
<i>Myiodinastes maculatus</i>	Fm*, Ag, At, Dr, Op, Ma	Oni	B
<i>Megarynchus pitangua</i>	Mc*, At, Rl, Tg	Oni	B
<i>Myiozetetes similis</i>	Mc*, Op	Oni	B
<i>Tyrannus albogularis</i>	Mc*, Ma	Ins	B
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Mc*, Fm*, Ag, At, Rl, Dr, Op, Tg, Ma	Ins	B
<i>Tyrannus savana</i>	Mc*, Fm*, At, Op, Ma	Ins	B
<i>Empidonomus varius</i>	Mc*, Ag, At, Dr, Op	Ins	B
<i>Fluvicola nengeta</i>	Mb*	Ins	B
<i>Muscipipra vetula</i>	Mb*	Ins	M
<b>Família Vireonidae</b>			
<i>Vireo olivaceus</i>	Mc*, Ag, At, Rl, Dr	Oni	B
<b>Família Corvidae</b>			
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	Fm*, Ma	Oni	M
<i>Cyanocorax chrysops</i>	Mc*	Oni	B
<b>Família Donacobiidae</b>			
<i>Donacobius atricapilla</i>	Mb*	Ins	M
<b>Família Turdidae</b>			
<i>Turdus flavipes</i>	Ag	Oni	M
<i>Turdus rufiventris</i>	Mc*, Ag, At, Op, Ll*, Lj*	Oni	B
<i>Turdus leucomelas</i>	Mc*, Fm*, At, Rl, Dr, Op, Lj*, Mb*, Ma	Oni	B
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Mc*, Fm*, At, Op, Tg, Ll*, Mb*	Oni	B
<i>Turdus subalaris</i>	Ag, Dr	Oni	B
<i>Turdus albicollis</i>	Ag, At, Ll*	Oni	M
<b>Família Mimidae</b>			
<i>Mimus saturninus</i>	Mc*, Fm*, Op, Ll*, Lj*, Pr, Ma	Oni	B
<b>Família Coerebidae</b>			
<i>Coereba flaveola</i>	Tg, Dl*	Nec	M
<b>Família Thraupidae</b>			
<i>Saltator similis</i>	Mc*, At, Sg, Ll*	Oni	B
<i>Saltatricula atricollis</i>	Ma	Oni	M
<i>Nemosia pileata</i>	Fm*, Rl	Oni	B
<i>Tachyphonus coronatus</i>	Ag, At	Oni	B
<i>Lanio versicolor</i>	Mb*	Oni	A
<i>Tangara cyanocephala</i>	Ag	Oni	M

<i>Tangara sayaca</i>	Mc*, Fm*, Ag, At, Rl, Dr, Tg, Sg, Ll*, Lj*, Pr, Dl*, Mb*, Ma	Oni	B
<i>Tangara palmarum</i>	Mc*, Fm*, Ag, Tg	Oni	B
<i>Tangara cayana</i>	Mc*, Fm*, Rl, Dr, Tg, Pr, Mb*, Ma	Oni	M
<i>Neothraupis fasciata</i>	Mb*	Oni	M
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	Dr, Op, Ma	Oni	B
<i>Pipraeidea melanonota</i>	Ag	Oni	B
<i>Tersina viridis</i>	Mc*, Ag	Oni	B
<i>Dacnis cayana</i>	Mc*, Ag, At, Dr, Tg	Oni	B
<i>Hemithraupis guira</i>	At	Oni	B
<i>Hemithraupis ruficapilla</i>	Ag	Oni	B
<i>Conirostrum speciosum</i>	At, Tg	Oni	B
<b>Família Emberizidae</b>			
<i>Zonotrichia capensis</i>	Fm*, Ma	Gra	B
<i>Poospiza cinerea</i>	Mb*	Oni	A
<i>Sporophila caerulescens</i>	Ma	Gra	B
<i>Volatinia jacarina</i>	Ma	Gra	B
<b>Família Parulidae</b>			
<i>Parula pitaiyumi</i>	Tg	Ins	M
<b>Família Icteridae</b>			
<i>Cacicus haemorrhous</i>	At	Oni	B
<b>Família Fringillidae</b>			
<i>Euphonia chlorotica</i>	Fm*, Tg, PR	Oni	B
<i>Euphonia violacea</i>	Tg	Oni	B
<i>Euphonia cyanocephala</i>	PR	Oni	B
<b>Família Passeridae</b>			
<i>Passer domesticus</i>	Fm*	Oni	B

A maior similaridade encontrada foi entre as assembleias de aves consumidoras de *Davilla rugosa* e *Rapanea lancifolia* ( $C_s = 0,57$ ) com *Ocotea pulchella* e *Solanum granuloleprosum* apresentando a similaridade mais baixa ( $C_s = 0,0$ ). Os frutos de plantas de mesmo gênero como *Ligustrum* spp. e *Alchornea* spp. foram consumidos por avifaunas similares, situando-se no mesmo grupo. As avifaunas consumidoras de frutos exóticos e nativos não formaram grupos distintos (Figura 1). O número de espécies de aves registradas não teve relação com o número de horas de observação ( $R^2 = -0,02$ ;  $F = 0,64$ ;  $p = 0,56$ ) nem com o número de

indivíduos da planta observados ( $R^2 = 0,11$ ;  $F = 3,03$ ;  $p = 0,09$ ).

