

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Biociências

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Dissertação de Mestrado

Anne Gomes Sacco

**Variáveis Urbanas na Estruturação de
Assembleia de Aves**

Porto Alegre, junho de 2012

Variáveis Urbanas na Estruturação de Assembleia de Aves

Anne Gomes Sacco

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientadora:

Profa. Dra. Sandra Maria Hartz.

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Sandra C. Müller (UFRGS)

Prof. Dr. Oswaldo Marçal Júnior (UFU)

Profa. Dra. Carla Suertegaray Fontana (PUC-RS)

Porto Alegre, junho de 2012

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer à minha orientadora, Profa. Sandra Maria Hartz, pelo apoio, compreensão e dedicação essenciais para a realização deste trabalho. Além disso, aprendi muito em todas as nossas conversas.

À Profa. Sandra Müller, pela imensa contribuição em algumas análises. Mesmo de longe, sempre esteve disposta a ajudar. Para mim, esse aprendizado foi importantíssimo.

À minha amiga e companheira de campo Fabiane Bergmann, não só pela ajuda em campo, mas por todo o apoio concedido nas horas que preciso. E à minha ex-orientadora e também amiga, Profa. Ana Maria Rui, pois foi com ela que comecei todo esse caminho.

Aos meus colegas de PPG e especialmente os colegas do Lab. de Ecologia de Populações e Comunidades, pelo aprendizado por mim assimilado e todas as discussões. À Natália Koch, pelo apoio e pela grande amizade.

Um agradecimento especial, para minhas irmãs e para minha mãe Noemi de Castro Gomes, que mesmo sem entender muito o que faço, sempre me incentivaram a seguir em frente. Com toda paciência do mundo, me auxiliaram nos momentos de desespero. À minha grande amiga Regina Castelli, pelo grande auxílio na reta final.

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia, pela estrutura disponibilizada.

À CAPES pela concessão da bolsa.

Sumário

Lista de figuras.....	05
Lista de tabelas	06
Resumo	07
Abstract	08
1.Introdução.....	09
2.Métodos.....	17
2.1. Área de Estudo	17
2.2. Desenho Amostral e Coleta de Dados.....	18
2.3. Variáveis Ambientais	19
2.4. Escolha dos Atributos	20
2.5. Gradientes Ambientais (Intensidade de Urbanização e Áreas Úmidas)	21
2.6. Análises de Dados.....	23
3. Resultados	25
3.1. Riqueza e abundância de aves em ambiente urbano	25
3.2. Composição taxonômica de aves em ambiente urbano	28
3.3. Diversidade funcional de aves em ambiente urbano	29
3.4. Atributos funcionais de aves em ambiente urbano	31
4. Discussão	33
5. Considerações Finais.....	39
6. Referências.....	41
Anexo 1	52
Anexo 2	56

Lista de Figuras

- Figura 1.** Localização do Município de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul, Brasil...18
- Figura 2.** Imagens de satélite mostrando as diferentes intensidades de urbanização estabelecidas por Polidori 2004. Vermelho – intensidade de urbanização elevada; rosa – intensidade de urbanização médias; branco – intensidade de urbanização baixa.19
- Figura 3.** Diagrama de dispersão das unidades amostrais descritas pelas variáveis ambientais, representada pelo primeiro e pelo terceiro eixo de ordenação (PCA). Rótulos das variáveis: A.Aq = Presença de ambiente aquático, A.ab = Presença de ambientes abertos, arv= Número de árvores, m2= Número de construções com mais de dois andares, at2 = Número de construções com menos de dois andares.22
- Figura 4.** Influência do gradiente de intensidade de urbanização (scores do eixo 1 da PCA) na riqueza e na abundância.....27
- Figura 5.** Diagrama de ordenação definido por análise de correspondência canônica (CCA), relacionado a composição taxonômica de aves com as variáveis que representam o gradiente de intensidade de urbanização. As *setas* representam as variáveis ambientais e os pontos representam as espécies de aves. 28
- Figura. 6.** Influência da intensidade de urbanização na Diversidade funcional (entropia quadrática de Rao) observada para cada grupo de atributos com relação funcional e em todos os atributos (total).....30
- Figura. 7.** Influência do gradiente de áreas úmidas na Diversidade funcional (entropia quadrática de Rao) relacionada ao substrato de forrageamento e à massa.....31
- Figura 8.** Diagrama de ordenação definido por análise de correspondência canônica (CCA), relacionado a composição funcional (atributos) de aves com as variáveis urbanas. As *setas* representam as variáveis ambientais e os pontos representam os atributos funcionais.....32

Lista de Tabelas

Tabela 1. Atributos agrupados com base em suas relações funcionais, tipos de variáveis e as referências em que foram baseadas as caracterizações das espécies em relação aos atributos.	21
Tabela 2. Coeficientes de determinação (R^2) e equações dos modelos das regressões lineares calculadas para as variáveis ambientais quantitativas e resultados dos testes t para as variáveis ambientais binárias em relação à riqueza e abundância.....	26

Resumo

A organização espacial de uma cidade e a maneira como a infra-estrutura para atender as necessidades da população humana está disposta, impõe diferentes efeitos na estruturação de assembleias. Este estudo avaliou como as características de um ambiente urbano e as diferentes intensidades de urbanização atuam na estruturação da avifauna. Verificando as respostas relacionadas às métricas tradicionais como riqueza, abundância e composição taxonômica; além dos efeitos da urbanização sobre a diversidade funcional (DF) e na composição funcional. A DF foi calculada a partir da entropia quadrática de Rao e os atributos funcionais utilizados para caracterizar as espécies foram os relacionados à massa, dieta, substrato de forrageamento e substrato de nidificação. A área urbana estudada é a cidade de Pelotas, extremo sul do Brasil e está inserida em uma área úmida do bioma Pampa. A amostragem das aves e a medida das variáveis urbanas (número de árvores, número de construções de até dois andares ou de mais de dois andares, presença de ambiente aquático e presença de ambiente aberto) foram realizadas em 216 pontos fixos de observação que foram marcados em diferentes intensidades de urbanização. O método utilizado para a amostragem das aves foi o ponto fixo de observação com raio de 50 m e um tempo de permanência de oito minutos. A distância entre um ponto e outro foi de 200 m a fim de evitar a autocorrelação espacial. Foi possível observar além de um gradiente de intensidade de urbanização um gradiente relacionado às áreas úmidas. O aumento da intensidade de urbanização diminuiu a riqueza, a abundância e a diversidade funcional. Porém, o gradiente relacionado às áreas úmidas não exerceu influência nestas variáveis. O aumento no número de construções diminuiu a riqueza e a abundância e o número de árvores e a presença de ambiente aquático e de ambiente aberto aumentaram a riqueza e a abundância. Foi possível observar que os atributos relacionados às áreas com urbanização mais intensa, com construções de até dois andares e de mais de dois andares foram: preferência por forrageamento no ar, onivoria e ninhos em cavidades. Os atributos que são relacionados às áreas com menor intensidade de urbanização e com áreas úmidas foram: preferência de forrageamento na água e de ninhos sobre a água. Os atributos relacionados às menores intensidades de urbanização, com maior número de árvores e maior presença de ambientes abertos foram: preferência por ninhos em vegetação, em locais baixos e no solo e carnivoria. Neste estudo mostrou a importância de características que em geral não são citadas para outras áreas urbanas, como presença de ambientes abertos e de ambientes aquáticos, evidenciando que dependendo do *pool* regional de espécies, os habitats urbanos prioritários para medidas mitigadoras podem se modificar.

Palavras-chave: urbanização, avifauna, diversidade funcional, área úmida, bioma Pampa.

Abstract

Spatial organization of a city and the way how infrastructure is organized to attend human population needs, imposes different effects on the organization of assemblies. This study evaluated how the characteristics of an urban environment and the different intensities of urbanization act in avifauna organization. We verified the responses related to traditional metrics, such as species richness, abundance and taxonomic composition, besides the effects of urbanization on functional diversity (FD) and on functional composition. FD was calculated from Rao's quadratic entropy and functional traits used to characterize the species were the ones related to mass, diet, foraging substrate and nesting substrate. The urban area studied was the city of Pelotas, southern Brazil, inserted in a humid area of the Pampa biome. Birds' sampling and collection of urban variables (number of trees, number of buildings up to two floors or of more than two floors, presence of aquatic environment and presence of open environment) were carried out in 216 fixed points of observation, placed at different urbanization intensities. We used the method of fixed points of observation to sample the birds, with radius of 50 m and eight minutes of observation. The distance between one point and other was of 200 m, in order to avoid spatial autocorrelation. It was possible to note not only a gradient of urbanization intensity, but also a gradient related to humid areas. The increase of urbanization intensity decreased species richness, abundance and functional diversity. However, the gradient related to the humid areas had no influence on these variables. The increase in number of buildings decreased species richness and abundance, while the number of trees, presence of aquatic environments and open environments increased species richness and abundance. It was possible to note that traits related to areas with more intense urbanization, with buildings up to two floors and with more than two floors were: preference to foraging in the air, omnivory and nests in cavities. Traits related to areas with lower urbanization intensity and with humid areas were: preference to foraging in the water and nests over the water. Traits related to lower intensities of urbanization, with lower number of trees and higher number of grasslands were: preference to nests in vegetation, in lower places and in the ground and carnivory. This study showed the importance of characteristics that are not usually mentioned to other urban areas, as the presence of open environments and aquatic environments, evidencing that depending on the regional species pool, the urban habitats for priority mitigation measures may change.

Keywords: urbanization, avifauna, functional diversity, humid areas, Pampa biome.

1. INTRODUÇÃO

Os seres humanos estão alterando praticamente todos os ecossistemas da Terra. Mais da metade da água doce é usada pelos humanos, quase metade da superfície terrestre foi transformada pela ação humana e a quantidade de nitrogênio atmosférico fixado por atividades humanas é maior que por todos os processos naturais combinados (Vitousek *et al.* 1997). Um ecossistema urbano pode ser pensado como um sistema que influencia e é influenciado por atitudes humanas, comportamentos, políticas regulatórias, e um senso de controle de recursos ao longo de áreas onde humanos vivem e trabalham (Adams & Lindsey 2009). Este processo de transformar as áreas naturais em estruturas artificiais para atender as necessidades dos seres humanos é chamado de *urbanização* e se caracteriza pela presença de grande quantidade de superfícies impermeáveis à precipitação, alta densidade de pessoas, presença de animais e plantas domésticas que substituem as espécies nativas e até mesmo o fluxo de nutrientes e energia modificados (Gilbert 1989, McDonnell & Pickett 1990, Niemelä 1999, McKinney 2002). O processo de urbanização ocorre em proporções mais elevadas em países pobres e é resultado de uma mudança demográfica previsível (McDonald 2008), em parte devido ao crescimento natural – maior número de nascimentos do que mortes entre as pessoas que vivem nas cidades – e em parte devido à migração das áreas rurais para áreas urbanas (NRC 2003).

Representando uma importante ameaça à biodiversidade, a urbanização consiste em uma das principais causas de mudanças na paisagem (Wilcox & Murphy 1985). É considerada a maior forma de intervenção no meio ambiente, que apesar da gravidade da perturbação ser similar à causada pelo desmatamento, apresenta um estado de permanência, já que a matriz urbana depois de estabelecida não permite o retorno da cobertura vegetal original (Marzluff & Ewing 2001, McKinney 2002). Neste contexto o desafio fundamental para a conservação é entender os efeitos deste processo sobre a biodiversidade (McKinney 2002).

Alguns aspectos da urbanização podem promover a perda de espécies, como por exemplo, o efeito espécie-área, já que ocorre a expansão de superfície impermeável, fazendo com que 80% das áreas mais centrais das cidades sejam compostas por estas superfícies, reduzindo e fragmentando a área disponível para a manutenção de espécies, principalmente nativas (Blair & Launer 1997). Outro fator negativo para a biodiversidade é a simplificação na estrutura da vegetação, devido ao paisagismo e manutenção nas áreas residenciais e comerciais, o que envolve a remoção de árvores e arbustos para o aumento de gramíneas e herbáceas (Marzluff & Ewing 2001). Esses fatores combinados reduzem a área e a qualidade de habitat para animais, e tendem a aumentar com a intensidade de urbanização (Alberti *et al.* 2001, Hahs & McDonnell 2006).

Existem alguns aspectos da urbanização que podem aumentar a biodiversidade, entretanto esse aumento ocorre usualmente pela adição de espécies exóticas (McKinney 2002). Um dos fatores que podem aumentar o número de espécies é a alta heterogeneidade espacial produzida por diferentes usos do solo em pequenas escalas (Savard *et al.* 2000), fazendo que a riqueza, principalmente em grupos que requerem áreas pequenas para suportar populações viáveis, aumente (e.g. plantas e insetos) (McKinney 2008). Segundo Gaston *et al.* (1998), fragmentos não pavimentados em áreas urbanas freqüentemente sustentam diferentes espécies de plantas, mas são tipicamente visitados por muitos indivíduos das mesmas espécies de aves e mamíferos.

