

Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Ciências Biológicas

INFLUÊNCIA DA PAISAGEM SOBRE A AVIFAUNA AQUÁTICA EM LAGOAS DA
REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

Renata Pimentel Rocha

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (ECMVS) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como requisito parcial para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Eugênio Côrtes Figueira.

Belo Horizonte

Abril de 2014

AGRADECIMENTOS

Aos professores, à coordenação e à secretaria do programa por me proporcionarem dois anos de grande aprendizado e crescimento.

A Fapemig e CAPES pelas bolsas que me permitiram dedicar a este trabalho.

Ao professor José Eugênio Figueira, por me aceitar como orientanda, por me acompanhar incansavelmente na busca por um projeto, pela paciência diante de tantas mudanças e atrasos, e pelo que me ensinou.

A todos que possibilitaram a realização do EFA 2012 em uma experiência única. Aos professores, monitores e colegas pelas críticas, implicâncias, correções maldosas, cumplicidade, amizade, companheirismo, importantes momentos de aprendizado e inesquecíveis momentos de diversão.

A Maria Auxiliadora Drummond e todos do projeto Pequi, pela oportunidade de conhecer outras perspectivas.

A Frederic Hughes pela sugestão de projeto e pela constante disposição para discutir, questionar e contribuir.

A Paula Nóbrega pela parceria no projeto e total disposição para colaborar, ensinar, corrigir, discutir, fazer, e aprender junto. Pela presença, pelo constante apoio e alto astral.

A todos os colegas de laboratório por tornarem o ambiente de trabalho um lugar saudável e cheio de vida.

A Agnaldo Chaves por dar um fim às minhas brigas com computadores.

A Amanda e Heben por me salvarem dos efeitos colaterais de extensas horas diárias em frente ao computador.

A Bárbara Faleiro e Daniel Dias pela imprescindível ajuda em campo, e pela disposição, amizade e companheirismo em todos os momentos.

A Ubirajara de Oliveira por me ensinar as ferramentas, por me ajudar a resolver os inúmeros problemas que surgiram ao longo do trabalho, pelo apoio e orientação em todos os momentos, acompanhados sempre de disposição, bom humor, ética e posicionamento crítico.

A Adalberto Santos por estar sempre disposto a acolher, ouvir, acalmar, orientar, discutir e ajudar.

A todos os integrantes do laboratório de aracnologia por me receberem tão bem como integrante honorária, pelo apoio, pela amizade e pelos nutritivos seminários.

A Pedro Miranda pela amizade, pelo carinho, pela presença e pelos indispensáveis momentos de terapia ao longo do trabalho.

A Talita Ribeiro e Karina Schulz pela amizade, cumplicidade, companheirismo e por serem verdadeiros pilares nos momentos em que mais precisei de sustentação.

A Hadesh Sobral pelo cuidado, pelo carinho, pela proteção, pela presença e pelos valiosos ensinamentos.

À família Schulz Borges pelo acolhimento, pelo aprendizado, pelos momentos de diversão e pelo ambiente saudável e tranquilo que me possibilitou desenvolver este trabalho.

A Carolina Melo, Janine Rizzi, Júlia Pimentel, Geraldo Rocha e a todos os amigos e familiares, que apoiaram, torceram e estiveram presentes em forma de boas vibrações.

Aos bichinhos: Tsuki, Luna, Sheik, Titinha, Nami, Norma, Nino e Safis.

A Deus, em todas as suas formas de expressão ao longo do meu caminho.

SUMÁRIO

RESUMO	1
INTRODUÇÃO	2
MATERIAL E MÉTODOS	4
<i>Área de estudo</i>	4
<i>Aves aquáticas</i>	4
<i>Paisagem</i>	5
<i>Relações Aves x Paisagem</i>	6
RESULTADOS	7
<i>Aves aquáticas</i>	7
<i>Paisagem</i>	8
<i>Relações Aves x Paisagem</i>	12
DISCUSSÃO	14
BIBLIOGRAFIA	17

RESUMO

Os ambientes aquáticos se comportam como um complexo sistema interdependente, sujeito a constantes alterações sazonais. Esses ambientes fornecem serviços indispensáveis para a as populações humanas e para a vida no planeta, no entanto, a pressão acumulada de distúrbios antrópicos ao longo dos anos tem colocado à prova sua capacidade natural de resiliência. As aves aquáticas são habitantes que, em geral, apresentam uma relação de grande mobilidade entre os ambientes aquáticos, em sincronia com os ciclos sazonais desses ecossistemas, sendo a perda de habitat o principal fator de ameaça à manutenção de suas populações. Com o intuito de investigar como a composição da paisagem influencia a ocorrência de aves aquáticas, selecionamos um sistema de lagoas inseridas em uma matriz de paisagem diversa, com diferentes níveis de intervenção e modificação antrópica. Estudamos um complexo de lagoas na área que se estende desde o município de Lagoa Santa, ao município de Sete Lagoas, MG. Realizamos duas expedições a campo para amostrar a avifauna aquática, uma na estação chuvosa, outra na estação seca do ano de 2013. Caracterizamos a composição da paisagem no entorno das lagoas por meio da classificação de imagens de satélite correspondentes à região no período amostrado. Encontramos correlação entre a riqueza de aves aquáticas e a área das lagoas em ambos os períodos. No período chuvoso, encontramos correlação entre a riqueza de aves e a área coberta por vegetação natural no entorno da lagoa. Diante da complexidade do sistema estudado, compreendemos que são múltiplos os fatores que agem sobre a relação entre aves aquáticas e as lagoas da região. Tendo em vista os parâmetros medidos por este estudo, concluímos que o tamanho da lagoa e a manutenção de áreas preservadas em seu entorno são fatores importantes para a permanência da avifauna aquática na região.