A rede de interações de frugivoria por aves em ambiente urbano no Brasil apresentou padrão significativamente aninhado (NODF = 0,30;  $p < 0,01$ ) com duas plantas exóticas (*F. microcarpa* GC = 1,8 e *M. champaca* GC = 1,5) e uma nativa (*A. triplinervia* GC = 1,0) fazendo parte do núcleo de generalistas da rede, isto é, a região com maior densidade de interações (Figura 2). A modularidade da rede não foi significativa ( $M = 0,36$ ;  $p = 0,16$ ).

FIGURA 1: Dendrograma de similaridade de Sorensen da avifauna consumidora de frutos de diferentes espécies vegetais em ambiente urbano no Brasil. \*Espécies exóticas.

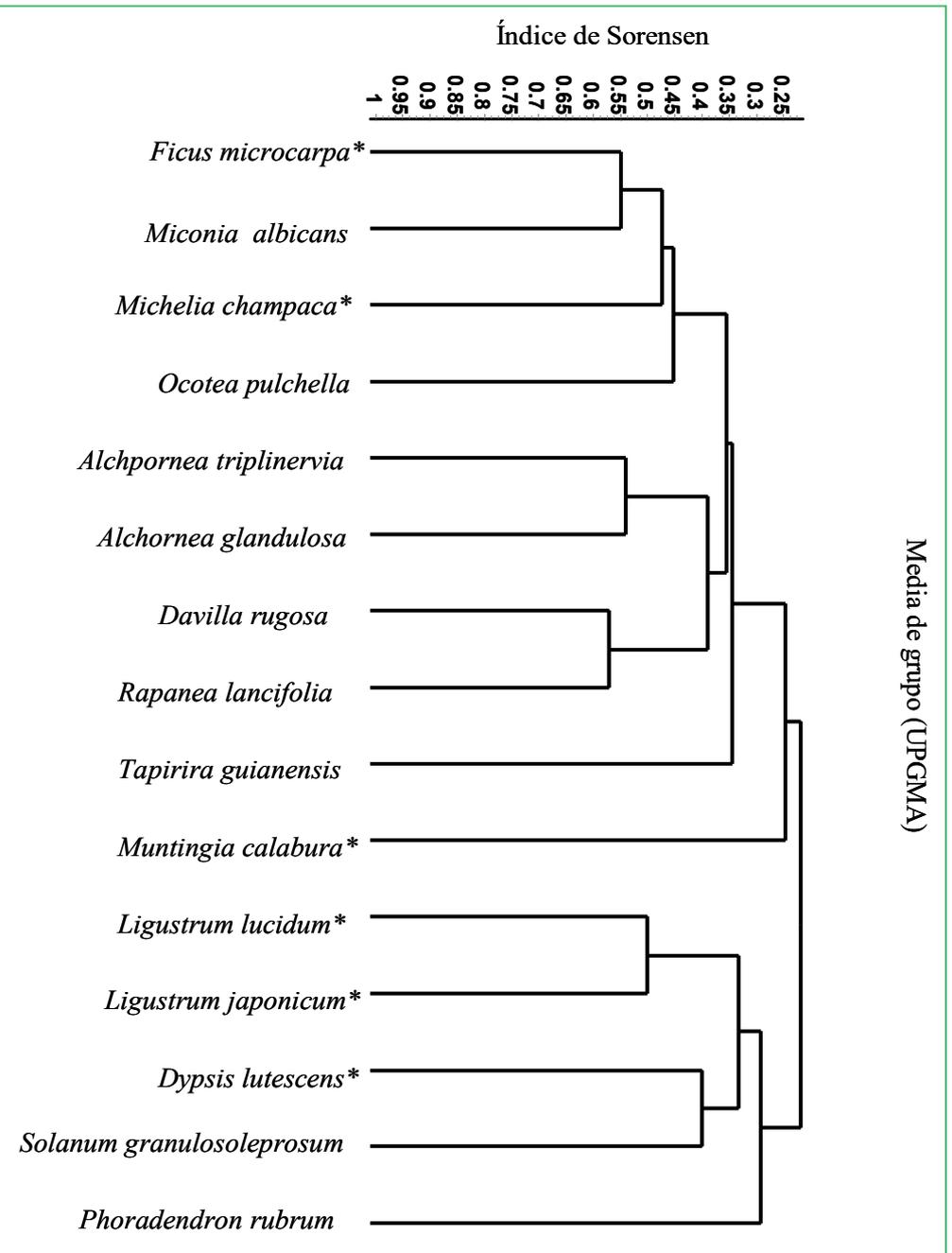
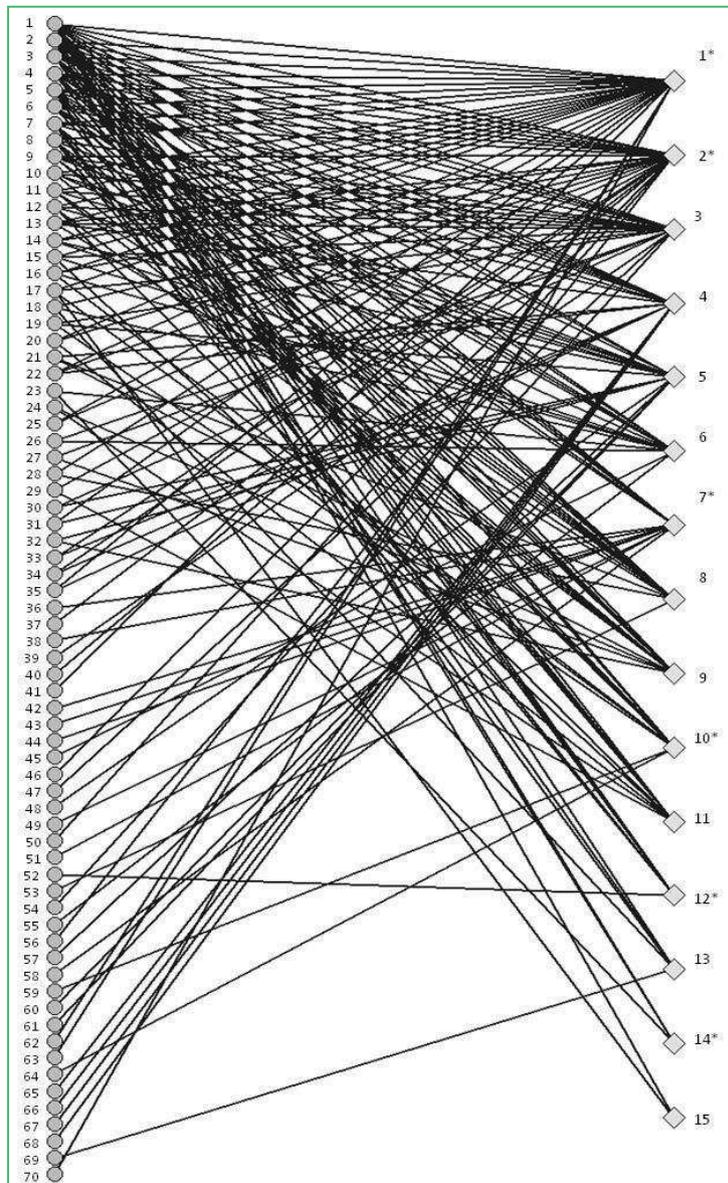