As aves são organismos sensíveis às mudanças nos habitats, respondendo às estas alterações rapidamente (Palomino 2005), ou seja, existe uma boa perspectiva de observar as modificações na estruturação das assembléias de aves em relação às alterações nos ecossistemas urbanos. A maioria desses estudos relacionando avifauna e urbanização, fornece principalmente, informações sobre a riqueza destes organismos em áreas preservadas ou relativamente preservadas no interior da matriz urbana, em habitat como fragmentos florestais, parques, praças, ou entorno de lagos, como por exemplo: Beissinger

& Osborne (1982), Anjos (1990), Matarazzo-Neuberger (1992, 1995), Catteral *et al.* (1998), Clergeau *et al.* (1998), Mendonça-Lima & Fontana (2000), Krügel & Anjos (2000), Fernández-Juricic & Jokimäki (2001), Franchin & Marçal-Júnior (2004), Traut & Hostetler (2004), Yeoman & Nally (2005), Gómez (2006), Sandström *et al.* (2006), Sherer *et al.* (2006), Muñoz *et al.* (2007).

Para verificar como o processo de urbanização modifica os padrões e processos ecológicos ao longo da paisagem, uma das técnicas comumente utilizadas é avaliar o gradiente de intensidade de urbanização (McDonnell & Pickett 1990). Uma das variáveis mais utilizadas para quantificar esse gradiente é a cobertura de vegetação (McDonnell *et al.* 1997, Crooks *et al.* 2004, Garaffa *et al.* 2009, Fontana *et al.* 2011), porém outras também variáveis são utilizadas como densidade de construções (Marzluff *et al.* 2001, Garaffa *et al.* 2009), quantidade de áreas não pavimentadas (Santos 2005, Garaffa *et al.* 2009), ruído urbano (Fontana *et al.* 2011) entre outras. A escolha de quais variáveis utilizar é determinada pela natureza dos dados disponíveis, pelos objetivos do estudo (Hahs & McDonnell 2006) e pelas características da área urbana que está sendo estudada.

A maioria dos estudos que avaliaram os efeitos da intensidade de urbanização em aves concluiu que esses organismos são afetados negativamente pela urbanização (e.g Blair 1996, Clergeau *et al.* 1998, Rottenborn 1999, Marzluff *et al.* 2001, McKinney 2002, Melles *et al.* 2003, Blair 2004, Santos *et al.* 2005, Donnelly & Marzluff 2006, Murgui 2007, Schlesinger *et al.* 2008, Garaffa *et al.* 2009, Villegas & Garitano-Zavala 2010, Fontana *et al.* 2011). A expansão urbana afeta aves em vários níveis de organização biológica, desde indivíduos em uma escala local até comunidades ao longo da paisagem (Blair 2004). Marzluff *et al.* (2001), em uma revisão que descrevia as respostas das aves à intensidade de urbanização, indicou que 61% dos 51 estudos investigados encontraram que a riqueza responde negativamente à urbanização e somente cinco estudos indicaram uma resposta positiva. Chace & Walsh (2006), em outra revisão sobre esse assunto também indicam que a riqueza tende a diminuir

com a intensidade de urbanização. Este padrão foi observado em cidades incluídas em habitats como florestas, desertos e campos. Porém, faltam estudos que tenham avaliado a influência do gradiente de urbanização na avifauna em cidades localizadas em áreas úmidas.

As áreas úmidas são reconhecidas globalmente como áreas onde existe prioridade para a conservação da biodiversidade e estão entre os ecossistemas mais ameaçados (Saunders *et al.* 2002). Estas ameaças estão associadas à destruição, degradação e à fragmentação dos habitats. Em centros urbanos a pressão sobre áreas úmidas ocorre devido à realização de drenagem e aterramentos para ampliação de áreas urbanas e a retirada de água para abastecimento da população (Burger 2000). Como resultado, a movimentação de animais se torna mais difícil e recursos críticos podem se tornar inacessíveis. A consequência final é a diminuição da riqueza e a alteração na estrutura da comunidade (Perello 2006).

Estudos que tenham avaliado as respostas na abundância e na composição das aves são mais escassos (Marzluff 2001, Chace & Walsh 2006). Alguns destes estudos indicam que a abundância tende a ser maior em níveis intermediários de urbanização (e.g. Garaffa *et al.* 2009, Villegas & Garitano-Zavala 2010) ou apresenta o “pico” em altas intensidades de urbanização (e.g. Clergeau *et al.* 1998). Isto acontece devido ao aumento na abundância de espécies sinantrópicas (Donnelly & Marzluff 2006), sugerindo que comunidades de aves tornam-se cada vez mais densas, porém empobrecidas à medida que aumenta a intensidade de urbanização. Muitos estudos indicam que mesmo quando a riqueza das comunidades de aves neste tipo de ambiente é relativamente alta, algumas espécies são desproporcionalmente abundantes (Marzluff 2001). Este padrão onde poucas espécies, que possuem características que as permitem tolerarem o ambiente urbano, substituem várias espécies nativas que não toleram as alterações no habitat impostas pela urbanização, chama-se homogeneização biótica e se repete em várias regiões do mundo, já que estas alterações criam estruturas ecológicas semelhantes em diferentes áreas (Blair 2001).

Freqüentemente os estudos relacionados a ecossistemas e biodiversidade utilizam somente a riqueza de espécies e o número de indivíduos como base para as medidas de diversidade. Porém, estas medidas tradicionais sozinhas podem ser pouco preditivas do funcionamento da comunidade e outros componentes de diversidade, como por exemplo, a diversidade funcional pode ser um aspecto de importância crucial (Díaz & Cabido 2001). Alguns conceitos de diversidade funcional têm sido propostos: o número, tipo e distribuição das funções desempenhadas por organismos dentro de um ecossistema (Díaz & Cabido 2001) e os componentes de biodiversidade que influenciam em como um ecossistema opera ou funciona (Tilman 2001). Todos estes conceitos envolvem a compreensão das comunidades e ecossistemas com base no que os organismos fazem em vez de somente se basear em quem eles são (Petchey & Gaston 2006).

Estudando a diversidade funcional é possível, por exemplo, determinar como a composição das características funcionais varia entre as assembléias de espécies ao longo de gradientes espaciais (Stevens *et al.* 2003) ou separados pelo tempo (Micheli & Halpern 2005). Hooper & Vitousek (1997) sugerem que as diferenças na composição funcional podem ter um efeito maior nos processos ecossistêmicos do que somente a riqueza. Além disso, a diversidade funcional elevada prediz que um ecossistema opera mais eficientemente do que outro com diversidade funcional menor (Tilman *et al.* 1997).

Assim, além de observar as respostas na riqueza, abundância e conhecer a identidade das espécies, torna-se fundamental identificar as características funcionais delas e o que elas fazem, ou seja, quais são as funções que estes organismos desempenham dentro do ecossistema. Relacionando os atributos funcionais, que são características morfológicas, fisiológicas ou ecológicas (Vandewalle *et al.* 2010) com as características dos habitats que estão presentes, é possível entender o porque de algumas espécies se tornarem abundantes ou raras em determinados tipos de ambientes. Permite ainda, verificar quais atributos funcionais são associados com as mudanças na paisagem (Tscharrntke 2008).

Alguns estudos têm enfatizado as respostas em assembleias de diversos tipos de organismos ligadas às características funcionais e à diversidade funcional, em relação às mudanças no habitat (ver revisão em Vandewalle *et al.* 2010). Flynn *et al.* (2009) destacam que à medida que ocorre a intensificação no uso e ocupação do solo, diminui a diversidade funcional. A fragmentação do habitat é outro fator que pode diminuir o nível de especialização das espécies, fazendo com que estas se tornem mais parecidas em relação às características funcionais (Devictor *et al.* 2008). Logo a urbanização aparece como um fator que pode ser determinante em alterar as características funcionais de assembleias, já que engloba vários fatores de modificação de habitat. Croci *et al.* (2008) demonstraram que o ambiente urbano limita a existência de alguns atributos, induzindo à homogeneização biótica da comunidade e faz com que populações de espécies especialistas se tornem instáveis à medida que aumenta o grau de urbanização (Devictor *et al.* 2008).

Diamond (1975), procurando entender os processos que determinam essa estruturação e buscando entender como comunidades distintas são formadas a partir de um mesmo *pool* de espécies, propôs a existência de “regras de montagem” que atuam na organização das comunidades. Duas proposições principais tentam explicar como se dá essa organização. Uma é a limitação de similaridade (MacArthur & Levins 1967) que destaca que as espécies precisam ocupar nichos diferentes, caso contrário, existiria exclusão competitiva. Portanto, diferentes atributos funcionais permitiriam a coexistência das espécies. Outra proposição é a teoria de filtros ambientais (Keddy & Weiher 1999), onde fatores ambientais funcionam como filtros, limitando os atributos funcionais ocorrentes no local. À medida que os fatores ambientais se tornam mais limitantes, a diversidade funcional diminui (filtro ambiental). Quando o ambiente se torna menos estressante, a diversidade funcional aumenta pela limitação de similaridade (Weiher & Keddy 1995, Mason *et al.* 2007).

Para as aves, a urbanização parece impor muitas restrições (fragmentação da paisagem, ruído, poluição, tipos e disponibilidade diferentes de recursos entre outras), onde poucas espécies que possuem alguns atributos biológicos pré-adaptados são capazes de tolerá-las (Kark *et al.* 2007). No ambiente urbano, as espécies que conseguem “ultrapassar” o filtro ambiental imposto pela urbanização intensa são chamadas de “tolerantes urbanos” (do inglês “*urban tolerant*”). As espécies que são mais especialistas, apresentando atributos incompatíveis com ambientes urbanos, são chamadas de “intolerantes urbanos” (do inglês “*urban intolerant*”) (Blair 1996). Esse comportamento de tolerância oposto está ligado a diferentes características biológicas (atributos) que podem aumentar ou diminuir a tolerância das espécies às limitações da urbanização (Crocini *et al.* 2008).

Poucos estudos têm avaliado as respostas das assembleias em relação à composição de atributos e da diversidade funcional das aves às mudanças na paisagem causadas pela urbanização. Os atributos das aves que aparecem como principais características de “intolerantes urbanos” são: nidificação no solo ou em locais baixos; insetivoria; e preferência por habitats de vegetação arbustiva, aquáticos ou locais abertos. Os atributos que provavelmente irão permitir que uma espécie de ave seja um “tolerante urbano” são: nidificação em locais altos e em cavidades e onivoria (Crocini *et al.* 2008; Conole & Kirkpatrick 2011).

Portanto, a organização espacial de uma cidade e a maneira como a infra-estrutura para atender as necessidades da população humana está disposta, impõe diferentes efeitos na estruturação de assembleias. À medida que uma região da cidade se torna mais urbanizada, ou seja, apresenta maior quantidade de superfície impermeável e menor quantidade de áreas contendo ambientes aquáticos ou vegetação, as espécies apresentam respostas diferentes. O entendimento de como ocorre a estruturação das assembleias frente à pressão da urbanização é fundamental. Pode, inclusive, auxiliar nas políticas públicas de

modo que as consequências negativas do desenvolvimento humano sejam mitigadas, principalmente quando a expectativa de crescimento das áreas urbanas é grande.

Em geral, estudos que tenham avaliado essas consequências foram realizados em grandes metrópoles, ou seja centros urbanos acima de um milhão de habitantes (e.g.; Villegas & Garitano-Zavala 2010, Conole & Kirpatrick 2011, Fontana *et al* 2011, Pellissier *et al.* 2012). Entretanto, sabe-se que no Brasil as cidades médias (até 500 mil habitantes) apresentam a maior taxa de crescimento populacional e conseqüentemente um processo de urbanização mais acentuado (IPEA 2008). O presente estudo, portanto, configura-se como o primeiro a ser realizado no Brasil.

Este estudo teve como objetivo geral avaliar como as características de um ambiente urbano e as diferentes intensidades de urbanização atuam na estruturação da avifauna. Analisando as respostas da avifauna relacionadas às métricas tradicionais como riqueza, abundância e composição taxonômica; além de compreender os efeitos da urbanização sobre a diversidade funcional e na estruturação da assembléia de aves relacionada aos atributos funcionais. Com base no exposto, as hipóteses são de que a urbanização causa uma resposta negativa na riqueza; a abundância apresenta os maiores valores em níveis intermediários; a diversidade funcional é maior quanto menor a intensidade de urbanização; a composição funcional (atributos) se modifica ao longo do gradiente urbano e diferentes características do meio urbano causam diferentes respostas na riqueza; na abundância e na diversidade funcional, assim como, influenciam na composição taxonômica e funcional.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Pelotas que está situado no extremo sul do Brasil ($31^{\circ}46'S$, $52^{\circ}20'W$) (Fig. 1), fundado no ano de 1812 e ocupa uma área de 1.610 Km^2 . A população estimada é de 328.275 habitantes, com densidade demográfica de 203,89 hab/ Km^2 (IBGE 2010). O município é considerado de tamanho médio (entre 100 e 500 mil habitantes) e apresenta 93% de sua população residindo na zona urbana (IBGE 2010).