Palavras-chave: Lagoa Santa, Sete Lagoas, aves aquáticas, sistema de lagoas, classificação de imagens de satélite

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos fornecem serviços indispensáveis para as populações humanas e para a vida no planeta. No entanto, a pressão acumulada de distúrbios antrópicos ao longo dos anos tem colocado à prova a capacidade natural de resiliência desses ambientes, levando as comunidades aquáticas ao limiar de recuperação (Walker 2012). As áreas úmidas tem sido alvo constante de poluição, modificação do fluxo natural, exploração excessiva de recursos, adição de espécies exóticas invasoras, destruição e degradação de habitat para as espécies nativas (Dudgeon et al. 2006; Kingsford & Norman 2002). Esses impactos são ainda acentuados por mudanças climáticas globais e alterações no ciclo de nutrientes. (Dudgeon et al. 2006)

Nas últimas décadas, a preocupação com os ecossistemas aquáticos cresceu rapidamente, diante da expansão e divulgação do conhecimento sobre os impactos que os atingem (Dudgeon et al. 2006; Walker 2012). Os danos causados, no entanto, permanecem sem redução (Walker 2012). Uma grande limitação reside no fato de que a maioria das pesquisas e esforços conservacionistas são ações isoladas e dirigidas a sítios pontuais (Haig et al. 1998). Em contrapartida, os ecossistemas aquáticos se comportam como um complexo sistema interdependente, sujeito a constantes alterações sazonais (Haig et al. 1998). Sendo assim, estratégias eficientes de conservação demandam atuação integrada em diversos níveis da paisagem, e comprometimento de múltiplos segmentos da sociedade (Dudgeon et al. 2006; Guadagnin et al. 2005).

As aves aquáticas são habitantes que apresentam muitos aspectos de sua ecologia moldados de acordo com alterações espaciais e temporais no ambiente. Comumente migram para novas áreas úmidas, e dispersam ou morrem quando uma região seca (Kingsford & Norman 2002). O grupo, de maneira geral, é conhecido por possuir alta capacidade de dispersão e grande mobilidade diária, atuando como importante dispersor de plantas e invertebrados nos ecossistemas aquáticos (Gibbs 2000; Haig et al. 1998; Morris 2012). Por utilizar com frequência múltiplos ambientes e apresentar grande sincronia com seus ciclos sazonais, a perda de habitat é o principal fator de ameaça à manutenção das populações de aves aquáticas (Kingsford & Norman 2002; Morris 2012).

Em períodos de cheia, as áreas úmidas se tornam ricas em alimento, o que desencadeia a atividade reprodutiva de muitas espécies de aves aquáticas (Morris 2012). Durante a reprodução, assim como em momentos de muda de plumagem, esses animais tendem a se movimentar menos entre sítios (Morris 2012). A capacidade e os hábitos de deslocamento

também são variáveis de acordo com peculiaridades de cada espécie. Nas situações de mobilidade restrita, essas aves se tornam mais dependentes dos recursos locais, e tendem a ocupar um único sítio ou conjuntos próximos, que ofereçam maior disponibilidade de alimento e áreas para nidificação (Haig et al. 1998; Morris 2012). Sendo assim, a presença desses animais em momentos de maior fragilidade é direcionada a sítios de melhor qualidade ambiental.

Por outro lado, em períodos de seca, as aves aquáticas se movem mais entre sítios, e se concentram nas áreas úmidas restantes, que costumam ser mais permanentes (Kingsford & Norman 2002). Logo, a ocorrência desses animais depende não só de características individuais do ambiente, mas também da disponibilidade de habitat na paisagem, tanto a nível local quanto regional (Haig et al. 1998; Kingsford & Norman 2002). Sendo assim, os padrões de ocorrência da avifauna são influenciados pela paisagem em diferentes escalas, pela disposição das áreas úmidas no espaço, e também pela conectividade entre esses ambientes (Guadagnin & Maltchik 2007; Morris 2012; Whited et al. 2000).

A avaliação dos elementos da paisagem relacionados à permanência da avifauna aquática é complexa, devido à grande diversidade em padrões de movimentação e aos diferentes hábitos de vida das espécies que compõem o grupo (Morris 2012). Sabe-se que o aumento da ocupação humana está correlacionado à redução de áreas úmidas e ao aumento do isolamento entre elas (Gibbs 2000). Ademais, em regiões urbanizadas, a riqueza de aves aquáticas tende a ser consideravelmente menor do que em áreas mais preservadas (Whited et al. 2000). Sendo assim, podemos esperar que o crescimento das cidades ameace a permanência desses animais.

No estado de Minas Gerais, próximo à capital, Belo Horizonte, estão localizados importantes ecossistemas aquáticos. O município de Lagoa Santa e seu entorno é amplamente conhecido pelos trabalhos do paleontólogo Peter Lund, do botânico Eugeen Warming, do ictiólogo Lutken e do ornitólogo Reinhardt, que encontraram no local um rico legado histórico, cultural e biológico (Herrmann et al. 1998). Nessa região foi estabelecida a Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa, que abrange parcialmente os municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Matozinhos e Prudente de Morais, e integralmente o município de Confins (Alt 2008; Herrmann et al. 1998). Apesar de sua relevância, a área se situa em um dos principais sentidos de expansão urbana da região metropolitana, e tem sofrido com impactos associados ao crescimento da cobertura urbana, exploração de calcário, criação de gado e agricultura (Alt 2008; Herrmann et al. 1998).

A região de Sete Lagoas é predominantemente urbana e se destaca por ser um grande polo econômico local, nos setores de comércio, serviços e, sobretudo, indústrias. A região está situada sobre formações calcárias e é tipicamente conhecida pela extração e beneficiamento de recursos minerais (Álvares 2006). Apesar da grande urbanização, a região conta com áreas naturais preservadas de interesse turístico, recreacional e conservacionista. Dentre elas se destacam o complexo de lagoas e parques no centro urbano, o monumento natural Gruta Rei do Mato na entrada da cidade, e o Parque municipal da Serra da Cascata, na APA Serra de Santa Helena.