FIGURA 2: Grafo bipartido representando o consumo de frutos por aves em ambiente urbano no Brasil. Círculos = aves; losangos = plantas. \*Espécies vegetais exóticas PLANTAS: 1. *Michelia champaca* 2. *Ficus microcarpa* 3. *Alchornea triplinervia* 4. *Miconia albicans* 5. *Alchornea glandulosa* 6. *Tapirira guianensis* 7. *Muntingia calabura* 8. *Ocotea pulchella* 9. *Davilla rugosa* 10. *Ligustrum lucidum* 11. *Rapanea lancifolia* 12. *Ligustrum japonicum* 13. *Phoradendron rubrum* 14. *Dypsis lutescens* 15. *Solanum granuloseprosum*. AVES: 1. *Tangara sayaca* 2. *Pitangus sulphuratus* 3. *Turdus melancholicus* 5. *Tangara cayana* 6. *Turdus amaurochalinus* 7. *Mimus saturninus* 8. *Turdus rufiventris* 9. *Myiodinastes maculatus* 10. *Dacnis cayana* 11. *Empidonomus varius* 12. *Vireo olivaceus* 13. *Tyrannus savana* 14. *Tangara palmarum* 15. *Megarynchus pitangua* 16. *Elaenia flavogaster* 17. *Saltator similis* 18. *Euphonia chlorotica* 19. *Turdus albicollis* 20. *Colaptes melanochloros* 21. *Schistochlamys ruficapillus* 22. *Patagioenas picazuro* 23. *Coereba flaveola* 24. *Antilophia galeata* 25. *Brotogeris versicolurus* 26. *Conirostrum speciosum* 27. *Myiarchus swainsoni* 28. *Myiozetetes similis* 29. *Nemosia pileata* 30. *Tachyphonus coronatus* 31. *Tersina viridis* 32. *Turdus subalaris* 33. *Zonotrichia capensis* 34. *Cyanocorax cristatellus* 35. *Tyrannus albogularis* 36. *Neothraupis fasciata* 37. *Crotophaga ani* 38. *Brotogeris trica* 39. *Cacicus haemorrhous* 40. *Columbina talpacoti* 41. *Cyanocorax chrysops* 42. *Donacobius atricapilla* 43. *Drymophila ferruginea* 44. *Fluvicola nengeta* 45. *Euphonia violacea* 46. *Forpus xanthopterygius* 47. *Hemithraupis guira* 48. *Hemithraupis ruficapilla* 49. *Lanio versicolor* 50. *Melanerpes candidus* 51. *Muscipipra vetula* 52. *Myiarchus ferox* 53. *Myiarchus tyrannulus* 54. *Myiopagis caniceps* 55. *Parula pitiayumi* 56. *Passer domesticus* 57. *Pipraeidea melanonota* 58. *Poospiza cinerea* 59. *Schiffornis virescens* 60. *Tangara cyanocephala* 61. *Turdus flavipes* 62. *Machetornis rixosa* 63. *Elaenia mesoleuca* 64. *Elaenia obscura* 65. *Aratinga aurea* 66. *Sporophila caerulea* 67. *Volatinia jacarina* 68. *Saltatricula atricollis* 69. *Euphonia cyanocephala* 70. *Veniliornis passerinus*.



