

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA

Diversidade e Manejo de Vida Silvestre

Doutorado

**Distribuição geográfica da avifauna
no Rio Grande do Sul - Brasil**

Vanda Simone da Silva Fonseca

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Pizo

São Leopoldo, fevereiro de 2011

Dedico este estudo ao
Manfred Ramminger,
em respeito ao amor,
carinho e cuidado
dedicados por ele a mim.

AGRADECIMENTOS

Na minha dissertação de mestrado comparei as pessoas que nos cercam com as flores dizendo que todas têm a sua beleza, porém algumas, por muitas razões fazem parte de nossas vidas de uma forma muito especial. Continuo acreditando nesta comparação, muito embora, hoje, entendo que este jardim da vida evolui e a beleza das flores de ontem ficam implícitas na seleção das flores de hoje

...eu gostaria de agradecer a algumas flores, digo, pessoas as quais foram muito especiais ao longo desta etapa de construção do conhecimento...

Manfred Ramming agradeço pelo amor, carinho, bom humor e cuidados comigo para que eu pudesse passar por cada uma das etapas de estudo.

Alessandra Iob & Alexandre Pereira Rodrigues obrigada acima de tudo por serem amigos tão especiais. Contar com a amizade e compreensão de vocês foi fundamental para concluir este curso.

Jeanine Kaiser pelo apoio e ajuda na tabulação de dados.

Maria Virginia Petry obrigada por me mostrar as portas para o universo do conhecimento, com certeza, além desta oportunidade de aprendizado, levo muitos dos valores pessoais que você me mostrou como lição para a vida.

Walter Voss obrigada por tanta paciência para orientar o meu aprendizado sobre as aves, pelas muitas explicações e questionamentos que com certeza me tornaram, de maneira positiva, mais criteriosa na construção do conhecimento.

Marco Aurélio Pizo obrigada pela orientação no desenvolvimento desta tese.

Emerson Vieira obrigada pela orientação na elaboração do projeto de tese.

Victor Hugo Valiati obrigada pela oportunidade de estágio acadêmico e pelo exemplo de compromisso, respeito e seriedade com os alunos, que com certeza levarei ao longo da vida profissional.

Graziela Iob & Thiers Wilberger obrigada pelas muitas discussões que com certeza enriqueceram o meu conhecimento para a construção da tese.

Cláudio Mondin obrigada pelo seu incentivo e pela calma transmitida através do seu, sempre, sorriso amigo.

Juliana Medeiros e Luciano Medeiros obrigada pelo incentivo, apoio e participação na elaboração da tese.

Agradeço aos meus pais *Júlio e Elisabete da Silva* e demais familiares por aceitarem os meus, necessários, momentos de ausência.

Agradeço aos familiares do *Manfred* que acabaram, também, aceitando a sua ausência, quando ele se fez tão presente participando deste estudo.

Agradeço aos membros da banca avaliadora da tese.

Agradeço a todas as pessoas que das mais variadas formas colaboraram para a execução deste estudo.

Agradeço ao corpo docente e funcionários do Programa de Pós Graduação em Biologia da Unisinos pelo auxílio.

Agradeço a Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares - PROSUP pela concessão da bolsa de doutorado e aos diretores da BioImagens Consultoria Ambiental Ltda pelo custeio das despesas para a execução das atividades de campo.

Índice

APRESENTAÇÃO.....	7
INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS	11
CAPÍTULO 1.....	14
Decomposição da riqueza para compreender a distribuição das aves no mosaico de ambientes que compõem a paisagem no Rio Grande do Sul.....	14
CAPÍTULO 2.....	43
Relação das variáveis climáticas, de relevo e de uso do solo com a distribuição da abundância e da massa corpórea das aves no sul do Brasil	44
CAPÍTULO 3.....	73
Distribuição da Riqueza, Abundância e Massa Corpórea das Aves no Rio Grande do Sul	73
CONCLUSÕES GERAIS	98
Anexos	100

APRESENTAÇÃO

Visando atender as diretrizes expressas no Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Biologia – UNISINOS, datado de novembro de 2009, foram redigidos três manuscritos, com base nas normas para publicação no *Global Ecology and Biogeography, Journal of Macroecology*, ISSN 1466-822X. Cada manuscrito compõe um capítulo da tese, intitulados da seguinte forma:

DECOMPOSIÇÃO DA RIQUEZA PARA COMPREENDER A DISTRIBUIÇÃO DAS AVES NO MOSAICO DE AMBIENTES QUE COMPÕEM A PAISAGEM NO RIO GRANDE DO SUL relaciona a distribuição da riqueza de aves com variáveis climáticas, de relevo e de uso do solo nos ambientes que compõem o mosaico da paisagem.

RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS, DE RELEVO E DE USO DO SOLO COM A DISTRIBUIÇÃO DA ABUNDÂNCIA E DA MASSA CORPÓREA DAS AVES NO RIO GRANDE DO SUL investiga a relação entre a distribuição da abundância e a massa das aves com variáveis ambientais e de uso do solo no mosaico que compõem a paisagem.