O município de Pelotas encontra-se localizado em uma planície costeira a sete metros do nível do mar, às margens do Canal São Gonçalo que consiste em um canal navegável e às margens da Lagoa dos Patos que é a maior lagoa do Brasil, com uma área de 10.360 Km^2 (Calliari 1998).

O clima é do tipo Cfa (Clima temperado úmido com verão quente). A média anual da temperatura é de 17,8 °C e média de precipitação pluviométrica de 1366,9 mm, sendo fevereiro e julho os meses mais chuvosos (Embrapa, UFPel, INMET 1971-2000). O município está inserido no Bioma Pampa, na fisionomia das Formações Pioneiras (vegetação com influência fluvial e/ou lacustre) (IBGE 1992). Atualmente, somente 16,17% da cobertura vegetal original do Bioma Pampa no município permanecem sendo o restante modificado para algum tipo de uso antrópico. (Probio 2007).

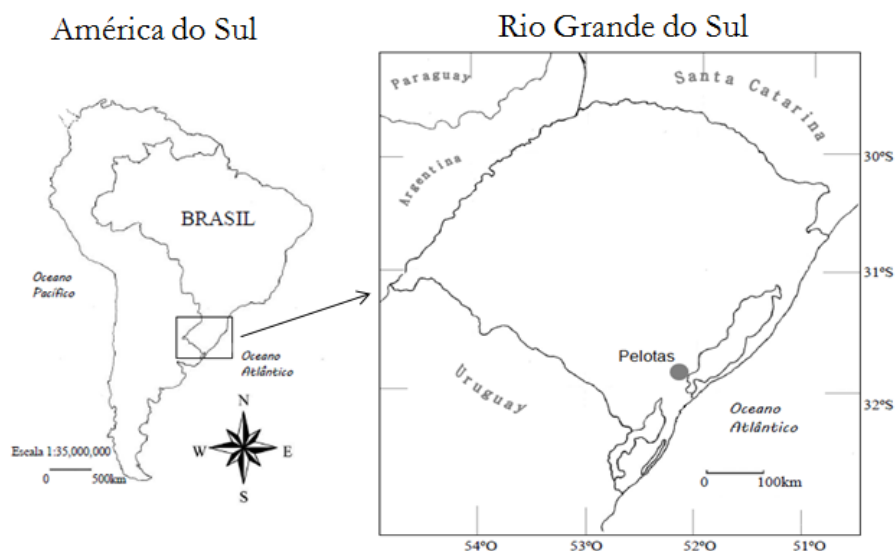


Figura 1. Localização do Município de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

2.2. Desenho amostral e Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu durante doze meses no período de outubro de 2007 a setembro de 2008. O método do ponto fixo de observação foi utilizado, com um tempo de permanência de oito minutos, um raio fixo de observação de 50 m e uma distância de no mínimo 200m entre os pontos para evitar contagens duplas de indivíduos e garantir a independência estatística (Bibby *et al.* 1992).

Foram distribuídos 216 pontos na área urbana, de maneira que diferentes intensidades de urbanização já pré-estabelecidas por Polidori 2004 fossem amostradas. (Fig. 2). Foram determinados grupos de 12 pontos conforme a proximidade, considerando que a distância entre um ponto e outro era percorrida a pé, e no dia anterior a amostragem, era sorteado qual destes grupos seria amostrado. Setenta e dois pontos foram amostrados por mês (12 a cada dia), no período da manhã, iniciando por volta de 30 minutos após o amanhecer e a sequência dos pontos era alternada para que estes não fossem amostrados sempre no mesmo horário, já que existe mudança na atividade das aves em diferentes

horários. Desta forma a totalidade dos pontos foi amostrada uma vez a cada três meses, sendo então reamostrados quatro vezes.

Os registros foram visuais e/ou sonoros, sendo contabilizado o número de contatos para cada espécie. Os indivíduos de *Passer domesticus* não foram contabilizados, já que esta é uma espécie extremamente abundante em ambiente urbano, o que torna difícil sua contagem. Entretanto, a espécie foi considerada para as análises de riqueza.

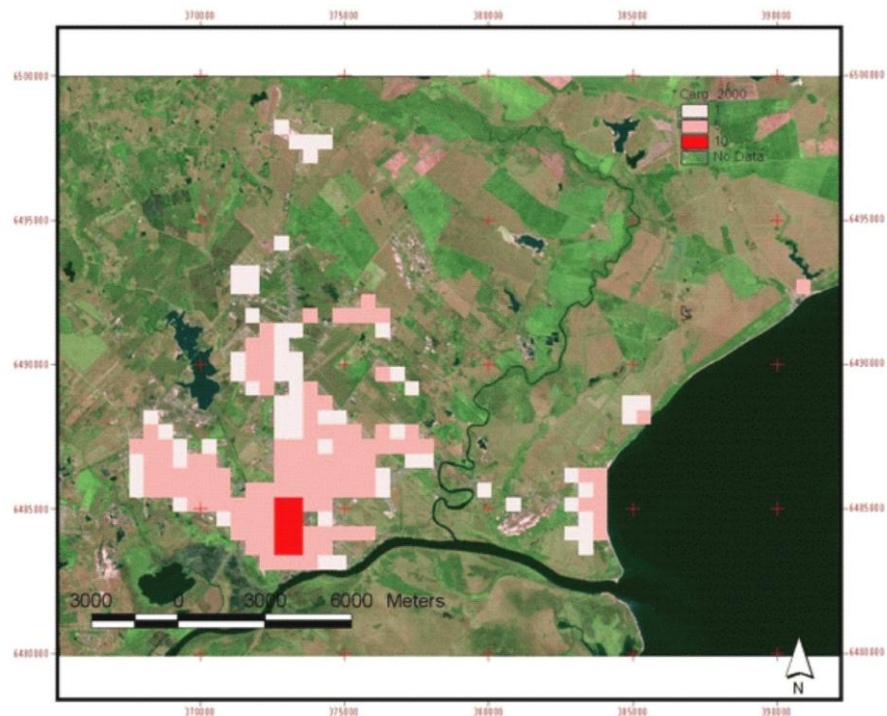


Figura 2. Imagens de satélite mostrando as diferentes intensidades de urbanização estabelecidas por Polidori 2004. Vermelho – intensidade de urbanização elevada; rosa - intensidade de urbanização média; branco – intensidade de urbanização baixa.

2.3. Variáveis ambientais

Para descrever o habitat local foram mensuradas nos mesmo pontos fixos de observação das aves, e também para um raio de 50m, as seguintes variáveis ambientais: a) número de árvores (arv): indivíduos com mais de 1,50m de altura; b) presença de ambiente aquático (A.Aq): banhados, lagoas, lagos, rios ou canais; c) presença de ambientes abertos

(A.ab): terrenos baldios, ambientes com vegetação rasteira e sem construções; d) número de construções com até dois andares (at2); e) número de construções com mais de dois andares (m2).

2.4. Escolha dos atributos

As espécies foram caracterizadas em relação a massa corpórea, dieta (hábito alimentar), substrato de forrageamento e substrato de nidificação. A escolha dos atributos levou em consideração a possibilidade de estes responderem à variação na estrutura do ambiente urbano. A caracterização das espécies em relação aos atributos escolhidos foi feita com auxílio de informações retiradas da literatura (Stotz *et al.* 1996, Belton 1994, Sick 1997, Del Hoyo *et al.* 1992-2002, Del Hoyo *et al.* 2003-2006, Krügel & Anjos 2000 e Anjos 2001). Esta caracterização foi baseada nos atributos preferenciais das espécies de aves. Os atributos qualitativos foram expandidos e transformados em variáveis binárias (variáveis *dummy*) para permitir as análises (Pillar *et al.* 2009) (tab. 1). Os atributos herbívoros (dieta) e parasitas (substrato de nidificação) foram excluídos das análises estatísticas por apresentarem somente três e duas espécies respectivamente com essas características.

TABELA. 1. Atributos agrupados com base em suas relações funcionais, tipos de variáveis e as referências em que foram baseadas as caracterizações das espécies em relação aos atributos.

Grupo de Atributos	Atributos	Variável	Referências Base
Massa	Massa	Quantitativa	Belton (1994); Sick (1997)
Dieta	Herbívoro	Binária	Krügel & Anjos (2000); Anjos (2001)
	Onívoro	Binária	
	Insetívoro	Binária	
	Carnívoro	Binária	
	Frugívoro	Binária	
	Granívoro	Binária	
	Nectarívoro	Binária	
Substrato de Forrageamento	Solo	Binária	Stotz <i>et al.</i> (1996)
	Água	Binária	
	Ar	Binária	
	Vegetação	Binária	
Substrato de Nidificação	Cavidades	Binária	Sick 1997, Del Hoyo <i>et al.</i> 1992-2002, Del Hoyo <i>et al.</i> 2003-2006
	Vegetação	Binária	
	Solo	Binária	
	Sobre água	Binária	
	Alto	Binária	
	Baixo	Binária	
	Parasitas	Binária	

2.5. Gradientes Ambientais (Intensidade de Urbanização e Áreas úmidas)

A partir de uma Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 3), realizada com as variáveis ambientais medidas, foi possível observar a variação na complexidade estrutural do ambiente. Foram utilizados, os eixos 1 e 3 da ordenação para analisar os padrões, pois os eixos 2 e 3 apresentaram praticamente a mesma explicação (eixo 2= 19,48%; eixo 3= 19,05%), porém o eixo 3 mostra um padrão diferenciado do apresentado pelo eixo 1. O Eixo 1 com explicação de 33,3%, demonstra o gradiente de intensidade de urbanização, aparecendo à esquerda do diagrama de dispersão (menores escores), as unidades amostrais que representam áreas com menor intensidade de urbanização,

apresentando maior número de árvores e maior presença de ambientes aquáticos e de áreas abertas. Já à direita do diagrama (maiores escores) estão as unidades amostrais onde a intensidade de urbanização é elevada, com maior número de construções de até dois andares e de mais de dois andares. Com o Eixo 3 que explica 19,05% da variação ambiental, foi possível observar um gradiente ambiental relacionado às áreas úmidas. As unidades amostrais na parte superior do diagrama (maiores escores) indicam uma forte associação com a presença de ambientes aquáticos e na parte inferior estão as unidades amostrais onde existe maior quantidade de árvores e presença de áreas abertas.

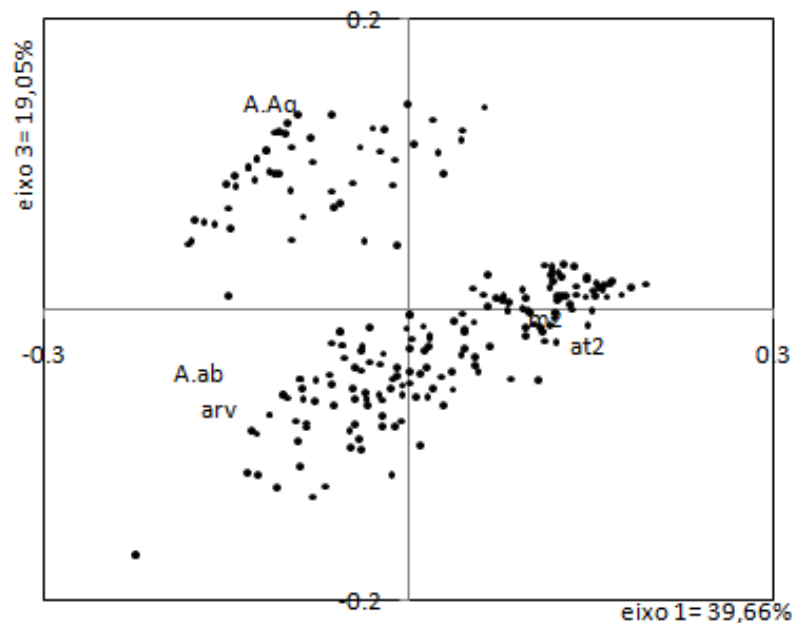


Figura 3. Diagrama de dispersão das unidades amostrais descritas pelas variáveis ambientais, representada pelo primeiro e pelo terceiro eixo de ordenação (PCA). Rótulos das variáveis: A.Aq = Presença de ambiente aquático, A.ab = Presença de ambientes abertos, arv= Número de árvores, m2= Número de construções com mais de dois andares, at2 = Número de construções com menos de dois andares.