## Discussão

A riqueza de espécies de aves frugívoras nas áreas urbanas avaliadas representa aproximadamente 13% do total de espécies registrado neste tipo de ambiente, que ultrapassa 550 espécies (FRANCHIN, 2009). O elevado número de tiranídeos e traupídeos parece acompanhar a riqueza relativamente alta destas famílias em cidades brasileiras, onde são as mais representativas, somando quase um quinto do total de espécies registradas (FRANCHIN, 2009). Convém notar que Tyrannidae é composta principalmente por insetívoros, mas um número considerável de espécies pode incluir frutos em sua dieta (RIDGELY; TUDOR, 1994; SICK, 1997). Já Thraupidae inclui espécies tipicamente frugívoras e algumas onívoras (WILIS, 1979; SICK, 1997).

O predomínio de onívoros é frequentemente observado em ambiente antrópico e pode estar relacionado ao fato de estas espécies poderem explorar uma maior variedade de recursos (VILLANUEVA; SILVA, 1996; FRANCHIN, 2009). Aves frugívoras de médio e grande porte estão entre as primeiras a desaparecer em ambientes alterados (WILLIS, 1979), possivelmente por não encontrarem áreas suficientemente extensas para satisfazer suas demandas e manter populações viáveis (PIZO, 2001). O consumo de frutos por aves insetívoras é frequentemente registrado (PIZO, 2004; TUBELIS, 2007) e esta guilda representou aproximadamente um terço das espécies observadas nesta interação em área urbana. Frutos, ainda que exóticos, podem ser importantes em períodos de baixa abundância de invertebrados e representam uma fonte alternativa de recursos (CORLETT, 2005). Tendo em vista que tanto os frutos nativos quanto os exóticos foram consumidos por aves onívoras, insetívoras e frugívoras, é possível que em ambientes urbanos e altamente perturbados, muitas espécies atuem de maneira oportunista, aproveitando os recursos disponíveis à medida que estes aparecem.

Apesar da alta variação no esforço amostral empenhado e no número de indivíduos vegetais observados nos estudos analisados, a riqueza da avifauna consumidora não apresentou relação significativa com estas variáveis. Em geral várias horas de observação distribuídas ao longo de dias são necessárias para se ter

uma lista confiável dos visitantes de plantas frutíferas (GALETTI et al., 2006) e era de se esperar que estudos com esforço amostral mais longo registrassem mais espécies. Entretanto, mesmo em trabalhos com elevado esforço amostral, é comum que a maior parte das espécies seja registrada nas primeiras horas (FRANCISCO; GALETTI, 2002a), o que talvez explique a ausência de relação entre riqueza e amostragem no presente estudo.