Tendo como foco a área que se estende desde o município de Lagoa Santa, ao município de Sete Lagoas, buscamos investigar como a composição da paisagem no entorno dos ambientes aquáticos influencia a ocorrência de aves aquáticas. Para isso, selecionamos um sistema de lagoas inseridas em uma matriz de paisagem diversa, com diferentes níveis de intervenção e modificação antrópica.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Amostramos 19 lagoas nos municípios de Sete Lagoas, Prudente de Morais, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Confins e Lagoa Santa, localizados na região central do estado de Minas Gerais. Selecionamos lagoas de tamanhos variados, dentro e fora de unidades de conservação, de forma a refletir a variação ambiental local. O atípico regime de chuvas no ano de 2013 fez com que muitas lagoas sazonais, sobretudo dentro da APA Carste, desaparecessem, inclusive no período chuvoso. Dessa forma, amostramos somente lagoas que mantiveram ao menos parte de seu espelho d'água. Excluímos da amostragem lagoas menores que a menor unidade da paisagem analisada (um pixel da imagem de satélite utilizada).

Aves aquáticas

Realizamos duas expedições a campo para amostrar a avifauna aquática. As campanhas foram realizadas durante quatro dias consecutivos, no final da estação chuvosa, na transição entre os meses de março e abril, e durante a estação seca, na transição entre os meses de julho e agosto de 2013. Amostramos riqueza e abundância de aves aquáticas em cada lagoa de forma sistemática, com dois observadores distintos. Adotamos os métodos de transecto (percorrendo todo o perímetro de cada lagoa) e ponto fixo com distância de detecção indeterminada (Sutherland *et al.*, 2005), sendo o número de pontos proporcional ao perímetro

de cada lagoa. Avistamos os animais tanto a olho nu, quanto com o auxílio de binóculos e luneta.

Para auxiliar na identificação dos táxons, recorremos a fotografias obtidas com câmeras fotográficas de longo alcance e consulta ao guia de campo Sigrist (2009). Classificamos as aves de acordo com os critérios taxonômicos propostos pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO 2014). Consideramos aves aquáticas as espécies ecologicamente dependentes de áreas úmidas, de acordo com a Convenção Sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Wetlands, 2012).

Paisagem

Para caracterizar a paisagem do entorno, utilizamos imagens de satélite correspondentes à área amostrada, no período de cada expedição. Adquirimos imagens do satélite Landsat 8, disponibilizadas gratuitamente pela organização científica norte-americana *United States Geological Survey* (USGS), no *website* <<http://glovis.usgs.gov>>. Processamos as imagens obtidas com o auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) ArcMap 10 e QGIS 2.0. Efetuamos testes preliminares de classificação, a fim de selecionar as bandas mais adequadas para o local e o objetivo proposto. Selecionamos seis camadas para compor a imagem a ser trabalhada, no intervalo de reflectância correspondente à luz visível e faixas de infravermelho (λ 0,45 - 2,3 μm). As camadas apresentam resolução espacial de 30 metros e resolução radiométrica de 16 bits.

Traçamos polígonos referentes ao contorno das lagoas no período amostral com maior volume de água a fim de delimitar a área de interesse. A partir desses polígonos, construímos uma imagem contendo a área correspondente a cada lagoa amostrada, somada ao raio de um quilômetro ao seu redor. Cortamos a imagem georreferenciada, de modo a abranger unicamente a área selecionada, para proceder então à classificação da paisagem.

Com base em observações de campo, fotografias e imagens recentes disponíveis no programa Google Earth, elaboramos uma camada composta por pontos georreferenciados, indicando as distintas fisionomias presentes na área de estudo. A partir das informações contidas nesses pontos, procedemos à classificação supervisionada da imagem, empregando o algoritmo de máxima verossimilhança. Obtivemos classes que representam a variação dos elementos da paisagem selecionada, e agrupamos em categorias de forma a expressar níveis distintos de ocupação e alteração antrópica na paisagem.

Para validar a classificação, sorteamos 10 pontos aleatórios dentro de cada categoria. Usamos como referência o conhecimento da paisagem obtido nas expedições de campo,

aliado à consulta a imagens de alta resolução espacial correspondentes ao período estudado, disponíveis no programa Google Earth. Elaboramos uma tabela de contingência contendo os erros e acertos de presença e ausência em cada classe, e calculamos então o índice de Kappa Cohen (K), que reflete o ajuste do modelo em cada categoria e na classificação como todo.

Para determinar a distância na qual a paisagem influencia a assembleia de aves, selecionamos como unidades de estudo a área de cada lagoa obtida pela classificação, e raios acompanhando seu traçado a 100, 300 e 600 metros de distância. Convertemos as imagens classificadas em arquivo vetorial, a partir do qual extraímos a área e o número de fragmentos, por classe da paisagem, em cada unidade amostral.

Relações Aves x Paisagem

Para investigar a relação entre a paisagem e a avifauna aquática nas lagoas estudadas, elegemos riqueza de espécies e abundância de indivíduos como variáveis representativas da assembleia de aves em cada momento amostral. Testamos a correlação entre esses dois parâmetros por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r) e avaliamos se seriam influenciados pela área das lagoas, empregando para isso regressões lineares simples. Recorremos a transformações logarítmicas sempre que os valores comparados estiveram em escalas distantes.

Para caracterizar a composição da paisagem, consideramos a área de cada categoria de cobertura do entorno, nos raios de 100, 300 e 600 metros ao redor das lagoas. Investigamos correlações entre a área de cada tipo de cobertura e os parâmetros da avifauna aquática. Para isso, empregamos os coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (ρ), de acordo com a distribuição de frequências de cada par de categorias testadas. Buscamos essas correlações separadamente nos raios de 100, 300 e 600 metros, a fim de compreender a qual distância das lagoas a avifauna aquática se relaciona com a paisagem do entorno.

Empregamos escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para ordenar as lagoas por dissimilaridade, tendo em vista a área das categorias de cobertura em seu entorno, em cada um dos três raios (100,300 e 600). Utilizamos os valores de dissimilaridade entre as lagoas como variáveis representativas da composição da paisagem, e buscamos correlações entre elas e a riqueza e abundância de aves. Para realizar a análise NMDS, os dados foram padronizados e logaritmizados, e os valores de dissimilaridade foram medidos em distância euclidiana. As análises estatísticas foram realizadas nos programas PAST 3.0, MYSTAT 12 e PCORD (Hammer et al. 2001; McCune 2011).