2.6. Análises de Dados

Primeiramente, com o objetivo de testar se os 200m de distância entre os pontos foram suficientes para garantir a independência estatística, foi avaliado se existiu auto-correlação espacial entre as unidades amostrais (pontos fixos de observação), através de análise de correlação de Mantel (Mantel 1967) entre uma matriz contendo a composição taxonômica e uma matriz contendo as coordenadas geográficas de cada ponto. O teste de Mantel indicou que as unidades amostrais foram estatisticamente independentes, não havendo auto-correlação espacial significativa ($p=0,096$).

Para as análises subseqüentes, não foram consideradas espécies que apresentassem menos de cinco indivíduos registrados em somente uma das quatro amostragens. Para as análises de abundância foi utilizada a média de indivíduos de cada espécie contabilizados nas quatro amostragens, a fim de evitar super ou sub-amostragem das espécies.

Para obter uma medida geral que representasse o gradiente de intensidade de urbanização, foi criada uma variável sintética a partir dos escores do eixo 1 da análise de componentes principais (PCA) das variáveis ambientais. Além disso, foram usados os escores do eixo 3 para com o objetivo de obter uma variável que representasse o gradiente ambiental relacionado às áreas úmidas. Análises de regressões simples entre os escores do eixo1 e do eixo com a riqueza e abundância foram realizadas para observar a influência do gradiente de intensidade de urbanização e do gradiente relacionado às áreas úmidas nestas variáveis.

Entretanto para verificar como cada variável ambiental influencia na riqueza e na abundância (variáveis dependentes) foram realizadas análises de regressões simples (com as variáveis independentes quantitativas - arv, at2, m2) e testes-t (com as variáveis independentes binárias – A.Aq e A.ab).

A influência das variáveis ambientais na composição taxonômica foi analisada através de uma análise de correspondência canônica, ou CCA (Braak 1986) e a significância

dos eixos foi testada através de uma simulação de Monte Carlo. Essa análise multivariada é a mais indicada quando o objetivo é obter a relação das variáveis ambientais com a abundância de espécies (Digby & Kempton 1996) e requer duas matrizes, uma contendo a abundância das espécies e outra com os valores das variáveis ambientais.

Para realizar as análises relacionadas à diversidade funcional e aos atributos funcionais, os dados foram organizados nas seguintes matrizes: matriz **B** – espécies descritas pelos atributos; matriz **W** – comunidades descritas pelas espécies; e matriz **E** – comunidades descritas pelas variáveis ambientais. A matriz **E** foi gerada de duas maneiras: uma contendo as variáveis ambientais com os valores medidos em campo, e outra contendo a variável sintética que descreve a intensidade de.

A Diversidade funcional foi calculada a partir da entropia quadrática de Rao (Rao, 1982):

$$FD = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S d_{ij} p_i p_j$$

onde d_{ij} expressa a dissimilaridade entre cada par de espécies i e j de acordo com seus atributos (Pavoine & Dolédec 2005). O parâmetro d_{ij} varia entre 0 (duas espécies tem exatamente os mesmos atributos) e 1 (as duas espécies tem valores de atributos completamente diferentes). A diversidade funcional foi calculada para os grupos de atributos que contém relações funcionais, assim como para todos os atributos (diversidade funcional total) através do *software* Syncca 2.6.9 (Pillar 2010).

Os valores médios dos atributos (mT), ou seja, os valores que correspondem às médias dos atributos nas comunidades ponderadas pelas abundâncias das espécies em cada unidade amostral foram retirados da Matriz **T** gerada também pelo *software* Syncca 2.6.9 (Pillar 2010).

Análises de Regressões lineares simples foram realizadas para verificar como a diversidade funcional é influenciada pelo gradiente de intensidade de urbanização e pelo

gradiente relacionado às áreas úmidas. Com o objetivo de verificar a influência do ambiente urbano representado pelas variáveis ambientais medidas sobre a composição funcional (atributos) da assembléia de aves foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA).

3. RESULTADOS

3.1. Riqueza e abundância de aves em ambiente urbano

Foram registradas nas quatro amostragens 84 espécies e 9595 indivíduos. No entanto apenas 67 espécies foram incluídas nas análises e uma média por período amostral de 2254,75 indivíduos (anexo I). A riqueza de aves foi significativamente e positivamente relacionada com o número de árvores, presença de ambiente aquático e presença de campo; e negativamente relacionada com o número de prédios até dois andares e número de prédios de mais de dois andares (tab. 2). A abundância foi significativamente e positivamente relacionada com o número de árvores, presença de ambiente aquático e presença de ambientes abertos; e negativamente relacionada com o número de prédios de até dois andares e com o número de prédios de mais de dois andares (tab. 2).

TABELA 2. Coeficientes de determinação (R^2) e equações dos modelos das regressões lineares calculadas para as variáveis ambientais quantitativas e resultados dos testes t para as variáveis ambientais binárias em relação à riqueza e abundância.

	Riqueza			Abundância		
<i>Variáveis Quantitativas (Regressão</i>						
<i>linear simples)</i>	Equação	R^2	P	Equação	R^2	P
Nº de Árvores	$y = -0,38 + 0,010x$	0,12	<0,001	$y = 1,73 + 0,003x$	0,11	<0,001
Nº de const. até 2 andares	$y = 0,34 - 0,022x$	0,10	<0,001	$y = 1,96 - 0,009x$	0,19	<0,001
Nº de const. de mais 2 andares	$y = 0,19 - 0,074x$	0,08	<0,001	$y = 1,87 - 0,014x$	0,04	<0,01
<i>Variáveis Binárias (Anova)</i>						
		F	P		F	P
Presença de Ambiente Aquático	-	8.13	0.004	-	8.05	0.004
Presença de Ambientes Abertos	-	15.5	<0.001	-	21,5	<0.001

Tanto a riqueza como a abundância foram influenciadas pelo gradiente de intensidade de urbanização (eixo 1). Na figura 4 pode-se observar que conforme a intensidade de urbanização aumenta a riqueza e a abundância diminuem significativamente. Entretanto estas variáveis não foram influenciadas pelo gradiente relacionado às áreas úmidas (eixo 3).

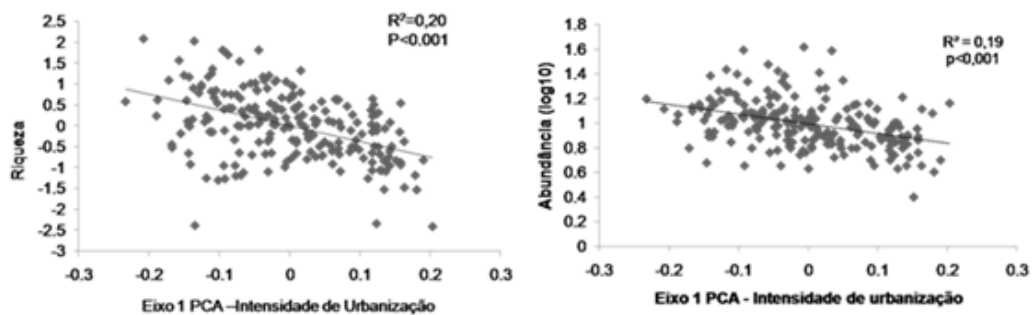


Figura 4. Influência do gradiente de intensidade de urbanização (escores do eixo 1 da PCA) na riqueza e na abundância.

3.2. Composição taxonômica de aves em ambiente urbano

A análise de correspondência canônica (CCA) indicou que existe relação significativa ($p=0,001$) entre a composição e o gradiente de intensidade de urbanização (Fig. 5). O eixo 1 explicou 21,2%, o eixo 2 explicou 10,4% e todos os eixos canônicos explicaram um total de 44%. Todas as variáveis influenciaram significativamente na comunidade, porém a variável que mais influenciou na comunidade de aves foi a presença de ambientes aquáticos (12%), seguida por presença de ambientes abertos (9%), número de árvores (8%), construções de mais de dois andares (7%) e construções de até dois andares (6%).

(Pygocbelidon cyanoleuca), Sijl (Sicalis flaveola), Sysi (Syrrigma sibilatrix), Tale (Tachycineta leucorrhoa), Tbbo (Thraupis bonariensis), Tasa (Tangara sayaca), Trmu (Troglodytes musculus), Tuam (Turdus amaurochalinus), Turu (Turdus rufiventris), Tysa (Tyrannus savana), Vach (Vanellus chilensis), Xoir (Xolmis irupero), Zeau (Zenaida auriculata), Zoca (Zonotrichia capensis). Variáveis ambientais – Arv (Número de árvores), at2 (Número de construções de até dois andares), m2 (Número de sontruções de mais de dois andares), A.Aq (Presença de ambiente aquático), A.ab (Presença de ambiente aberto).

3.3. Diversidade funcional de aves em ambiente urbano

A diversidade funcional, tanto nos grupos de atributos (atributos agrupados conforme as relações funcionais) como a total (todos os atributos) se mostrou sensivelmente afetada pela intensidade de urbanização (Fig. 1). Em relação aos grupos de atributos, a diversidade funcional relacionada ao substrato de nidificação foi a mais influenciada pela intensidade de urbanização, demonstrando uma queda significativa à medida que a urbanização se torna mais acentuada (Fig. 1a). A diversidade funcional dos atributos relacionados à dieta também apresentou uma queda significativa com o aumento da urbanização (Fig. 1b). Já a diversidade funcional relacionada à massa, apesar de ser significativamente influenciada, apresentou baixa explicação pelo gradiente urbano (Fig. 1c). A diversidade funcional dos atributos relacionados ao substrato de forragimento foi não foi influenciada pela urbanização, apresentando somente uma relação marginalmente significativa com o gradiente (Fig. 1d). A diversidade funcional total foi significativamente e negativamente influenciada pelo intensidade de urbanização (Fig. 1e).

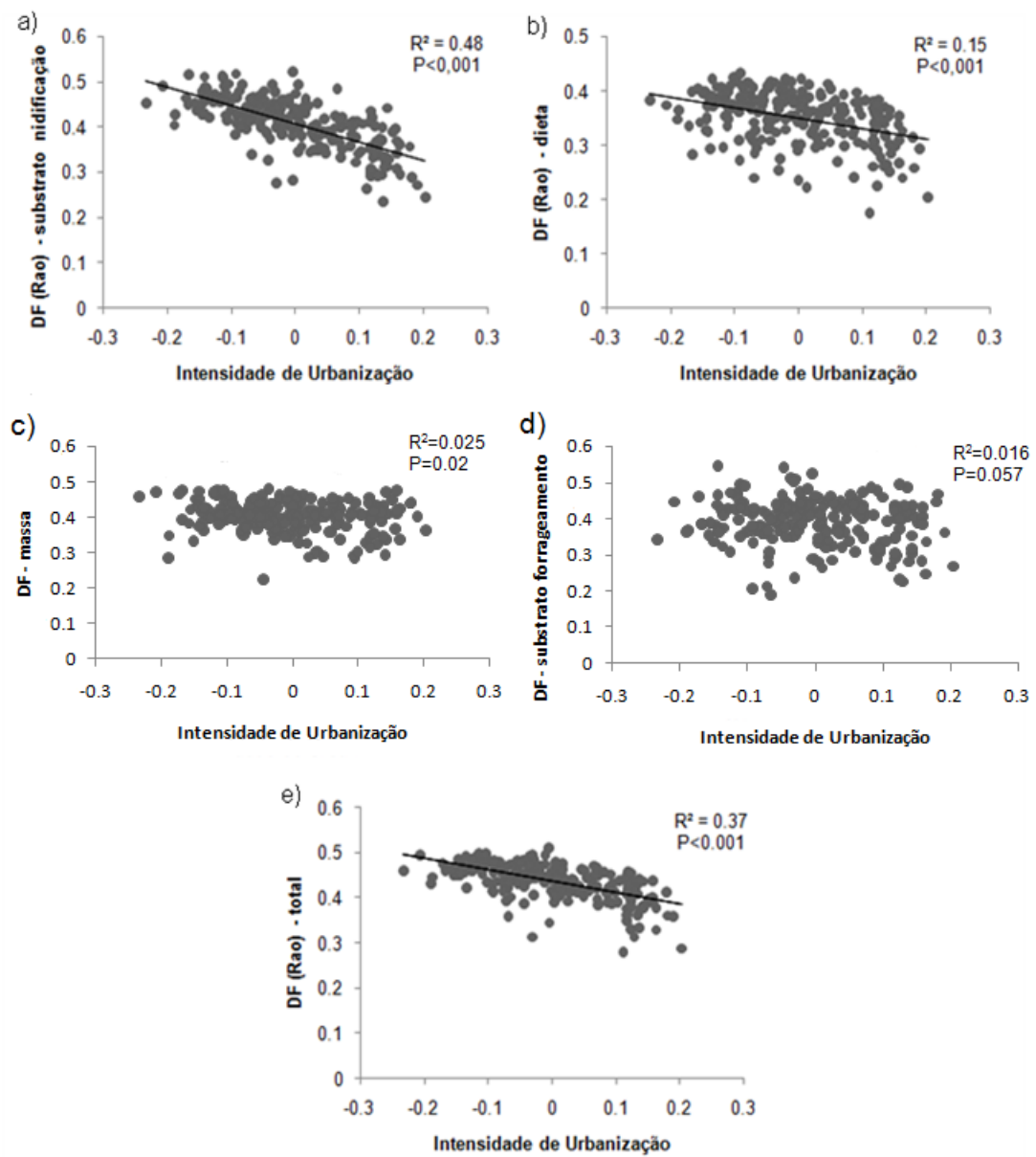


Figura. 6. Influência da intensidade de urbanização na Diversidade funcional (entropia quadrática de Rao) observada para cada grupo de atributos com relação funcional e em todos os atributos (total).