O resultado da análise de agrupamento revelou que a composição é mais similar entre as assembleias de consumidores de espécies de mesmo gênero, como pode ser observado em *Alchornea* spp. e *Ligustrum* spp. As duas espécies de *Ligustrum* foram avaliadas em um único estudo, mas estavam em estados e mesmo em biomas diferentes com *L. lucidum* em transição Mata Atlântica/Pampas e *L. japonicum* em transição Cerrado/Mata Atlântica (SCHEIBLER; MELO-JÚNIOR, 2003). Já *Alchornea glandulosa* e *A. triplinervia* foram observadas em dois estudos em áreas distintas (ZIMMERMANN, 1996; KRÜGEL; BEHR, 1999) e também apresentaram alta similaridade, situando-se no mesmo grupo. Plantas da mesma família apresentam, em geral, frutos com características semelhantes (BARROSO et al., 1999) e fatores como tamanho, cor e forma podem influenciar a comunidade de consumidores de determinada espécie vegetal (PIJL, 1982; MOERMOND; DENSLOW, 1985). Como plantas nativas e exóticas não formaram grupos distintos, no que se refere a composição de suas avifaunas consumidoras, é possível que estas características morfológicas dos frutos determinem quem serão os seus consumidores, independentemente da origem da planta. Além disso, a grande proporção de aves onívoras em ambiente antrópico pode fazer com que muitas espécies se alimentem tanto de frutos nativos quanto de exóticos, levando à formação de grupos contendo consumidores destas duas categorias de plantas. Outro fator que pode influenciar a avifauna consumidora é a disponibilidade de recursos, pois em determinada área as aves podem ter recorrido à espécie vegetal observada em função da ausência de outros frutos. Entretanto estas informações não estão disponíveis nos trabalhos avaliados.

Jordano (1987) propôs que espécies próximas filogeneticamente formam subgrupos dentro das redes de interações. Isto foi verificado para redes mistas de

dispersão envolvendo aves e morcegos, onde se verificou alta modularidade, com os dois grupos de animais ocupando módulos distintos e muitas plantas interagindo somente com um deles (MELLO et al., 2011). Considerando que a rede construída no presente estudo inclui membros de seis ordens de aves e de 13 famílias vegetais, poderia se esperar a formação de módulos separando espécies mais próximas filogeneticamente tanto para animais quanto para plantas, talvez com exóticas e nativas ocupando módulos diferentes, o que não ocorreu. Entre as espécies vegetais incluídas aqui não há, de fato, uma separação filogenética entre exóticas e nativas, uma vez que alguns grupos taxonômicos superiores incluem representantes destas duas categorias. A exótica *Michelia champaca*, por exemplo, pertence ao clado das magnoliídeas que também inclui a nativa *Ocotea pulchella*, estando as duas próximas das fabídeas que também incluem espécies exóticas e nativas abordadas no presente estudo (APG III, 2009). A ausência de modularidade significativa na rede também pode ser mais um indicativo de que em ambiente urbano, muitas espécies de aves consomem frutos de maneira oportunista. Já foi proposto que uma interação de frugivoria pode ocorrer e beneficiar os envolvidos, mesmo que a ave e a planta em questão não estejam historicamente próximas (HOWE; SMALWOOD, 1982).

O padrão significativamente aninhado apresentado pela rede de frugivoria por aves em ambiente urbano no Brasil é comum em redes mutualistas e já foi amplamente verificado em redes locais de dispersão e polinização (BASCOMPTE et al., 2003). Mello et al. (2013) verificaram aninhamento significativo em quatro de seis redes em escala de bioma construídas por meio da compilação de dados sobre interações entre abelhas coletoras de óleo e plantas da família Malpighiaceae. Assim, redes em escalas maiores podem apresentar padrões similares a redes locais, pelo menos no que se refere à topologia. Redes aninhadas formam um sistema altamente coeso, onde as plantas e animais mais generalistas interagem entre si, formando um núcleo no qual as outras espécies estão associadas, o que pode aumentar a resistência a perturbações, diminuindo as chances de uma espécie ficar isolada após a eliminação de outra (BASCOMPTE et al., 2003).

No presente estudo foi possível identificar claramente um núcleo de generalistas, que são espécies com alto número de interações na rede, que é característico de redes aninhadas. Não parece haver, entretanto, separação entre plantas exóticas e nativas, visto que entre as três espécies que compõem o núcleo há uma nativa (*A. triplinervia*) e duas exóticas (*F. microcarpa* e *M. champaca*). Da mesma forma, a região da rede com menos interações também inclui tanto espécies vegetais nativas (*S. granuloleprosum*) quanto exóticas (*D. lutescens*). Este resultado pode reforçar a ideia da ausência de preferência por frutos nativos ou exóticos por parte das aves, conforme discutido anteriormente. É importante ressaltar porém, que novos estudos são necessários, avaliando especialmente o consumo de frutos de espécies nativas e introduzidas em uma mesma área. Mokotjomela et al. (2013) não verificaram diferença na riqueza de consumidores de frutos nativos e introduzidos em ambiente natural na África, embora a frequência de visitação tenha sido maior nas plantas exóticas. Em jardins urbanos da Austrália, aves utilizaram plantas exóticas mais do que nativas (DANIELS; KIRKPATRICK, 2006). Por outro lado, Corlett (2006) verificou que figueiras nativas atraíram mais aves e morcegos frugívoros do que as exóticas. É possível que particularidades de cada região, bem como características morfológicas e valor nutricional dos frutos tenham influência na natureza das interações que ocorrerão, o que ressalta a importância de novos trabalhos abordando estes aspectos.