RESULTADOS

Aves aquáticas

Registramos 28 espécies de aves aquáticas, pertencentes a 13 famílias e sete ordens (Tabela 1). A família mais representativa foi Ardeidae, com oito espécies, seguida por Anatidae e Alcedinidae, com três espécies cada. Dentre as espécies encontradas, prevalecem as residentes no país, sendo duas, *Tringa solitaria* e *T. flavipes* visitantes sazonais oriundas do hemisfério norte (CBRO 2014). No período chuvoso, registramos indivíduos juvenis em cinco lagoas, pertencentes às espécies *Phalacrocorax brasilianus*, *Gallinula galeata* e *Amazonetta brasiliensis*. No período seco, encontramos indivíduos juvenis em três lagoas, pertencentes às espécies *P. brasilianus*, e *A. brasiliensis*.

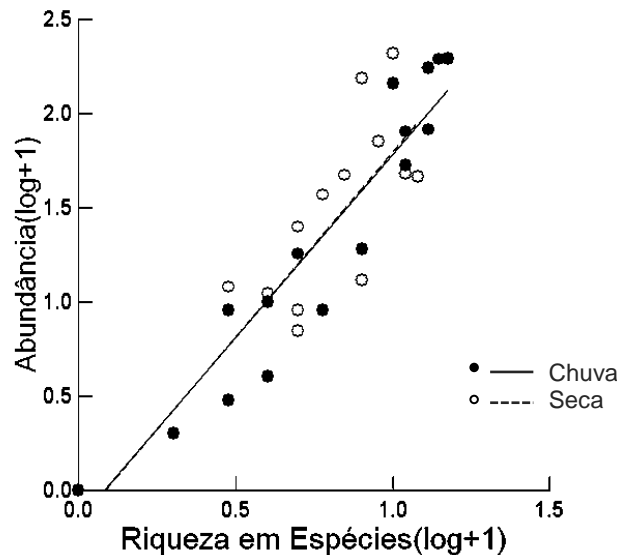


Figura 1: Relação entre riqueza de espécies e abundância de indivíduos. Círculos preenchidos representam o período chuvoso, e círculos vazios, período seco. As retas se sobrepõem, sendo que a reta contínua representa a relação riqueza-abundância no período chuvoso, e a reta pontilhada, no período seco.

No período seco, não registramos dez espécies encontradas previamente no período chuvoso, sendo elas: *Dendrocygna autumnalis*, *Mycteria americana*, *Tigrisoma lineatum*, *Nycticorax nycticorax*, *Phimosus infuscatus*, *Theristicus caudatus*, *Aramides cajaneus*, *Vanellus cayanus*, *T. solitaria* e *T. flavipes*. A abundância das espécies também apresentou variação entre os dois momentos amostrais, com 739 indivíduos no período seco e 1301 indivíduos no chuvoso. No entanto, a relação entre riqueza e abundância permaneceu constante entre as duas estações (Figura 1).

Comparamos a abundância das espécies e percebemos que a comunidade amostrada apresenta poucas espécies muito abundantes e muitas espécies pouco abundantes (Figura 2).

No período chuvoso as seguintes espécies se destacaram em abundância: *P. brasiliensis* (510 indivíduos), *Vanellus chilensis* (182), *G. galeata* (155), *Himantopus melanurus* (110), *A. brasiliensis* (80). No período seco as espécies mais abundantes foram: *P. brasiliensis* (353), *Ardea alba* (91), *G. galeata* (77), *A. brasiliensis* (65).

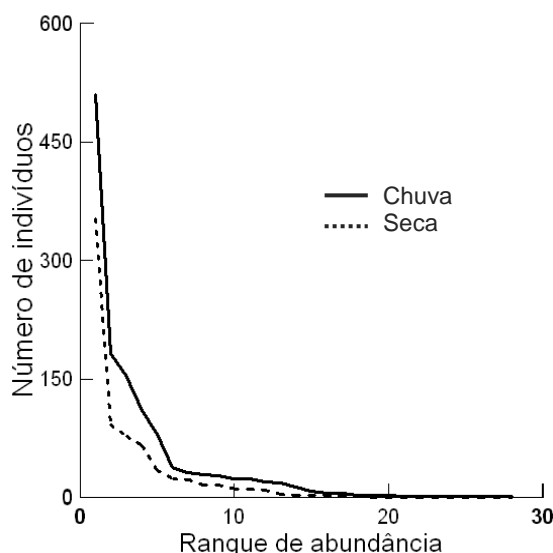


Figura 2: Ranque de abundância dois períodos amostrados. O eixo X representa a riqueza de espécies, e o eixo Y, a abundância. A reta contínua representa o período chuvoso, e a reta pontilhada, o período seco.

Paisagem

A partir da classificação da paisagem obtida, definimos sete classes de cobertura: água, urbano, vegetação esparsa (arborização urbana ou áreas desmatadas), solo, vegetação natural (formações florestais e campestres), monocultura (pastagem, agricultura, silvicultura), brejo (Figura 3). A acurácia da classificação, dada pelo índice de Kappa (K) médio, foi 0.87 para a imagem de abril e 0.90 para agosto. Na Tabela 2, o índice é detalhado por categoria.

Obtivemos a área das lagoas pela classificação do espelho d'água na categoria água, e percebemos que a área das lagoas amostradas variou entre zero e 168 hectares. Além da variação entre lagoas, a área de cada lagoa apresentou diferenças entre os dois períodos amostrados. Dez lagoas apresentaram variação entre zero e um hectare, seis lagoas variaram entre dois e seis hectares, três lagoas variaram mais que 12 hectares. Em duas lagoas amostradas, o espelho d'água desapareceu por completo no período seco.

Tabela 1: Lista de espécies de aves aquáticas registradas em 19 lagoas da região central de Minas Gerais. Abundância de indivíduos em dois momentos amostrais distintos, no período chuvoso e no período seco do ano de 2013.