O gradiente relacionado às áreas úmidas apresentou influência significativa, porém com baixa explicação, na diversidade funcional com os atributos ligados ao substrato de forrageamento e à massa. Na figura 7 é possível observar que à medida que aumenta a presença de áreas úmidas (maiores escores do eixo 3) aumenta a diversidade funcional.

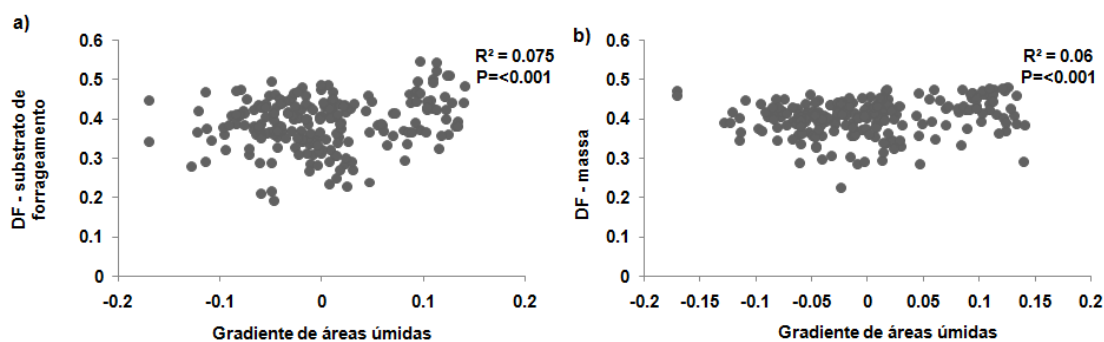


Figura. 7. Influência do gradiente de áreas úmidas na Diversidade funcional (entropia quadrática de Rao) relacionada ao substrato de forrageamento e à massa.

3.4. Atributos funcionais de aves em ambiente urbano

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) (Figura 8) foi significativa ($p < 0,001$) e mostra a separação pelo eixo 1 dos atributos funcionais das aves que são mais presentes em maiores intensidade de urbanização ou não. O eixo 2 da CCA indica uma separação relacionada à um gradiente de áreas úmidas. Foi possível observar que os atributos mais relacionados à áreas com urbanização mais intensa, com mais construções de até dois andares, assim como de mais de dois andares foram: preferência por forrageamento no ar, onivoria e ninhos em cavidades. Já os atributos das aves que são relacionados à áreas com menor intensidade de urbanização e com áreas úmidas (presença de ambientes aquáticos) foram: maior massa, preferência de forrageamento na água e de ninhos sobre a água. Os atributos relacionados à menores intensidades de urbanização e com maior número de

árvores e maior presença de ambientes abertos foram: preferência por ninhos em vegetação, em locais baixos e no solo, assim como a carnivoría.

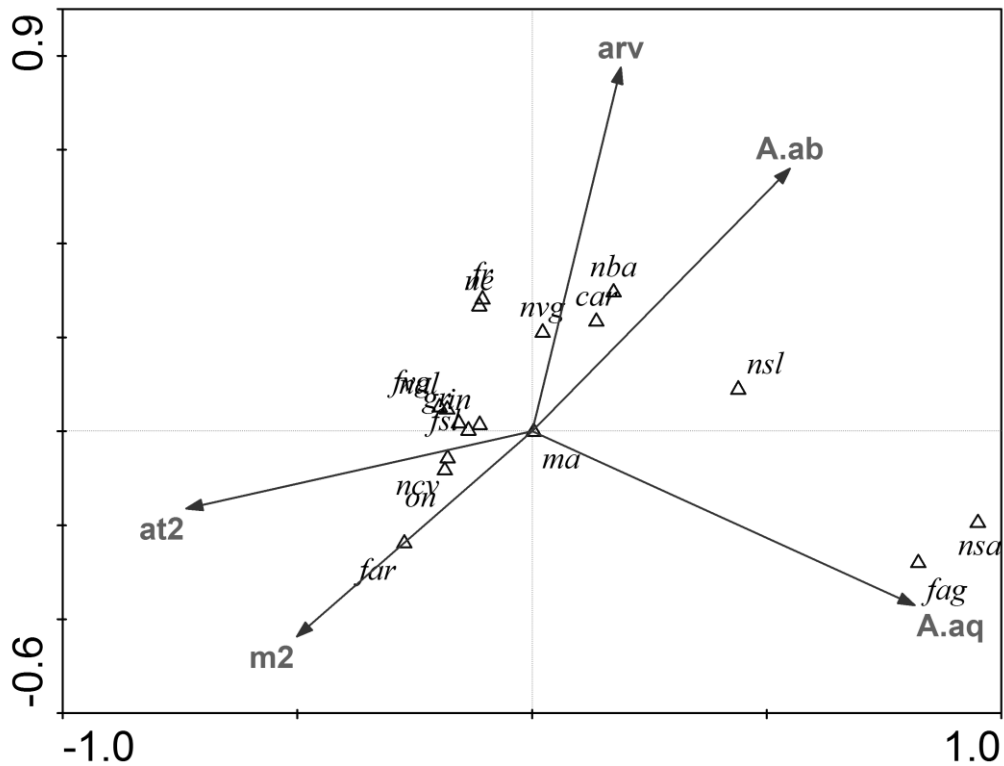


Figura 8. Diagrama de ordenação definido por análise de correspondência canônica (CCA), relacionado a composição funcional (atributos) de aves com as variáveis urbanas. As setas representam as variáveis ambientais e os pontos representam os atributos funcionais. Legendas: *atributos*: ma=massa; on=onívoro; car=carnívoro; in=insetívoro; gr=granívoro; fr=frugívoro; ne=nectarívoro; fsl= forrageamento no solo; fag= forrageamento na água; far= forrageamento no ar; fvg= forrageamento na vegetação; ncv= ninho em cavidades; nvg= ninho em vegetação; nsl= ninho em solo; nsa= ninho sobre a água; nal= ninho em locais altos e nba= ninhos em locais baixos. *Variáveis*: arv= número de árvores; at2= número de construções de até dois andares; m2= número de construções de mais de dois andares; A.ab= presença de ambiente aberto; A.aq= presença de ambiente aquático.

4. DISCUSSÃO

A urbanização tem demonstrado efeitos negativos sobre a avifauna em vários lugares do mundo e principalmente em cidades muito grandes (mais de 1 milhão de habitantes) (e.g. Villegas & Garitano-Zavala 2010, Fontana *et al.* 2011, Pellissier *et al.* 2012). Nossos resultados mostraram que estes efeitos são sentidos mesmo em uma cidade considerada média, sendo possível observar a existência de um gradiente de intensidade de urbanização que causa respostas evidentes na avifauna. Tanto a riqueza como a abundância diminuíram à medida que a intensidade de urbanização aumenta. Para riqueza este padrão tem sido observado frequentemente (Díaz & Armesto 2003, Leveau & Leveau 2004, Villegas & Garitano-Zavala 2010 e Fontana *et al.* 2011).

A abundância apresentou resposta diferente à observada na maioria dos trabalhos, nos quais, em níveis intermediários de urbanização a abundância apresentava os maiores valores (revisão Chace & Walsh 2006). Este resultado fora do padrão pode ter ocorrido devido à ausência de contagem de indivíduos de *Passer domesticus*, que é uma espécie muito abundante, principalmente em áreas peridomiciliares (Sick 1984), o que elevaria a abundância nos níveis intermediários de urbanização. Outro fator pode ter sido a extensão do gradiente estudado, ou seja, áreas exclusivamente rurais não foram amostradas, portanto, o extremo menos urbanizado neste estudo seria o nível intermediário de urbanização e onde apresentou maiores valores para a abundância.

As variáveis urbanas mensuradas neste estudo demonstraram serem boas indicativas de intensidade de urbanização e permitiram observar o gradiente de intensidade de urbanização. Foi possível observar a influência destas variáveis tanto na abundância e na riqueza, mas também na composição de espécies. A arborização é a variável que mais frequentemente é estudada, além de ser um dos fatores que mais influencia na chegada e na possibilidade de permanência das espécies nas cidades (Blair & Launer 1997). A vegetação urbana oferece locais para nidificação, abrigo, descanso e fontes de recursos alimentares

(Savard *et al.* 2000, Fernández-Juricic *et al.* 2001, Melles *et al.* 2003), portanto geralmente gera uma reposta positiva na avifauna (Marzluff *et al.* 2001, McKinney 2002). Neste estudo não foi diferente, pois tanto a riqueza quanto a abundância foram maiores à medida que o número de árvores aumenta. O número de construções de até dois andares e de mais de dois andares influenciaram negativamente a riqueza e a abundância. Isto, provavelmente se deve ao fato de que conforme aumenta o desenvolvimento urbano, diminui a disponibilidade de recursos alimentares ((Melles *et al.* 2003).

A composição de espécies foi significativamente influenciada por todas as variáveis. Pode-se observar que o eixo 1 da CCA separou as variáveis típicas de ambientes com maior intensidade de urbanização (construções de até dois andares, de mais de dois andares). Espécies como *Columbina picui*, *Pitangus sulphuratus*, *Pygochelidom cyanoleuca*, *Troglodytes musculus* se mostraram ligadas à estas variáveis, indicando que toleram mais este tipo de ambiente. No lado oposto do eixo 1 estão as variáveis que apresentaram maiores valores quanto mais distantes do núcleo urbano: número de árvores, presença de ambientes abertos e presença de ambiente aquático. A arborização teve influência importante na composição taxonômica e algumas espécies florestais como, por exemplo, *Coereba flaveola*, *Hylocharis chrysura*, *Myiopsitta monachus* e *Tyrannus savana* se apresentaram ligadas às esta variável. Porém, as variáveis que mais influenciaram na composição foram presença de ambientes abertos e presença de ambiente aquático.

Foi possível observar que medir a diversidade funcional e relacioná-la com as características do ambiente urbano pode ser muito importante para a avaliação dos efeitos da urbanização nas assembléias. Neste estudo tanto a diversidade funcional total, ou seja, a diversidade funcional incluindo todos os atributos analisados, quanto a diversidade funcional em diferentes grupos de atributos com relações funcionais (massa, forrageio, dieta e ninho) diminuiu nos maiores valores de intensidade de urbanização. Assim, foi

possível observar que ocorre *homogeneização biótica* da avifauna à medida que os níveis de urbanização se tornam mais elevados.

Em relação ao substrato de nidificação, a diversidade funcional se mostrou a mais afetada pela intensidade de urbanização. Os ninhos em vegetação, locais baixos e no solo foram mais presentes em locais menos urbanizados e foram relacionados ao maior número de árvores e maior presença de ambientes aquáticos. Isto pode ser resultado de alguns fatores, como a falta de arborização nas áreas com maior intensidade de urbanização, portanto espécies que preferem nidificar na vegetação, não encontram o substrato disponível (Lim & Sodhi 2004). O menor número de espécies que preferem nidificar em locais baixos e no solo em áreas urbanizadas, provavelmente ocorre devido a interferência direta dos seres humanos e a predação pelos animais domésticos, como cães e gatos representam uma ameaça importante (Crocì *et al.* 2008), já que o desenvolvimento urbano tem sido associado com altas taxas de predação de ninhos (López-Flores *et al.* 2009). Espécies que tem preferência por nidificar na água também são menos presentes quanto maior a intensidade de urbanização, porém este tipo de nidificação apresentou relação com a presença de ambientes aquáticos. Isto se deve ao fato de que em ambientes muito urbanizados tem menor presença de ambientes aquáticos.

Os ninhos altos e em cavidades estão presentes em maior número quanto maior a intensidade de urbanização. Os ninhos em cavidades, especialmente estão relacionados ao aumento do número de construções. Este resultado foi também encontrado por Lancaster & Rees (1979), Crocì *et al.* (2008) e Conole & Kirkpatrick (2011). Estes ninhos provavelmente são mais protegidos, assim as ninhadas correm menor risco de predação pelos animais domésticos e diminui a interferência direta pelos humanos.