Os resultados aqui apresentados mostram que um grupo relativamente diversificado de aves interage com plantas frutíferas em ambiente urbano e muitas destas interações envolvem o consumo de frutos de espécies introduzidas. A dispersão de sementes de plantas exóticas por aves vem sendo apontada como um dos fatores responsáveis por eventos de invasão biológica ao redor do mundo (KAWAKAMI et al., 2009; HELENO et al., 2013). Dessa forma, é importante que estudos futuros avaliem tais interações, verificando se as sementes de espécies vegetais exóticas são efetivamente dispersas e se existe a possibilidade dessas espécies se estabelecerem em ambiente natural, tornando-se invasoras.

## Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia. À CAPES pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor e pós-doutorado ao segundo autor.

## Referências

- ALLENSPACH, N.; DIAS, M. M. Frugivory by birds on *Miconia albicans* (Melastomataceae), in a fragment of cerrado in São Carlos, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 2, p. 407-413, 2012.
- ALMEIDA-NETO, M.; GUIMARÃES, P. R.; GUIMARÃES JR, P. R.; LOYOLA, R. D.; ULRICH, W. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. **Oikos**, Copenhagen, v. 117, p. 1227-1239, 2008.
- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 161, p. 105-121, 2009.
- AYRES, M.; AYRES, M. J.; AYRES, D. L.; SANTOS, S. A. **Bioestat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas**. Belém: Mamirauá/CNPq, 2007. 324 p.
- BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada a sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV, 1999. 443 p.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIÁN, C. J.; OLESEN, J. M. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 100, n. 16, p. 9383-9387, 2003.
- BASTOLLA, U.; FORTUNA, M. A.; PASCUAL-GARCÍA, A.; FERRERA, A.; LUQUE, B.; BASCOMPTE, J. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. **Nature**, London, v. 458, n. 7241, p. 1018-1020, 2009.
- BATAGELJ, V.; MRVAR, A. Pajek – A program for large network analysis. **Connections**, Huntington, v. 21, p. 47-57, 1998.
- BLONDEL, J. Guilds or functional groups: does it matter? **Oikos**, Copenhagen, v. 100, n. 2, p. 223-231, 2003.
- CÁCERES, N. C.; MOURA, M. O. Fruit removal of a wild tomato, *Solanum granuleprosum* Dunal (Solanaceae), by birds, bats and non-flying mammals in an urban Brazilian environment. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 20, n. 3, p. 519-522, 2003.
- CAZETTA, E.; GALETTI, M. Frugivoria e especificidade por hospedeiros na erva-de-passarinho *Phoradendron rubrum* (L.) Griseb. (Viscaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, p. 345-351, 2007.
- CBRO – COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. **Lista das aves do Brasil**. 10 ed. 2011. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 15 out. 2013.
- CHACE, J. F.; WALSH, J. J. Urban effects on native avifauna: a review. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 46-69, 2006.
- CORLETT, R. T. Interactions between birds, fruit bats and exotic plants in urban Hong Kong, South China. **Urban Ecosystems**, Amsterdam, v. 8, p. 275-283, 2005.
- CORLETT, R. T. Figs (*Ficus*, Moraceae) in Urban Hong Kong, South China. **Biotropica**, Malden, v. 38, p. 116-121, 2006.
- DANIELS, G. D.; KIRKPATRICK, J. B. Does variation in garden characteristics influence the conservation of birds in suburbia? **Biological Conservation**, Boston, v. 133, n. 3, p. 326-335, 2006.
- DÁTILLO, W.; GUIMARÃES, P. R.; IZZO, T. J. Spatial structure of ant-plant mutualistic networks. **Oikos**, Copenhagen, v. 122, n. 11, p. 1643-1648, 2013.
- FAUSTINO, T. C.; MACHADO, C. G. Frugivoria por aves em uma área de campo rupestre na Chapada. **Ararajuba**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 137-143, 2006.
- FIGUEIREDO, R. A.; OLIVEIRA, A. A.; ZACHARIAS, M. A.; BARBOSA, S. M.; PEREIRA, F. F.; CAZELA, G. N.; VIANA, J. P.; CAMARGO, R. A. Reproductive ecology of the invasive exotic tree *Muntingia calabura* L. (Muntingiaceae) in southeastern Brazil. **Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 993-999, 2008.
- FRANCHIN, A. G. **Avifauna em áreas urbanas brasileiras, com ênfase em cidades do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba**. 2009. 147 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2009.
- FRANCISCO, R. M.; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes de *Rapanea lancifolia* (Myrsinaceae) por aves numa área de cerrado do estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Ararajuba**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 13-19, 2001.
- FRANCISCO, M. R.; GALETTI, M. Consumo dos frutos de *Davilla rugosa* (Dilleniaceae) por aves numa área de cerrado em São Carlos, estado de São Paulo. **Ararajuba**, Londrina, v. 10, n. 2, p. 193-198, 2002a.
- FRANCISCO, M. R.; GALETTI, M. Aves como potenciais dispersoras de sementes de *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) numa área de vegetação de cerrado do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 11-17, 2002b.
- GALETTI, M.; PIZO, M. A.; MORELLATO, P. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: CULLEN JR, L.; RUDRAN, R.; VALADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudos em Biologia da Conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora UFPR, 2006. p. 179-223.
- GUIMARÃES, M. A. Frugivoria por aves em *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) na zona urbana do município de Araruama, estado do Rio de Janeiro, sudeste. **Atualidades Ornitológicas**, Ivaiporã, v. 116, p. 12-21, 2003.
- GUIMARÃES JR, P. R.; GUIMARÃES, P. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. **Environmental Modelling and Software**, Oxford, v. 21, p. 1512-1513, 2006.
- GUIMARÃES JR, P. R.; RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S.; IZZO, T. J.; dos REIS, S. F.; THOMPSON, J. N. Interaction intimacy affects structure and coevolutionary dynamics in mutualistic networks. **Current Biology**, London, v. 17, n. 20, p. 1797-1803, 2007.
- GUIMERÀ, R.; AMARAL, L. A. N. Functional cartography of complex metabolic networks. **Nature**, London, v. 433, p. 895-900, 2005.