Táxon	Nome popular	Abundância Chuva	Abundância Seca
Anseriformes Linnaeus, 1758			
Anatidae Leach, 1820			
<i>Dendrocygna autumnalis</i> (Linnaeus, 1758)	asa-branca	20	0
<i>Cairina moschata</i> (Linnaeus, 1758)	pato-do-mato	1	2
<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin, 1789)	pé-vermelho	80	65
Podicipediformes Fürbringer, 1888			
Podicipedidae Bonaparte, 1831			
<i>Podilymbus podiceps</i> (Linnaeus, 1758)	mergulhão-caçador	24	23
Ciconiiformes Bonaparte, 1854			
Ciconiidae Sundevall, 1836			
<i>Mycteria americana</i> Linnaeus, 1758	cabeça-seca	2	0
Suliformes Sharpe, 1891			
Phalacrocoracidae Reichenbach, 1849			
<i>Phalacrocorax brasilianus</i> (Gmelin, 1789)	biguá	510	353
Ardeidae Leach, 1820			
<i>Tigrisoma lineatum</i> (Boddaert, 1783)	socó-boi	1	0
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	savacu	2	0
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	socozinho	29	10
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	garça-vaqueira	31	10
<i>Ardea cocoi</i> Linnaeus, 1766	garça-moura	3	2
<i>Ardea alba</i> Linnaeus, 1758	garça-branca-grande	38	91
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	maria-faceira	5	4
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	garça-branca-pequena	28	22
Threskiornithidae Poche, 1904			

<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein, 1823)	tapicuru-de-cara-pelada	13	0
<i>Theristicus caudatus</i> (Boddaert, 1783)	Curicaca	24	0
<hr/>			
Gruiformes Bonaparte, 1854			
Aramidae Bonaparte, 1852			
<i>Aramus guarauna</i> (Linnaeus, 1766)	carão	2	3
Rallidae Rafinesque, 1815			
<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller, 1776)	saracura-três-potes	1	0
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	frango-d'água-comum	155	77
<hr/>			
Charadriiformes Huxley, 1867			
Charadriidae Leach, 1820			
<i>Vanellus cayanus</i> (Latham, 1790)	batuíra-de-esporão	1	0
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	quero-quero	182	34
Recurvirostridae Bonaparte, 1831			
<i>Himantopus melanurus</i> Vieillot, 1817	pernilongo-de-costas-brancas	110	16
Scolopacidae Rafinesque, 1815			
<i>Tringa solitaria</i> Wilson, 1813	maçarico-solitário	1	0
<i>Tringa flavipes</i> (Gmelin, 1789)	maçarico-de-perna-amarela	3	0
Jacanidae Chenu & Des Murs, 1854			
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	jaçanã	19	16
<hr/>			
Coraciiformes Forbes, 1844			
Alcedinidae Rafinesque, 1815			
<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	martim-pescador-grande	5	1
<i>Chloroceryle amazona</i> (Latham, 1790)	martim-pescador-verde	8	9
<i>Chloroceryle americana</i> (Gmelin, 1788)	martim-pescador-pequeno	3	1

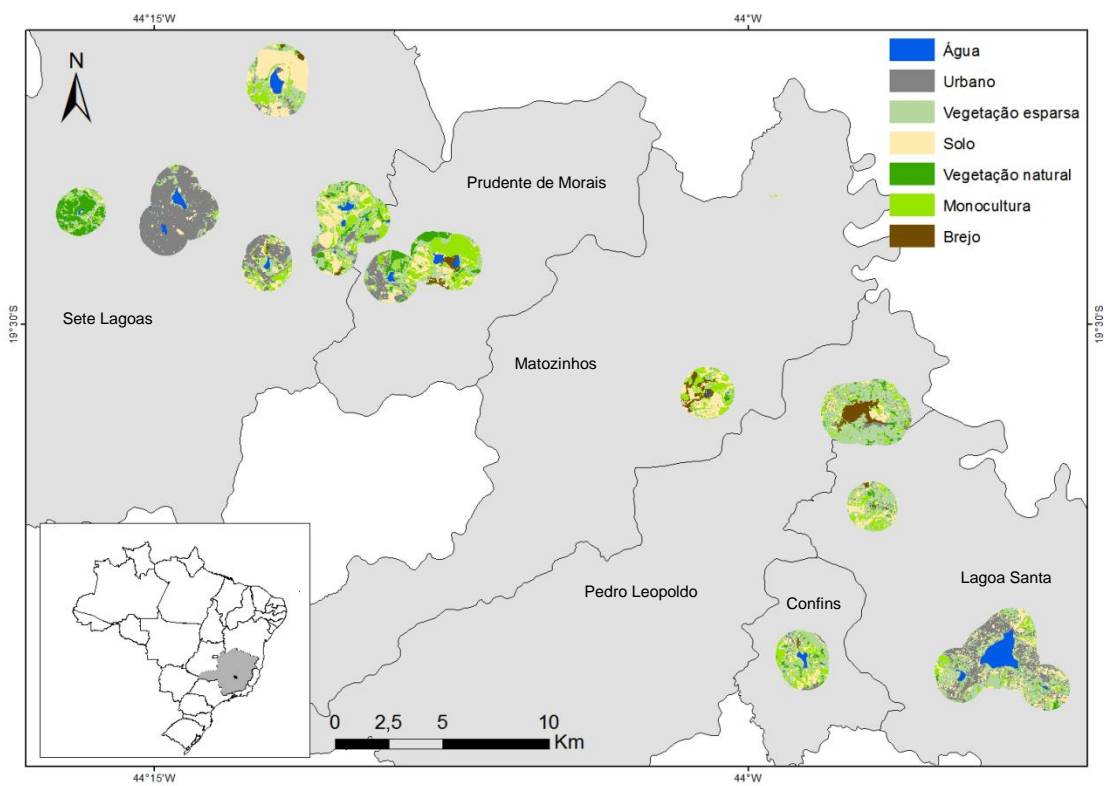
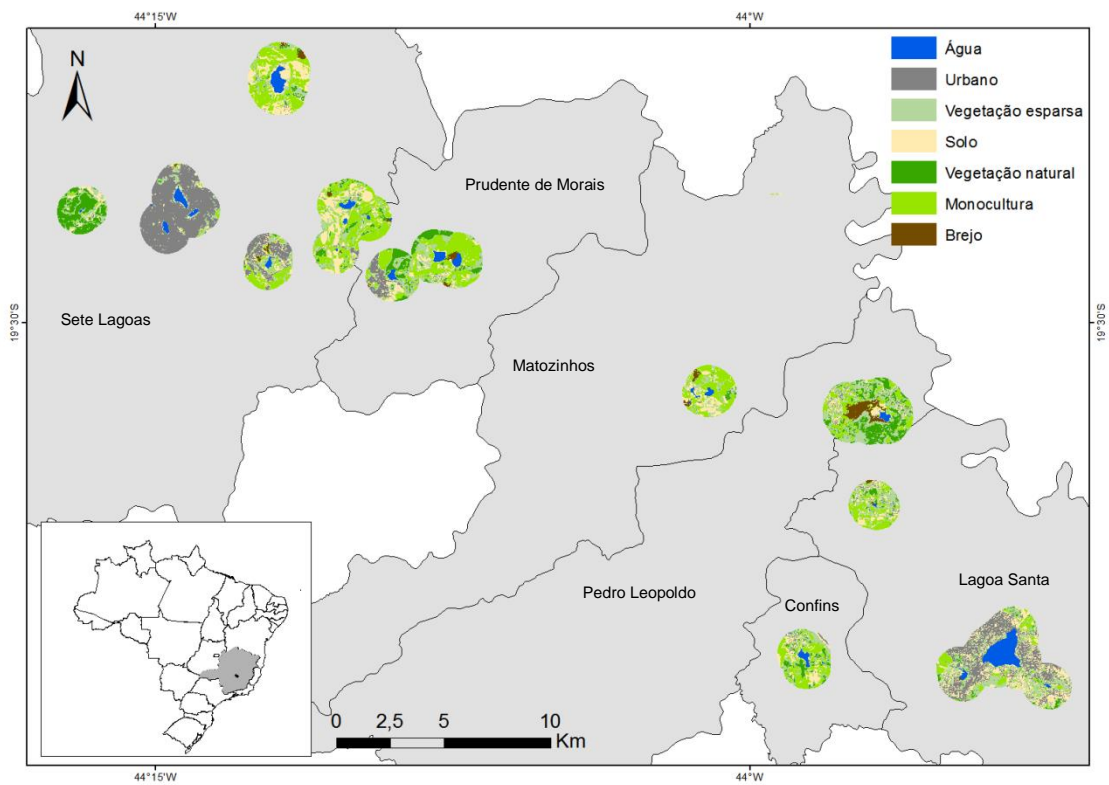