As aves maiores em relação à massa foram predominantes nas áreas com menor intensidade de urbanização e principalmente em ambientes com maior presença de ambientes aquáticos. Um padrão oposto foi encontrado por: González Oreja *et al.* (2007),

Kark *et al.* (2007), Croci *et al.* (2008) e Conole & Kirkpatrick (2011). Estes autores observaram que em níveis baixos de urbanização as aves tendem a ser menores. Provavelmente se deve ao fato de que estes estudos foram realizados em regiões cujas áreas urbanas ficam incluídas em habitats de florestas, onde as espécies de aves tendem a ser menores. Já o *pool* regional de espécies de aves da área estudada apresenta uma grande parte de aves de habitats aquáticos e campestres, que tendem a ter massas corpóreas maiores. Portanto, o filtro ambiental imposto pela intensidade de urbanização e pela degradação destes ambientes em áreas mais urbanas não permite que as espécies destes tipos de habitats tolerem em maiores níveis de urbanização.

Neste estudo, a onivoria foi o atributo relacionado à dieta predominante em áreas mais urbanizadas, assim como em Lancaster & Rees (1979), Clergeau *et al.* (1998), Jokimäki & Suhonen (1998), Kark *et al.* (2007), Croci *et al.* (2008) e Conole & Kirkpatrick (2011). As espécies onívoras apresentam maior vantagem nas cidades onde existe uma maior variedade de itens, já que os humanos produzem estes recursos, inclusive o lixo (Clergeau *et al.* 1998). Carnívoros foram mais presentes em áreas menos urbanizadas, provavelmente pelo fato de nestas áreas existirem, mais áreas abertas, que beneficiam os carnívoros.

Segundo Robinson & Holmes (1982), o comportamento de forrageamento das aves também é influenciado pela complexidade estrutural do ambiente e de seu entorno. O forrageamento no ar foi favorecido pela intensidade de urbanização e esteve ligado ao maior número de construções, possivelmente porque em áreas mais urbanizadas existem maior disponibilidade de poleiros, que pode beneficiar técnicas de forrageamento, onde a ave se lança no ar a partir de um poleiro para capturar a presa (Sick 1997).

Os resultados deste estudo, de modo geral coincidem com um padrão mundial sobre os impactos da urbanização na avifauna. A riqueza foi afetada negativamente pela intensidade de urbanização, a composição se mostrou influenciada pelas características do meio urbano e a abundância, apesar de mostrar uma resposta um pouco diferenciada foi

afetada pela urbanização. Além disso, a diversidade funcional da avifauna foi significativamente afetada pela intensidade de urbanização, mostrando que mesmo em uma cidade considerada média (até 500 mil habitantes) já foi possível identificar um gradiente de “*homogeneização biótica*”.

A identificação das características funcionais tem fornecido importantes informações para o entendimento dos mecanismos pelos quais a urbanização afeta a assembleia de aves (e.g. Kark et al. 2007, Croci et al. 2008 e Conole & Kirkpatrick 2011). As métricas que analisam o número de espécies e de indivíduos sozinhas podem ser insuficientes para a observação de quais são os segmentos das comunidades que são responsáveis pelas respostas observadas. Analisando a estruturação da avifauna com relação aos seus atributos funcionais, pode-se observar que na área urbana estudada os “tolerantes urbanos” se diferenciaram dos “intolerantes urbanos” em relação à dieta (os tolerantes são onívoros enquanto os intolerantes são carnívoros), ao substrato de forrageamento (tolerantes forrageiam no ar e os intolerantes na água) e em relação ao substrato de nidificação (intolerantes em vegetação, locais baixos, solo e sobre a água).

Foi possível observar a importância tanto da arborização, mas também da presença de ambientes aquáticos e de ambientes abertos para o aumento da riqueza, da abundância e da diversidade funcional. Evidenciando que a disponibilidade e conservação de diversos tipos de habitat é extremamente relevante. Em geral observa-se um padrão nas características de áreas urbanas que causam efeitos negativos nas aves, incluindo construções elevadas ou não, tráfego de automóveis, entre outros (e.g. Leveau & Leveau 2004, Chace & Walsh 2006). A arborização é a variável mais estudada e geralmente aparece como uma das características que causa efeitos positivos na avifauna (Marzluff *et al.* 2001, McKinney 2002). Contudo, a intensidade dos efeitos das características ambientais varia entre espécies e comunidades (Ortega-Álvarez & MacGregor-Fors 2009).

Essa diferença pode estar diretamente ligada com o *pool* regional de espécies no qual a área urbana está inserida. Neste estudo, por exemplo, a área urbana está localizada em uma área úmida do bioma Pampa. Possui características que são de extrema relevância e apresentam prioridade para manutenção e conservação, que é a disponibilidade de ambientes aquáticos e de ambientes abertos. Isso ficou evidente com a observação de um gradiente relacionado às áreas úmidas. Este gradiente não influencia de maneira significativa na riqueza, abundância e na diversidade funcional provavelmente porque os seus dois extremos se complementam e são igualmente benéficos para a avifauna, já que tanto ambientes aquáticos como áreas abertas e a arborização aumentaram a riqueza e a abundância. Porém foi possível observar que este gradiente influencia na estruturação da assembleia de aves, com base na composição taxonômica e funcional, ou seja, à medida que o ambiente urbano apresenta ambientes aquáticos ou áreas abertas e mais arborização, a avifauna se modifica com base na funcionalidade, se refletindo portanto na composição funcional.

O esperado para as cidades é a diminuição da presença de ambientes aquáticos e de ambientes abertos à medida que aumenta a intensidade de urbanização. A maioria das áreas abertas é utilizada pela construção civil e os ambientes aquáticos geralmente sofrem drenagem e aterramentos para ampliar as áreas construídas e a retirada de água para abastecimento da população (Burger 2000), ou até mesmo são desviadas para não estarem presentes no ambiente mais urbano. As áreas úmidas estão entre os ecossistemas mais produtivos da Terra e possuem alta biodiversidade (Barbier *et al.* 1997) e um alto número de processos ecológicos que as regulam (Maltchik *et al.* 2003). São reconhecidas em âmbito global como áreas onde existe prioridade para a conservação da biodiversidade e estão entre os ecossistemas mais ameaçados (Saunders *et al.* 2002). A avifauna, neste contexto merece importante destaque, pela adaptação de muitas espécies a esse tipo de ambiente, utilizando-o como local de repouso, alimentação e reprodução (Scherer *et al.* 2006).

Assim, áreas com ambientes aquáticos ou ambientes abertos, ao serem extintos por algum uso antrópico ou quando apresentam um estado de conservação muito baixo, modificam a estruturação da avifauna, fazendo com que a assembleia de aves se torne muito diferente da constituição do *pool* regional de espécies. Portanto, dependendo da matriz onde a cidade está inserida o *pool* de espécies é diferente, com isso, os habitats prioritários quando se pensa em medidas mitigadoras também podem se modificar.

5. Considerações Finais

Neste estudo foi possível observar que a estruturação da assembleia de aves, na área urbana estudada, está condicionada ao grau de urbanização e às diferentes características ambientais analisadas. Entre estas características, estão as que podem ser consideradas “ruins” para a avifauna: número de construções elevadas ou não, que em geral geraram respostas negativas na assembleia de aves. Assim como, as consideradas “boas”: arborização e presença de áreas abertas e ambientes aquáticos, sob as quais a avifauna apresentou respostas positivas, tanto aumentando a riqueza e a abundância como a diversidade funcional. A identificação dos efeitos dessas variáveis é extremamente útil para auxiliar as políticas públicas para a gestão das áreas urbanas. O aumento nos valores das variáveis “ruins” para a avifauna é inevitável, já que o desenvolvimento urbano está em constante crescimento. Porém, é possível compensar isto com a conservação e manutenção das variáveis “boas” para a avifauna.

Além disso, o entendimento das características que tornam uma espécie “tolerante urbana” ou “intolerante urbana”, e as respectivas variáveis ambientais que beneficiam elas, pode também ser fundamental para auxiliar tanto na gestão dos habitats urbanos, como para o manejo das espécies. Isso pode ser realizado, por exemplo, para permitir que uma espécie com características de “intolerante urbano”, que esteja habitando os arredores da

cidade possa ser preservada. Ou até mesmo na gestão de uma espécie exótica que chegou recentemente nos arredores de uma cidade é possui características de “tolerante urbano”.

Apesar de os efeitos da urbanização sobre a avifauna, de maneira geral, se repetirem em várias partes do mundo, o estudo em cidades e regiões que ainda não foram analisados é extremamente relevante. Algumas destas podem ter habitats não encontrados em outros lugares, com biodiversidade específica que precisa ser preservada. Por exemplo, este estudo demonstrou a importância dos habitats aquáticos e das áreas abertas, refletindo as características do *pool* biogeográfico onde a cidade está inserida, localizado em área úmida do bioma Pampa. Estas características podem não ser tão importantes em outras regiões.

Este estudo instigou acerca de questões que complementariam o entendimento sobre o papel das áreas urbanas nas assembleias de aves. Como por exemplo, de que maneira as aves que habitam o entorno da cidade se utilizam desta, principalmente à noite? Pois em observações casuais é possível verificar aves se deslocando para fora da área urbana e em certos momentos as aves retornam em direção à área urbana. Neste caso, a cidade estaria servindo de abrigo? Para nidificação?

Além do mais, estudos futuros na mesma área poderiam identificar e acompanhar como a avifauna irá reagir ao processo de urbanização em curso. Já que as perspectivas de crescimento na população (conseqüentemente na urbanização) para os próximos anos na região, assim como, no município estudado, são grandes.

6. Referências

- Adams C.E & K.J. Lindsey. 2009. Urban Wildlife Management. (2.ed). CRC Press. Nova Iorque.
- Alberti, M., E. Botsford, & A. Cohen. 2001. Quantifying the urban gradient: linking urban planning and ecology, p. 89-115. *in* J. M. Marzluff, R. Bowman, and R. Donnelly (eds.), Avian ecology and conservation in an urbanizing world. Kluwer Academic, Norwell, MA.
- Anjos, L. 1990. Distribuição de aves em uma floresta de araucária da cidade de Curitiba (sul do Brasil). *Acta Biol.* 19: 51-63.
- Anjos, L. 2001. Bird communities in five Atlantic Forest fragments in southern Brazil. *Ornitologia Neotropical* 12:11-27.
- Barbier, E.B., M. Acreman & D. Knowler. 1997. Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners. Ramsar Convention Bureau; Department of Environmental Economics and Environmental Management; University of York; IUCN-the World Conservation Union, Cambridge.
- Beissinger, S.R., & D.R. Osborne. 1982. Effects of urbanization on avian community organization. *Condor.* 84: 75–83.
- Belton, W. 1994. Aves do Rio Grande do Sul. Distribuição e Biologia. Ed. Unisinos, São Leopoldo. 584p.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess & D. A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic Press. Londres.
- Blair, R. B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecol. Appl.* 6: 506–519.

- Blair, R. B., & A. E. Launer. 1997. Butterfly diversity and human land use: species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation*. 80:113–125.
- Blair R.B. 2001. Creating a Homogeneous Avifauna. Pp. 405-424 *in* Marzluff, J.M., W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, C. ZumBrunnen, U. Simon. (eds.). *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*. Springer Science+Business Media, LLC.
- Blair, R. 2004. The effects of urban sprawl on birds at multiple levels of biological organization. *Ecology and Society*. 9: (disponível em <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss5/art2/>).
- Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*. 67: 1167–1179.
- Burger, M. I. 2000. Situação e ações prioritárias para conservação de banhados e áreas úmidas da Zona Costeira. Porto Alegre.
- Calliari, L.J. 1998. Características geomorfológicas. Pp 101-104 *in* Seeliger, U., C. Odebrecht & J.P. Castello (eds.). *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Ecoscientia, Rio grande, RS.
- Catteral, C.P.,M.B. Kingston, K. Park & S. Sewell. 1998. Deforestation, urbanization and seasonality: interacting effects on a regional bird assemblage. *Biological Conservation*. 84: 65-81.
- Chace, J. F., & J.J. Walsh. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*. 74: 46–69.
- Clergeau,P.,J., P. L. Savard, G. Mennechez, & G. Falardeau. 1998. Bird abundance and diversity along an urban-rural gradient: a comparative study between two cities on different continents. *Condor*. 100:413–425.