- HELENO, R. H.; RAMOS, J. A.; MEMMOTT, J. Integration of exotic seeds into an Azorean seed dispersal network. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 15, n. 5, p. 1143-1154, 2013.
- HOBBS, R. J.; HIGGS, E.; HARRIS, J. A. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 24, n. 11, p. 599-605, 2009.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 13, p. 201-228, 1982.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass**. Mapas temáticos. Brasília: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 set. 2014.
- JORDANO, P. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal. **American Naturalist**, Chicago, v. 129, n. 5, p. 657-677, 1987.
- JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. M. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. **Ecology Letters**, Montpellier, v. 6, p. 69-81, 2003.
- KAWAKAMI, K.; MIZUSAWA, L.; HIGUCHI, H. Re-established mutualism in a seed-dispersal system consisting of native and introduced birds and plants on the Bonin Islands, Japan. **Ecological Research**, Tokyo, v. 24, n. 4, p. 741-748, 2009.
- KISSLING, W. D.; BÖHNING-GAESE, K.; JETZ, W. The global distribution of frugivory in birds. **Global Ecology and Biogeography**, Ottawa, v. 18, n. 2, p. 150-162, 2009.
- KRÜGEL, M. M.; BEHR, E. R. Consumo de frutos de *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) por aves em fragmentos florestais urbanos de Maringá, Paraná. **Biotemas**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 149-155, 1999.
- LOMBARDI, J. A.; MOTTA-JUNIOR, J. C. Seeds of the champak, *Michelia champaca* L. (Magnoliaceae) as a food source for Brazilian birds. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 45, n. 6, p. 408-409, 1993.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 264 p.
- MARCONDES-MACHADO, L. O.; PARANHOS, S. A.; BARROS, Y. M. Estratégias alimentares de aves na utilização de frutos de *Ficus microcarpa*. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 77, p. 57-62, 1994.
- MARQUITTI, F. M. D.; GUIMARÃES, P. R.; PIRES, M. M.; BITTENCOURT, L. F. MODULAR: software for the autonomous computation of modularity in large network sets. **arXiv**, Ithaca, v. 1304.2917, n. 1, p. 1-10, 2013.
- MARZLUFF, J. M.; EWING, K. Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes. **Restoration Ecology**, Crawley, v. 9, n. 3, p. 280-292, 2001.
- MCKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological Conservation**, Boston, v. 127, n. 3, p. 247-260, 2006.
- MELIÁN, C. J.; BASCOMPTE, J. Complex networks: two ways to be robust? **Ecology Letters**, Montpellier, v. 5, p. 705-708, 2002.
- MELIÁN, C. J.; BASCOMPTE, J. Food web cohesion. **Ecology**, New York, v. 85, n. 2, p. 352-358, 2004.
- MELLO, M. A. R.; BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C. Functional roles of Centridini oil bees and Malpighiaceae oil flowers in biome-wide pollination networks. **Biotropica**, Malden, v. 45, n.1, p. 45-53, 2013.
- MELLO, M. A. R.; MARQUITTI, F. M. D.; GUIMARAES JR, P. R.; KALKO, E. K. V.; JORDANO, P.; AGUIAR, M. A. M. The modularity of seed dispersal: differences in structure and robustness between bat- and bird-fruit networks. **Oecologia**, Heidelberg, v. 167, p. 131-140, 2011.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lista de espécies da flora do Brasil**. 2010. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/>>. Acesso em: 5 jan. 2014.
- MOERMOND, T. C.; DENSLOW, J. S. Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. **Ornithological Monographs**, Washington, v. 36, n. 8, p. 865-897, 1985.
- MOKOTJOMELA, T. M.; MUSIL, C. F.; ESLER, K. J. 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**, Pretoria, v. 86, p. 73-78, 2013.
- MORALES, J. M.; VASQUEZ, D. P. The effect of space in plant-animal mutualistic networks: insights from a simulation study. **Oikos**, Copenhagen, v. 117, p. 1362-1370, 2008.
- MOTTA-JUNIOR, J. C. Estrutura trófica e composição das avifaunas de três habitats terrestres na região central do estado de São Paulo. **Ararajuba**, Londrina, v. 1, p. 65-71, 1990.
- OLIVEIRA, D. S. F.; FRANCHIN, A. G.; MARÇAL JÚNIOR, O. Disponibilidade de frutos de *Michelia champaca* L. (Magnoliaceae) e seu consumo por aves na área urbana de Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 2053-2065, 2013.
- PARKER III, T.; STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, J. W. Ecological and distributional databases. Part 4. In: STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, J. W.; PARKER III, T.; MOSKOVITS, D. K. (Ed.). **Neotropical birds: ecology and conservation**. Chicago: University of Chicago Press, 1996. p. 113-436.
- PIJL, L van der. **Principals of dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 218 p.
- PIZO, M. A. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 13, p. 559-578, 1997.
- PIZO, M. A. A conservação das aves frugívoras. In: ALBUQUERQUE, J. L. B.; CÂNDIDO JR, J. F.; STRAUBE, F. C.; ROOS, A. L. (Ed.). **Ornitologia e conservação: da ciência às estratégias**. Tubarão: Editora Unisul, 2001. p. 49-59.
- PIZO, M. A. Frugivory and habitat use by fruit-eating birds in a fragmented landscape of southeast Brazil. **Ornitologia Neotropical**, Montreal, v. 15, p. 117-126, 2004.
- PIZO, M. A.; GALETTI, M. Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves. In: ACCORDI, I.; STRAUBE, F. C.; VON MATTER, S. (Org.). **Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. p. 493-504.
- REICHARD, S.; CHALKER-SCOTT, H. L.; BUCHANAN, S. Interactions among non-native plants and birds. In: MARZLUFF,