Figura 3: Paisagem da área de estudo, classificada no raio de 1 Km ao redor de cada lagoa amostrada. A primeira imagem corresponde a abril, e a segunda correspondente a agosto de 2013.

Tabela 2: Validação da classificação da paisagem nos dois períodos amostrados. O índice de Kappa (K) indica a acurácia da classificação em cada categoria, e a média por período amostral.

Categoria	Índice de Kappa (K)	
	Abril	Agosto
Água	1.00	1.00
Urbano	0.94	0.80
Vegetação esparsa	0.83	1.00
Solo	0.72	0.83
Vegetação natural	0.94	1.00
Monocultura	0.78	0.80
Brejo	0.87	0.88
Média	0.87	0.90

Relações Aves x Paisagem

Riqueza e abundância de aves aquáticas demonstraram alta correlação no período chuvoso ($r^2= 0.949$; $p<0.01$) e no seco ($r^2=0.891$; $p<0.01$). Tendo em vista que a maior parte da abundância está restrita a poucas espécies (Figura 2), optamos por utilizar riqueza como variável representativa da avifauna. A riqueza de espécies apresentou correlação linear positiva com a área das lagoas no período chuvoso ($r^2= 0.447$; $p<0.01$) e no seco ($r^2=0.246$; $p=0.03$) (Figura 4). Utilizamos os resíduos dessa relação espécie-área em cada período como variável para os testes de correlação com a cobertura do entorno das lagoas

A ordenação das lagoas por características da paisagem, obtida pelo NMDS, apresentou alto valor de stress para o raio de 100 metros ao redor das lagoas, no mês de abril. Adicionalmente, o raio de 300 metros no mesmo mês apresentou configuração com baixo valor explicativo. Excluindo esses dois resultados, buscamos correlação entre os demais eixos de ordenação obtidos e os resíduos da relação espécie-área. Diante dos parâmetros testados, encontramos correlação positiva entre os resíduos espécie-área e a área de vegetação natural no período chuvoso, nos raios de 300 m ($\rho=0.542$; $p=0.016$) e 600m ($\rho=0.484$; $p=0.036$). A Tabela 3 sumariza os resultados das correlações testadas.

Tabela 3: Resultados das correlações entre as variáveis da avifauna e da paisagem nos dois períodos amostrados. A avifauna é representada pelos resíduos das relações espécie-área nas estações de chuva e seca. Os coeficientes (r ou ρ) expressam a correlação entre as variáveis. Em negrito, estão destacadas as correlações estatisticamente significativas ($p < 0.05$).

	Resíduos SxA Chuva		Resíduos SxA Seca		
	Coefficiente	Valor de p	Coefficiente	Valor de p	
100m	Água	.	.	0.194	0.426
	Urbano	-0.058	0.814	0.017	0.946
	Vegetação esparsa	0.119	0.628	0.284	0.238
	Solo	-0.011	0.966	0.267	0.270
	Vegetação natural	0.438	0.061	0.012	0.960
	Monocultura	0.339	0.156	0.175	0.475
	Brejo	0.232	0.338	0.140	0.567
	Eixo 1	.	.	0.283	0.240
	Eixo2	.	.	0.026	0.917
	Eixo 3	.	.	0.007	0.979
300m	Água	-0.273	0.258	0.130	0.597
	Urbano	-0.184	0.452	0.145	0.555
	Vegetação esparsa	0.202	0.408	0.293	0.224
	Solo	-0.050	0.839	0.298	0.215
	Vegetação natural	0.542	0.016	0.368	0.121
	Monocultura	0.279	0.247	0.337	0.158
	Brejo	0.169	0.488	0.088	0.719
	Eixo 1	.	.	-0.167	0.494
	Eixo2	.	.	0.227	0.351
	Eixo 3	.	.	-0.131	0.592
600m	Água	0.059	0.812	0.029	0.905
	Urbano	-0.202	0.407	0.191	0.434
	Vegetação esparsa	0.225	0.355	0.421	0.073
	Solo	-0.148	0.545	0.332	0.166
	Vegetação natural	0.484	0.036	0.332	0.166
	Monocultura	0.353	0.139	0.368	0.121
	Brejo	0.340	0.154	0.126	0.609
	Eixo 1	0.310	0.196	-0.290	0.228
Eixo2	0.089	0.718	0.035	0.888	