- Conole, L.E. & J.B. Kirkpatrick. 2011. Functional and spatial differentiation of urban bird assemblages at the landscape scale. *Landscape and Urban Planning*. 100:11-23.
- Croci, S., A. Butet,, P. Clergeau. 2008. Does urbanization filter birds on the basis of their biological traits. *Condor*. 110: 223–240.
- Crooks, K. R., A. V. Suarez, & D. T. Bolger. 2004. Avian assemblages along a gradient of urbanization in a highly fragmented landscape. *Biological conservation*. 115:451–462.
- Del Hoyo J, A. Elliot & D. Christie, 2003-2006. *Handbook of the birds of the world*. Barcelona: Lynx. (Broadbills to tapaculos, vols. 8-11).
- Del Hoyo J, A. Elliot & J Sargatal. 1992-2002. *Handbook of the birds of the world*. Barcelona: Lynx. (Ostrich to ducks, vols. 1-7).
- Devictor V., R. Julliard, J. Clavel, F. Jiguet, A. Lee, & D. Couvet. 2008. Functional biotic homogenization of bird communities in disturbed landscapes. *Global Ecol Biogeogr*. 17: 252–61.
- Diamond, J.M. 1975. Assembly of species communities. *In*: Cody, M.L. & Diamond, J.M. (eds). *Ecology and evolution of communities*. Pp. 343-444. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Díaz S & M. Cabido. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*. 16:646-655.
- Díaz, I.A., & J.J. Armesto. 2003. La conservación de las aves silvestres en ambientes urbanos de Santiago. *Revista Ambiente Desarrollo de CIPMA*. 19:31–38.
- Digby, P.G.N. & R.A. Kempton. 1996. *Multivariate analysis for ecological communities*. Chapman & Hall. Londres.
- Donnelly, R., & J. M. Marzluff. 2006. Relative importance of habitat quantity, structure, and spatial pattern to birds in urbanizing environments. *Urban Ecosystems*. 9:99–117.

- Embrapa, Ufpel, INMET. 1971-2000. Normais Climatológicas. Disponível na web em: www.cpact.embrapa.br. Acessado em 15/04/2010.
- Fernández-Juricic, E. & J. Jokimäki . 2001. A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and northern Europe. *Biodivers Conserv.* 10:2023–2043.
- Flynn, D.F.B., M. Gogol-Prokurat, T. Nogeire., N. Molinari, B. Trautman Richers B. B. Lin. *et al.* 2009. Loss of functional diversity under land-use intensification across multiple taxa. *Ecol. Lett.* 12: 22–33.
- Fontana, C.S., M.I. Burger, & W.E. Magnusson. 2011. Bird diversity in a subtropical South-American City: effects of noise levels, arborisation and human population density. *Urban Ecosyst.* 14: 341–360.
- Franchin, A.G. & O. Marçal Júnior. 2004. A riqueza da avifauna no Parque Municipal do Sabiá, zona urbana de Uberlândia (MG). *Biotemas.* 17 (1): 179 – 202.
- Garaffa, P.I, M. Filloy, & I. Bellocq. 2009. Bird community responses along urban–rural gradients: Does the size of the urbanized area matter? *Landscape and Urban Planning.* 90: 33–41.
- Gaston KJ, R.M. Quinn, T.M. Blackburn, & B.C. Eversham. 1998. Species-range size distributions in Britain. *Ecography.* 21:361–370.
- Gilbert, O.L. 1989. *The Ecology of Urban Habitats.* Chapman & Hall, Londres.
- Gómez, V.E. 2006. Aves del parque General San Martín (Mendoza). Distribución y características. *Muldequina.* 15: 81-95.
- González Oreja, J.A., C. Bonache Regidor, D. Buzo Franco, A.A. de la Fuente Díaz Ordaz. L. Hernández Satín. 2007. Caracterización ecológica de la avifauna de los parques urbanos de la ciudad de Puebla (México). *Ardeola.* 54: 53–67.

- Hahs, A.K., & M.J. McDonnell. 2006. Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban-rural gradient. *Landscape Urban Plan.* 78: 435-448.
- Hooper, D. U. & P.M. Vitousek. 1997. The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science.* 277: 1302-1305.
- IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. IBGE. 92p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n.1). Rio de Janeiro.
- IBGE. 2010. Contagem da população 2010 – Pelotas/RS. Disponível na web em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em 06/01/12.
- IPEA. 2008. População e PIB das cidades médias crescem mais que no resto do Brasil. Disponível na web em: <http://www.redbcm.com.br/arquivos/bibliografia/pesquisa%20ipea.Pdf>. Acessado em 20/01/12.
- Jokimäki, J. & Suhonen, J. 1998. Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments. *Landscape and Urban Planning.* 39: 253-263.
- Kark, S., A. Iwaniuk, A. Schalimtzek, & E. Banker. 2007. Living in the city: can anyone become an 'urban exploiter'? *Journal of Biogeography.* 34:638-651.
- Keddy, P. & E. Weiher. 1999. The scope and goals of research on assembly rules. Pp 1-20. *In: Weiher, E. & P. Keddy. (eds). Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats.* Cambridge Univ. Press.
- Krügel, M. M. & Anjos, L. 2000. Bird communities in forest remnants in the city of Maringa, Paraná State, Southern Brazil. *Ornitologia Neotropical.* 11: 315-330.
- Lancaster, R. K., & W. E. Rees. 1979. Bird communities and the structure of urban habitats. *Can. J. Zool.* 57:2358-2368.
- Leveau, L.M. & C.M. Leveau. 2004. Comunidades de aves en un gradiente urbano de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Hornero.* 19:13-21.

- Lim, H. C. & N.S. Sodhi. 2004. Responses of avian guilds to urbanisation in a tropical city. *Landscape and Urban Planning*. 66: 199-215.
- López-Flores, V., I. MacGregor-Fors & J.E. Schondube. 2009. Artificial nest predation along a neotropical urban gradient. *Landscape and Urban Planning*, 92: 90–95.
- MacArthur, R., & R. Levins. 1967. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *American Naturalist*. 101: 377-385.
- Maltchik, L., E. S. Costa, C.G. Becker & A.E. Oliveira. 2003. Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil). *Pesquisas Botânica*. 53: 89-100.
- Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res*. 27: 209- 220.
- Marzluff, J. M. 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds. Pages 19–47 *in* Marzluff, J. M., R. Bowman & R. Donnelly. (eds). *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic, Norwell, MA.
- Marzluff, J. M., R. Bowman & R. Donnelly. 2001. *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Marzluff, J.M., & K. Ewing. 2001. Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes. *Restoration Ecol*. 9:280–292
- Mason, N.W.H., C. Lanoiselée, D. Mouillot, P. Irz & C. Argillier. 2007. Functional characters combined with null models reveal inconsistency in mechanisms of species turnover in lacustrine fish communities. *Oecologia*. 153: 441-452.
- Matarazzo-Neuberger, W.M. 1992. Avifauna urbana de dois municípios da grande São Paulo, SP (Brasil). *Acta Biol. Par*. 21: 89-106.

- Matarazzo-Neuberger, W.M. 1995. Comunidade de aves de cinco parques e praças da Grande São Paulo, Estado de São Paulo. *Ararajuba*. 3:13-19.
- McDonald, R.I. 2008. Global urbanization, can ecologists identify a sustainable way forward? *Frontiers in Ecology and the Environment*. 6: 99–104.
- McDonnell, M. J., & S.T.A. Pickett. 1990. The study of ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology*. 71: 1231–1237.
- McDonnell, M.J., S.T.A. Pickett, P. Groffman, P. Bohlen, R.V. Pouyat, & W.C. Zipperer. 1997. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. *Urban Ecosyst*. 1:21–36.
- McKinney, M.L. 2002. Urbanization, biodiversity and conservation. *Biosci*. 52:883–890.
- McKinney, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosyst*. 11:161–176.
- Melles, S., S. Glenn, & K. Martin. 2003. Urban bird diversity and landscape complexity: species-environment associations along a multiscale habitat gradient. *Conservation Ecology*. 7, 5.
- Mendonça-Lima, A. & C.S. Fontana. 2000. Composição, frequência e aspectos biológicos da avifauna no Porto Alegre Country Clube, Rio Grande do Sul. *Ararajuba*. 8 (1): 1-8.
- Micheli, F. & B. S Halpern. 2005. Low functional redundancy in coastal marine assemblages. *Ecol. Lett*. 8: 391-400.
- Muñoz, M.C., K. Fierro-Calderón & H.F. Rivera-Gutierrez. 2007. Las aves del campus de la Universidad del Valle, una isla verde urbana em Cali, Colômbia. *Ornitologia Colombiana*. 5: 5-20.
- Murgui, E. 2007. Factores influencing the bird community of urban wooded streets along an annual cycle. *Ornis Fennica*. 84: 66-77.

- National Research Council. 2003. *Cities Transformed: Demographic Change and Its Implications in the Developing World*. Panel on Urban Population Dynamics. (eds.) Committee on Population, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. The National Academies Press. Washington, DC.
- Niemelä, J. 1999. Ecology and urban planning. *Biodiversity and Conservation* 8: 119–131.
- Ortega-Álvarez, R., & I. MacGregor-Fors. 2009. Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and Urban Planning*. 90:189-195.
- Palomino, D.P. 2005. Perturbaciones de origen humano sobre las aves de la Sierra de Guadarrama: Desarrollo urbano y otras formas de intrusión relacionadas. Universidad Complutense de Madrid. Tese de Doutorado. Madrid.
- Pavoine, S. & S. Doledec. 2005. The apportionment of quadratic entropy: a useful alternative for partitioning diversity in ecological data. *Environmental and Ecological Statistics* 12: 125–138.
- Pellissier, V., M. Cohen, A. Boulay & P. Clergeau. 2012. Birds are also sensitive to landscape composition and configuration with the city centre. *Landscape and Urban Planning*. 104:181-188.
- Perello, L.F.C.. 2006. Efeito das características do hábitat e da matriz nas assembleias de aves aquáticas em áreas úmidas do sul do Brasil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Dissertação de Mestrado. São Leopoldo.
- Petchey, O.L. & K.J. Gaston. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecol. Lett.*, 9, 741–758.
- Pillar, V.D., Duarte, L.d.S., 2010. A framework for metacommunity analysis of phylogenetic structure. *Ecology Letters*. 13(5): 587-596.

- Pillar, V.D., Duarte, L.d.S., Sosinski, E.E., Joner, F., 2009. Discriminating trait-convergence and trait-divergence assembly patterns in ecological community gradients. *Journal of Vegetation Science* 20, 334-348.
- Polidori, M.C. 2004. Crescimento urbano e ambiente. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Probio-MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2007. Cobertura Vegetal do Bioma Pampa – Relatório Técnico. Porto Alegre.
- Rao, C.R. 1982. Diversity and dissimilarity coefficients—a unified approach. *Theor Popul Biol.* 21(1):24–43.
- Robinson, S. K., & R. T. Holmes. 1982. Foraging behavior of forest birds: the relationships among search tactics, diet, and habitat structure. *Ecology.* 63:1918-1931.
- Rottenborn, S.C. 1999. Predicting the impacts of urbanization on riparian bird communities. *Biological Conservation.* 88: 289-299.
- Sandström, U.G., P. Angelstam & G. Mikusinski. 2006. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape and Urban Planning.* 77: 39-53.
- Santos, K.T. 2005. Influência do gradient urbano sobre a avifauna na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG.
- Saunders, D.L., J.J. Meeuwig & A.C.J. Vincent. 2002. Freshwater protected areas: Strategies for conservation. *Conservation Biology.* 16:30-41.
- Savard, J.-P. L., P. Clergeau, & G. Mennechez. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning.* 48:131–142.