DISTRIBUIÇÃO DA RIQUEZA, ABUNDÂNCIA E MASSA CORPÓREA DAS AVES NO RIO GRANDE DO SUL traz uma abordagem regional a respeito da distribuição da riqueza, da abundância e da massa das aves no mosaico que forma a paisagem no estado.

Para a tese foram selecionadas informações referentes à distribuição da riqueza, massa e abundância das aves no mosaico que compõem a paisagem no Rio Grande do Sul, no entanto o desenvolvido do projeto de tese propiciou a coleta de uma série de informações as quais ainda não foram analisadas, tais como espécies

prioritárias para a conservação, biomassa, dados populacionais, entre outras. Estes dados coletados ainda serão trabalhados para a redação de outros manuscritos.

INTRODUÇÃO GERAL

A busca por um padrão geográfico de distribuição da diversidade de espécies sempre foi e continua sendo um tema central em ecologia (Ricklefs, 1987, Jetz & Rahbek, 2002, Thomas *et al.*, 2008). As investigações sobre este tema começaram com o naturalista *von* Humbolt em 1769 (Hawkins, 2001), passaram pela biogeografia de ilhas de MacArthur (1972) e em cerca de 200 anos foram construídas mais de 120 hipóteses objetivando explicar o padrão de variação na distribuição da riqueza de espécies (Diniz-Filho *et al.*, 2003). Brown & Maurer (1989) propuseram a abordagem do tema de forma transdisciplinar, através da macroecologia, que integra o conhecimento da ecologia, biogeografia, fisiologia, paleontologia, entre outras, para compreender a divisão do espaço e dos recursos entre as espécies, substituindo os experimentos pela observação em grande escala de tempo e espaço. No entanto, ao longo das investigações a escala de tempo e de espaço perdeu relevância em detrimento da identificação, através de análises estatísticas, de variáveis ecologicamente informativas que explicam a distribuição dos padrões de diversidade (Brown, 1995, Diniz-Filho *et al.*, 2008). A descoberta destas variáveis permitiu compreender a variação na distribuição da riqueza e abundância de espécies avaliada em uma escala continental, regional e local (Blackburn & Gaston, 1996, 1998, Böhning-Gaese, 1997).

O padrão de distribuição da riqueza das aves em uma escala continental é fortemente correlacionado com as variáveis climáticas, mais especificamente, a precipitação e a temperatura (Diniz-Filho *et al.*, 2008), assim como com a rede primária de produtividade (Hawkins *et al.*, 2003). Em escala regional, ou seja, quando descrevesse os táxons de toda uma unidade geopolítica, ou mesmo em escala local, a qual aborda os táxons de um único sítio ou habitat específico (Blackburn & Gaston, 1997, Brown & Lomolino, 1998) a definição das variáveis ecologicamente informativas passa a ser mais complexa, pois envolvem as

interações ecológicas do passado, a capacidade de dispersão, a história evolutiva e as interações bióticas das espécies, entre outras (Brown & Lomolino, 1998, Boulinier *et al.*, 2001). Assim como em nível global, as variáveis climáticas também podem contribuir para explicar o padrão de distribuição da diversidade em uma escala regional (Diniz-Filho *et al.*, 2008). Também não é descartada, para alguns modelos de distribuição da diversidade em diferentes escalas, a correlação positiva entre a riqueza de aves e variáveis como: (i) densidade humana (Evans *et al.*, 2007), (ii) heterogeneidade de habitat (Cody, 1993, Guegan *et al.*, 1998), (iii) história evolutiva (Ricklefs, 1987), entre outras. Estas variáveis, em alguns ambientes, também explicam parte dos padrões de distribuição da massa corpórea das aves (Brown, 1995).

O tamanho do corpo contém muitos traços da história de vida e da ecologia das espécies (Brown & Maurer, 1987) e aparentemente pode ter uma forte influência na diversificação e estrutura das assembléias animais em escala macroecológica (Brown & Maurer, 1989, Brown *et al.*, 1993, Blackburn & Gaston, 1996). Um exemplo de diversificação nas assembléias é o tamanho médio do corpo de algumas espécies, que diminui próximo ao Equador e a diversidade das assembléias que aumenta (Blackburn & Gaston, 1996, Brown & Lomolino, 1998), implicando em um gradiente latitudinal de distribuição da diversidade não aleatório (Brown, 1995, Blackburn & Gaston, 1996). Espécies com grandes taxas de ocorrência tendem a ser mais generalistas no uso do habitat, do que aquelas com ocorrência restrita (Brown, 1995). Desta forma, a taxa de expansão das espécies é determinada por complexas interações entre fatores bióticos, abióticos e antrópicos (Burger, 1985, Brown & Maurer, 1987, Brown, 1995). Espécies com maior massa corpórea requerem uma maior quantidade de energia para a manutenção do seu metabolismo e por isso têm baixas densidades populacionais e ocupam grandes extensões territoriais (Brown & Maurer, 1989). Por consequência,

as espécies com maior massa corpórea estão mais vulneráveis à extinção (Brown & Maurer, 1989, Brown, 1995).