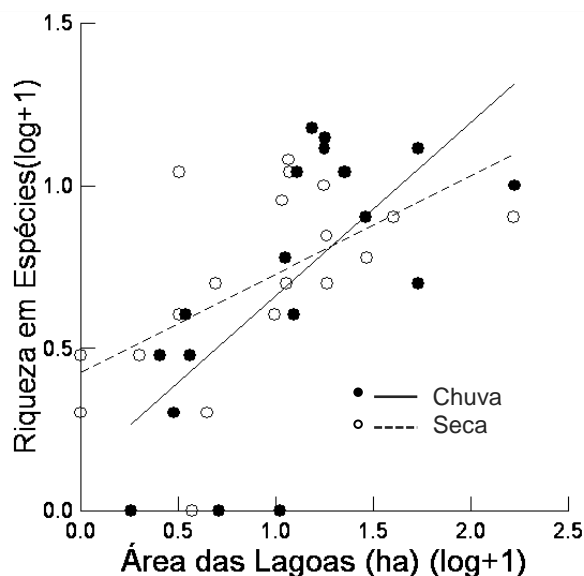


Figura 4: Relação entre riqueza de espécies e área das lagoas amostradas. Círculos preenchidos representam o período chuvoso, e círculos vazios, período seco. A reta contínua representa a relação espécie-área no período chuvoso, e a reta pontilhada, no período seco.

DISCUSSÃO

Nossos resultados apontam para a área das lagoas como o principal fator explicativo da riqueza de aves aquáticas no sistema estudado. Como encontramos expressiva correlação entre riqueza e abundância, ambos os parâmetros devem ser afetados de maneira semelhante. A área se destaca como principal fator preditivo para a assembleia de aves aquáticas em diversas localidades (Guadagnin et al. 2005; Guadagnin & Maltchik 2007; Hoyer et al. 2006; Paracuellos & Tellería 2004), e também em outras lagoas da região (P. Nóbrega *em prep.*). Tendo em vista o recorrente destaque desse componente da paisagem, acreditamos que lagoas de maior tamanho proporcionam não só maior disponibilidade de área em si, mas também refletem um aumento correlacionado na complexidade estrutural e diversidade de micro habitats, como encontrado em outros ambientes (Guadagnin & Maltchik 2007; Kallimanis et al. 2008). Sendo assim, lagoas maiores apresentam maior disponibilidade de área e ambiente com melhor qualidade para a avifauna aquática, o que resulta em maior riqueza e abundância desses animais.

O aumento da área coberta por vegetação natural demonstrou correlação com o aumento em riqueza e, conseqüentemente, abundância de aves aquáticas no período chuvoso. Sabe-se que algumas espécies ocorrem preferencialmente em áreas úmidas cercadas por vegetação densa, como *Cairina moschata*, *Podilymbus podiceps* e *A. brasiliensis* e também que a vegetação arbórea é utilizada como local para nidificação por muitas outras espécies de

aves aquáticas (Del Hoyo et al.1992). Tendo em vista que encontramos maiores indícios de atividade reprodutiva na área estudada neste período, é possível que a disponibilidade de locais para nidificação seja um fator seletivo para a ocorrência da avifauna aquática na estação chuvosa. Adicionalmente, áreas com vegetação densa devem refletir ambientes com reduzido impacto de atividades antrópicas, e apresentar recursos mais abundantes para os animais residentes.

O conjunto de lagoas amostrado apresentou maior disponibilidade de água na estação chuvosa, tanto em termos de área de lagoas individuais, como em número de lagoas. Neste mesmo período, registramos indivíduos juvenis de mais espécies, em mais lagoas. Sendo assim, é provável que a oferta de água no sistema estudado atue como um fator positivo para a reprodução das espécies na região. Sabe-se que no período reprodutivo as aves aquáticas tendem a se movimentar pouco entre sítios e, portanto selecionam áreas de melhor qualidade para permanecer (Morris 2012). Na área de estudo, essa seletividade de habitat parece se expressar por meio das correlações que encontramos. Na estação chuvosa, a relação entre a avifauna e a área das lagoas é mais expressiva e, adicionalmente, verificamos correlação entre as aves aquáticas e a vegetação natural somente neste período.

Na estação seca, encontramos menor relação entre a avifauna e os elementos da paisagem testados. Sabe-se que quando a disponibilidade de áreas úmidas se torna escassa, as aves aquáticas se movimentam mais entre sítios para forragear (Kingsford & Norman 2002). A área estudada apresentou menor disponibilidade de água, tanto na quantidade de sítios disponíveis, quanto na área das lagoas no período seco. Logo, neste período, elas devem usar as lagoas menos como unidades separadas, e mais como um conjunto interdependente. Sendo assim, em períodos de maior movimentação entre sítios, a avifauna aquática deve se relacionar menos com a paisagem em escala local, e mais com a paisagem em escala ampla, explorando a conectividade entre as áreas úmidas.

Observamos que muitas espécies registradas no período chuvoso não foram encontradas no período seco. As espécies *T. solitaria* e *T. flavipes* comumente migram para o hemisfério norte nesta época (Del Hoyo 1996). *T. lineatum*, *N. nyctiorax* e *A. cajaneus* são espécies de rara observação durante o dia, por apresentarem hábito preferencialmente crepuscular ou noturno (Del Hoyo 1992; Del Hoyo 1996). *V. cayanus* é uma espécie bastante incomum, de rara observação em muitas localidades (Del Hoyo 1996). A presença de *P. infuscatus* é comumente condicionada a locais e momentos de chuva intensa (Del Hoyo 1992). Sendo assim, a maior parte das espécies não encontradas apresenta características

ecológicas que condicionam sua baixa detectabilidade dentro das condições de amostragem. Adicionalmente, é possível que a maior movimentação entre sítios neste período tenha reduzido a chance de encontro das espécies.