- Scherer, J.F.M., A.L., Scherer, M.V. Petry, M.V. & E.C. Teixeira. 2006. Estudo da avifauna associada à área úmida situada no Parque Mascarenhas de Moraes, zona urbana de Porto Alegre (RS). *Biotemas*. 19(1):107-110.
- Schlesinger, M.D., P.N. Manley & M. Holyoak. 2008. Distinguishing stressors acting on land bird communities in an urbanizing environment. *Ecology*. 89:2302-2114.
- Sick H. 1984. *Ornitologia Brasileira*. (3ªed.). Editora da Universidade de Brasília. Brasília.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira, 912p.
- Stevens, R.D., S.B Cox, R.E. Strauss & M.R. Willig. 2003. Patterns of functional diversity across an extensive environmental gradient: vertebrate consumers, hidden treatments and latitudinal trends. *Ecol. Lett.* 6: 1099–1108.
- Stotz, D.F., J.F. Fitzpatrick, T.A Parker III, & D.K. Moskovits. 1996. *Neotropical Birds: ecology e conservation*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tilman, D. 1997. Distinguishing between the effects of species diversity and species composition. *Oikos*. 80: 185.
- Tilman, D. 2001. Functional diversity. Pp 109–120 *in* S. A. Levin. (eds.) *Encyclopedia of biodiversity*. Academic Press, San Diego, CA.
- Traut, A. H. & M. Hostetler, M. 2004. Urban lakes and waterbirds: effects of shoreline development on avian distribution. *Landscape and Urban Planning*. 69: 69 - 85.
- Tscharntke, T., C.H. Sekercioglu, T.V. Dietsch, N.S. Sodhi, P. Hoehn, J.M. Tylianakis. 2008. Landscape constraints on functional diversity of birds and insects in tropical agroecosystems. *Ecology*. 89: 944–951.
- Vandewalle M, F. de Bello, M.P. Berg, T. Bolger, S. Dole´dec, F. Dubs, C.K Feld, R. Harrington, P.A. Harrison, S. Lavorel, P.M. da Silva, M. Moretti, J. Niemela, P. Santos, T. Sattler, J.P. Sousa, M.T. Sykes, A.J. Vanbergen, B.A. Woodcock. 2010. Functional

- traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodivers Conserv.* 19:2921–2947.
- Villegas, M., & Á. Garitano-Zavala. 2010. Bird community responses to different urban conditions in La Paz, Bolivia. *Urban Ecosyst.* 13: 375–391.
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco & J.M. Melillo. 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science.* 277: 494-499.
- Weiher E. & Keddy P. A. 1995. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions front old patterns. *Oikos.* 75: 159-164.
- Wilcox, B.A., & D.O. Murphy. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *Am. Naturalist.* 125: 879–887.
- Yeoman, F. & R.M. Nally. 2005. The avifaunas of some fragmented, periurban, coastal woodlands in south-eastern Australia. *Landscape and Urban Planning.* 72: 297-312.

ANEXO I. Lista taxonômica (CBRO, 2011) das espécies de aves registradas na área urbana avaliada, mostrando o número de indivíduos de cada espécie, por período amostral, e em todo o período de estudo.

Ordens Famílias Espécies	Período Amostral				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Média
Anseriformes					
Anhimidae					
<i>Chauna torquata</i> (Oken, 1816)	0	3	2	0	1.25
Anatidae					
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	21	0	0	2	5.75
<i>Anas flavirostris</i> (Vieillot, 1816)	0	0	0	3	0.75
<i>Anas versicolor</i> (Vieillot, 1816)	3	10	0	0	3.25
Ciconiiformes					
Ardeidae					
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	0	18	0	0	4.5
<i>Ardea cocoi</i> (Linnaeus, 1766)	0	1	0	0	0.25
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	10	6	3	7	6.5
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	9	1	3	19	8
Threskionithidae					
<i>Plegadis chibi</i> (Vieillot, 1817)	16	7	0	84	26.75
<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein, 1823)	3	37	2	14	14
Cathartiformes					
Cathartidae					
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	13	1	4	0	4.5
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	2	0	0	2	1
Falconiformes					
Accipitridae					
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	0	1	3	0	1
Falconidae					
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	7	7	2	8	6
<i>Mihago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	0	0	2	2	1
<i>Mihago chimango</i> (Vieillot, 1816)	6	3	3	9	5.25
<i>Falco sparverius</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	1	1	0.75
Gruiformes					
Rallidae					
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	0	2	0	3	1.25

Anexo 1. Continuação

Ordens Famílias Espécies	Período Amostral				
	1ª	2ª	3ª	4ª	Média
Charadriidae					
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	116	82	104	123	106.25
Recurvirostridae					
<i>Himantopus melanurus</i> (Vieillot, 1817)	0	22	0	0	5.5
Jacanidae					
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	4	7	1	4	4
Laridae					
<i>Chroicocephalus maculipennis</i> (Lichtenstein, 1823)	0	0	0	94	23.5
<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i> (Vieillot, 1818)	28	2	6	39	18.75
Sternidae					
<i>Phaetusa simplex</i> (Gmelin, 1789)	0	0	0	28	7
<i>Sterna trudeaui</i> (Audubon, 1838)	0	0	3	2	1.25
Columbiformes					
Columbidae					
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811)	20	70	37	39	41.5
<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)	57	97	122	69	86.25
<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	353	278	320	225	294
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	0	0	1	2	0.75
<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	4	2	8	45	14.75
<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	12	12	10	2	9
Psittaciformes					
Psittacidae					
<i>Myiopsitta monachus</i> (Boddaert, 1783)	320	346	292	260	304.5
Cuculiformes					
Cuculidae					
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	46	54	23	54	44.25
Strigiformes					
Strigidae					
<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	0	2	0	1	0.75
Apodiformes					
Trochilidae					
<i>Florisuga fusca</i> (Vieillot, 1817)	0	0	4	2	1,5
<i>Hylocharis chrysura</i> (Shaw, 1812)	7	18	15	40	20
<i>Leucocloris albicollis</i> (Vieillot, 1818)	1	4	2	0	1.75

Anexo 1. Continuação.

Ordens Famílias Espécies	Período Amostral				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Média
Piciformes					
Picidae					
<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	4	5	3	2	3.5
<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	13	8	12	16	12.25
Passeriformes					
Furnariidae					
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	283	257	289	182	252.75
Tyrannidae					
<i>Phylloscartes ventralis</i> (Temminck, 1824)	1	0	0	4	1.25
<i>Xolmis irupero</i> (Vieillot, 1823)	5	7	3	4	4.75
<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	55	37	165	47	76
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	510	441	436	344	432.75
<i>Tyrannus savana</i> (Vieillot, 1808)	54	3	0	1	14.5
<i>Cycularhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	3	0	2	0	1.25
Hirundinidae					
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	229	70	46	124	117.25
<i>Progne tapera</i> (Vieillot, 1817)	3	10	0	1	3.5
<i>Tachycineta leucorrhoa</i> (Vieillot, 1817)	68	10	1	26	26.25
Troglodytidae					
<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann, 1823)	93	65	28	57	60.75
Turdidae					
<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)	55	15	22	24	29
<i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis, 1850)	2	2	25	25	13.5
Mimidae					
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	5	0	0	1	1.5
Coerebidae					
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	5	2	12	19	9.5
Thraupidae					
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	136	15	26	65	59.75
<i>Pipraeidea bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	1	0	0	4	1.25
Emberezidae					
<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776)	13	5	5	12	8.75

Anexo 1. Continuação.

Ordens Famílias Espécies	Período Amostral				Média
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	29	9	15	2	13.75
<i>Paroaria coronata</i> (Miller, 1776)	4	1	0	2	1.75
Parulidae					
<i>Parula pitiayumi</i> (Vieillot, 1817)	1	1	2	5	2.25
<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	2	13	3	0	4.5
<i>Basileuterus leucoblepharus</i> (Vieillot, 1817)	0	4	2	0	1.5
Icteridae					
<i>Icterus cayanensis</i> (Linnaeus, 1766)	1	0	1	2	1
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	50	8	5	105	42
<i>Pseudoleistes guiraburo</i> (Vieillot, 1819)	2	0	0	7	2.25
<i>Agelaioides badius</i> (Vieillot, 1819)	1	9	4	1	3.75
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	0	3	2	0	1.25
Passeridae					
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X
Abundância					2254,75
Total Espécies					67

Anexo 2. Classificação das 67 espécies de aves amostradas, segundo massa corpórea, dieta, substrato de forrageamento e substrato de nidificação. Sequência e nomenclatura seguindo CBRO (2011).

Ordens	Famílias	Massa corporal (g)	Dieta	Substrato de forrageamento	Substrato de nidificação
Anseriformes					
Anhimidae					
	<i>Chauna torquata</i> (Oken, 1816)	4400	he	So	vg/s.a
Anatidae					
	<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	1500	on	so/ag	so
	<i>Anas flavirostris</i> (Vieillot, 1816)	400	he	ag	cv/so
	<i>Anas versicolor</i> (Vieillot, 1816)	400	he	ag	so
Ciconiiformes					
Ardeidae					
	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	350	in	So	vg/ba
	<i>Ardea cocoi</i> (Linnaeus, 1766)	3200	car	so/ag	vg/al
	<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	370	in	so	vg/al
	<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	500	car	so/ag	vg/ba
Threskioniithidae					
	<i>Plegadis chibi</i> (Vieillot, 1817)	610	on	so/ag	vg/s.a
	<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein, 1823)	575	on	so	vg/ba
Cathartiformes					
Cathartidae					
	<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	1500	car	so/ar	al
	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	1600	car	so/ar	al
Falconiformes					
Accipitridae					
	<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	284	car	vg	vg/al
Falconidae					
	<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	1250	car	So	vg/so/ba
	<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	270	car	so/vg	vg/al
	<i>Milvago chimango</i> (Vieillot, 1816)	260	car	so/vg	vg/al
	<i>Falco sparverius</i> (Linnaeus, 1758)	115	car	so/vg	al
Gruiformes					
Rallidae					
	<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	300	on	so/ar	vg/ba
Charadriiformes					
Charadriidae					
	<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	277	in	So	so
Recurvirostridae					
	<i>Himantopus melanurus</i> (Vieillot, 1817)	190	car	So	so
Jacanidae					
	<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	155	on	So	s.a

Anexo 2. Continuação.

Ordens	Famílias	Massa corporal (g)	Dieta	Substrato de forrageamento	Substrato de nidificação
	Espécies				
	Laridae				
	<i>Chroicocephalus maculipennis</i> (Lichtenstein, 1823)	320	on	so/ag	So
	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i> (Vieillot, 1818)	288	on	so/ag	so/s.a
	Sternidae				
	<i>Phaetusa simplex</i> (Gmelin, 1789)	247	on	Ag	cv/so
	<i>Sterna trudeani</i> (Audubon, 1838)	150	on	ag	vg/s.a
	Columbiformes				
	Columbidae				
	<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811)	50	gr	So	Al
	<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)	47	gr	So	Vg
	<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	300	on	so/vg	-
	<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	400	fr	vg	Vg
	<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	130	gr	so/vg	vg/BA
	<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	200	fr	so/vg	vg/BA
	Psittaciformes				
	Psittacidae				
	<i>Myiopsitta monachus</i> (Boddaert, 1783)	130	fr	vg	vg/al
	Cuculiformes				
	Cuculidae				
	<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	140	in	So	vg/al
	Strigiformes				
	Strigidae				
	<i>Athene cucularia</i> (Molina, 1782)	200	in	So	cv/so
	Apodiformes				
	Trochilidae				
	<i>Florisuga fusca</i> (Vieillot, 1817)	9	ne	vg	vg/al
	<i>Hylocharis chrysura</i> (Shaw, 1812)	5	ne	vg	vg/al
	<i>Leucochloris albicollis</i> (Vieillot, 1818)	6	ne	vg	vg/BA
	Piciformes				
	Picidae				
	<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	130	in	so/vg	cv/vg
	<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	160	in	so/vg	cv/vg
	Passeriformes				
	Furnariidae				
	<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	65	in	So	Al
	Tyrannidae				
	<i>Phylloscartes ventralis</i> (Temminck, 1824)	8	in	vg	vg/al
	<i>Xolmis irupero</i> (Vieillot, 1823)	30	in	so/vg	vg/al
	<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	35	in	so	Cv
	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	75	on	so/vg	Al
	<i>Tyrannus savana</i> (Vieillot, 1808)	30	in	vg	vg

Anexo 2. Continuação.

Ordens	Famílias	Massa corporal (g)	Dieta	Substrato de forrageamento	Substrato de nidificação
	Espécies				
	<i>Cycarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	30	in	vg	vg/al
	Hirundinidae				
	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	13	in	ar	cv
	<i>Progne tapera</i> (Vieillot, 1817)	40	in	ar	cv
	<i>Tachycineta leucorrhoa</i> (Vieillot, 1817)	20	in	ar	cv
	Troglodytidae				
	<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann, 1823)	12	on	so/vg	cv
	Turdidae				
	<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)	80	on	so/vg	vg/ba
	<i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis, 1850)	70	on	so/vg	vg/ba
	Mimidae				
	<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	80	on	vg	vg/al
	Coerebidae				
	<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	10	ne	vg	vg
	Thraupidae				
	<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	34	fr	vg	vg
	<i>Pipraeidea bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	42	fr	vg	vg/al
	Emberezidae				
	<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776)	25	on	so/vg	so
	<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	17	gr	so	cv
	<i>Paroaria coronata</i> (Miller, 1776)	43	gr	so/vg	so
	Parulidae				
	<i>Parula pitiayumi</i> (Vieillot, 1817)	7	in	vg	vg/al
	<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	10	in	vg	so
	<i>Basileuterus leucoblepharus</i> (Vieillot, 1817)	15	in	vg	so
	Icteridae				
	<i>Icterus cayanensis</i> (Linnaeus, 1766)	32	on	vg	vg
	<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	39	on	so/vg	vg/ba
	<i>Pseudoleistes guiraburo</i> (Vieillot, 1819)	75	on	so	vg/ba
	<i>Agelaioides badius</i> (Vieillot, 1819)	45	on	vg	pa
	<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	55	on	so	PA