- J. M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (Ed.). **Avian ecology and conservation in an urbanizing world**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. p. 179-223.
- RIBEIRO, L. B.; GOGLIATH-SILVA, M. Comportamento alimentar das aves *Pitangus sulphuratus*, *Coereba flaveola* e *Thraupis sayaca* em palmeiras frutificadas em área urbana. **Revista de Etologia**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 39-42, 2005.
- RIDGELY, R. S.; TUDOR, G. **The birds of South America, volume 2: the suboscine passerines**. Austin: University of Texas Press, 1994. 940 p.
- SCHEIBLER, D. R.; MELO-JÚNIOR, T. A. Frugivory by birds on two exotic *Ligustrum* species (Oleaceae) in Brazil. **Ararajuba**, Londrina, v. 11, n. 1, p. 89-91, 2003.
- SHEPHERD, G. J. **FITOPACSHELL 1: manual do usuário**. Campinas: Departamento de Botânica, 2006. 64 p.
- SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 912 p.
- TUBELIS, D. P. Fruit consumption by *Colaptes campestris* (Aves, Picidae) at Emas National Park, Brazil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 20, n. 4, p. 131-133, 2007.
- VILLANUEVA, R. E. V.; SILVA, M. Organização trófica da avifauna do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC. **Biotemas**, Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 57-69, 1996.
- WILLIS, E. O. The composition of avian communities in remanescent woodlots in Southern Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1-25, 1979.
- ZIMMERMANN, C. E. Observações preliminares sobre a frugivoria por aves em *Alchornea glandulosa* (enol.; poepp.) (Euphorbiaceae) em vegetação secundária. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 13, n. 3, p. 533-538, 1996.