A correlação encontrada entre a avifauna e a vegetação natural se expressou nos raios de 300 e 600 metros ao redor das lagoas. O raio de 100m, no entanto, esteve muito próximo da significância ($p=0.061$), o que sugere que o aumento no número de amostras poderia deixar clara essa correlação. Ademais, a correlação entre os parâmetros de aves e paisagem foi fraca, separadamente, o que indica a necessidade de uma abordagem multivariada, para evidenciar melhor as relações. Essas limitações na análise estatística refletem as limitações em aumentar o número de lagoas diante das restrições de amostragem. Sendo assim, em sistemas complexos e altamente variáveis, abordagens complementares se fazem necessárias para sua ampla compreensão.

Do ponto de vista de sítios individuais, outros trabalhos encontraram correlação entre a avifauna aquática e a área e forma do ambiente aquático, profundidade, riqueza de micro habitats associados, área da margem e abundância de vegetação aquática (Guadagnin & Maltchik 2007; Hoyer et al. 2006; Paracuellos & Tellería 2004; Rosa et al. 2003; Whited et al. 2000). Na escala da paisagem, foi demonstrado que a riqueza e abundância dessas aves é correlacionada com a permeabilidade da matriz, pela conectividade estrutural e pelo isolamento das áreas úmidas. (Guadagnin & Maltchik 2007; Whited et al. 2000). Logo, se faz necessário complementar o estudo da paisagem do entorno com estudo do ambiente em outras escalas para abarcar a grande variabilidade de fatores que atuam sobre a avifauna aquática no sistema estudado.

Diante da complexidade do sistema estudado, compreendemos que são múltiplos os fatores que agem sobre a relação da avifauna aquática com as lagoas da região. Percebemos, no entanto, que a paisagem do entorno das lagoas é mais importante para a essas aves durante o período chuvoso. Tendo em vista os parâmetros medidos por este estudo, concluímos que o tamanho da lagoa e a manutenção de áreas preservadas em seu entorno são fatores importantes para a permanência da avifauna aquática na região.

BIBLIOGRAFIA

- Alt, L.D.R., 2008. *Efetividade sócio-ambiental da apa carste de lagoa santa - mg: uma avaliação a partir de suas ferramentas de planejamento e gestão*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Álvares, K.V., 2006. *Rede de Avaliação e Capacitação Para a Implementação dos Planos Diretores Participativos*, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Disponível em:http://web.observatoriodasmetroles.net/planosdiretores/produtos/mg/Avaliacao_PD_Sete_Lagoas_Rede_PDP_MG.pdf.
- Dudgeon, D. et al., 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.*, 81, pp.163–182.
- Gibbs, J.P., 2000. Wetland Loss and Biodiversity Conservation. *Conservation Biology*, 14(1), pp.314–317.
- Guadagnin, D.L. et al., 2005. Spatial and Temporal Patterns of Waterbird Assemblages in Fragmented Wetlands of Southern Brazil. *Waterbirds*, 28(3), pp.261–272.
- Guadagnin, D.L. & Maltchik, L., 2007. Habitat and landscape factors associated with neotropical waterbird occurrence and richness in wetland fragments. *Biodiversity and Conservation*, 16(4), pp.1231–1244.
- Haig, S.M., Mehlman, D.W. & Oring, L.W., 1998. Avian Movements and Wetland Connectivity in Landscape Conservation. *Conservation Biology*, 12(4), pp.749–758.
- Hammer, Ø., Harper, D. R., P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1), pp.9.
- Herrmann, G., Kohler, H. C., Duarte, J. C., Carvalho, P.G. S., 1998. *Estudo do meio biótico da APA Carste de Lagoa Santa*, INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA.
- Hoyer, M. V et al., 2006. A comparison between aquatic birds of lakes and coastal rivers in Florida. *Hydrobiologia*, 567, pp.5–18.
- Del Hoyo, J. A.E.J.S., 1996. *Handbook of the birds of the world* Vol. 3., Barcelona: Lynx Edicions.
- Del Hoyo, J. A.E.J.S., 1992. *Handbook of the birds of the world* Vol. 1., Barcelona: Lynx Edicions.
- Kallimanis, A.S. et al., 2008. How does habitat diversity affect the species–area relationship? *Global Ecology and Biogeography*, 17, pp.532–538.

- Kingsford, R.T.. & Norman, F.I., 2002. Australian waterbirds – products of the continent’s ecology. *Emu*, 102, pp.47–69.
- McCune, B. and M.J.M., 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data.
- Morris, K., 2012. *Wetland connectivity : understanding the dispersal of organisms that occur in Victoria ’ s wetlands*, Heidelberg, Victoria: Arthur Rylah Institute for Environmental Research. Department of Sustainability and Environment.
- Paracuellos, M. & Tellería, J.L., 2004. Factors Affecting the Distribution of a Waterbird Community : The Role of Habitat Configuration and Bird Abundance. *Waterbirds*, 27(4), pp.446–453.
- Rosa, S., Palmeirim, J.M. & Moreira, F., 2003. Factors Affecting Waterbird Abundance and Species Richness in an Increasingly Urbanized Area of the Tagus Estuary in Portugal. *Waterbirds*, 26(2), pp.226–232.
- Sigrist, T., 2009. *Guia de Campo Avis Brasilis – Avifauna Brasileira: Pranchas e Mapas*, São Paulo: Avis Brasilis.
- Sutherland, W. J., Newton, I., Green, R., 2005. Bird Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques. Oxford: Oxford University Press, pp.386.
- Walker, L.R., 2012. *The Biology of Disturbed Habitats*, New York: Oxford University Press.
- Wetlands, 2012. Waterbird Population Estimates. 5^a. Wageningen, The Netherlands: Wetlands International
- Whited, D. et al., 2000. The importance of local and regional factors in predicting effective conservation Planning strategies for wetland bird communities in agricultural and urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 49, pp.49–65.