As aves compreendem o maior número de espécies da fauna mundialmente prioritárias para conservação. O Rio Grande do Sul abriga 624 espécies de aves, o que representa 37% da riqueza do Brasil (Bencke, 2001). Setenta e cinco espécies observadas no estado figuram na lista da IUCN (2003) como prioritárias para a conservação e 128 estão listadas no Decreto Estadual 41.672 de 2002. O principal fator de ameaça é a alteração e/ou destruição de habitat, que se difere ao longo das regiões geomorfológicas. Ao norte, a perda de habitat é ocasionada, principalmente, pela pressão imobiliária e ao sul, pelas lavouras e florestamento com espécies exóticas (Fontana *et al.*, 2003). Desta forma, a distribuição da diversidade de aves tem respondido de diferentes maneiras às alterações no mosaico da paisagem, ao longo dos anos, no Rio Grande do Sul. A compreensão dos padrões macroecológicos de distribuição da riqueza, abundância e massa das aves e as suas relações com o uso do solo e as variáveis ambientais podem contribuir significativamente para a tomada de medidas de conservação.

REFERÊNCIAS

- Bencke, G.A. (2001) *Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul*. Ed. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (1996) The distribution of bird species in the New World: patterns in species turnover. *Oikos*, **77**, 146-152.
- Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (1997) A critical assessment of the form of the interspecific relationship between abundance and body size in animals. *Journal of Animal Ecology*, **66**, 233-249.
- Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (1998) Some methodological issues in macroecology. *American Naturalist*, **15**, 68-83.

- Böhning-Gaese, K. (1997) Determinants of avian richness at different spatial scales. *Journal of Biogeography*, **24**, 49-60.
- Boulinier, T., Nichols, J.D., Hines, J.E., Sauer, J.R., Flather, C.H. & Pollock, K. (2001) Forest fragmentation and bird community dynamics: inference at regional scale. *Ecology*, **82**, 1159-1169.
- Brown, J.H. (1995) *Macroecology*. University of Chicago Press, Chicago.
- Brown, J.H. & Lomolino, M.V. (1998) *Biogeography*. 2 Ed. Sinauer, Sunderland.
- Brown, J.H., Marquet, P.A. & Taper, M.L. (1993) Evolution of body size: consequences of an energetic definition of fitness. *American Naturalist*, **142**, 573-584.
- Brown, J.H. & Maurer, B.A. (1987) Evolution of species assemblages: effects of energetic constraints and species dynamics on the diversification of the American avifauna. *American Naturalist*, **130**, 1-17.
- Brown, J.H. & Maurer, B.A. (1989) Macroecology: the division of food and space among species on continents. *Science*, **243**, 1145-1150.
- Burger, J. (1985) Habitat selection in temperate marsh-nesting birds. In: Cody, M. L. *Habitat selection in birds*. New York: Academic Press.
- Cody, M.L. (1993) Bird diversity components within and between habitats in Australia. In: Ricklefs, R. E. & Schluter, D. (Eds.) *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. Chicago: University of Chicago Press.
- Decreto Estadual 41.672 de 10 de junho de 2002. Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção no Rio Grande do Sul.
- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M. & Hawkins, B.A. (2003) Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, **12**, 53-64.
- Diniz-Filho, J.A., Bini, L.M., Vieira, C.M., Blamires, D., Terribile, L.C., Bastos, R.P., Oliveira, G. de & Barreto, S. de B. (2008) Spatial pattern of terrestrial vertebrate species richness in the Brazilian Cerrado. *Zoological Studies*, **47**, 146-157.

- Evans, K., Greenwood, J.D. & Gaston, K.J. (2007) The positive correlation between avian species richness and human population density in Britain is not attributable to sampling bias. *Global Ecology and Biogeography*, **16**, 30-304.
- Fontana, C.S., Bencke, G.A. & Reis, R.E. (Org.) (2003) *Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul*. Edipucrs, Porto Alegre.
- Guegan, J.F., Lek, S. & Oberdorff, T. (1998) Energy availability and habitat heterogeneity predict global riverine fish diversity. *Nature*, **391**, 382-384.
- Hawkins, B.A. (2001) Ecology's oldest pattern? *Trends in Ecology and Evolution*, **16**, 470.
- Hawkins, B.A., Porter, E.E. & Diniz-Filho, A.A.F. (2003) Productivity and history as predictors of the latitudinal diversity gradient of territorial birds. *Ecology*, **84**, 1608-1623.
- IUCN. 2003. *Red list* (www.iucn.org, Acessado em 15/dez/2010).
- Jetz, W. & Rahbek, C. (2002) Geographic range size as determinants of avian species richness. *Science*, **297**, 1548-1551.
- MacArthur, R.P. (1972). *Geographical ecology: Patterns in the distribution of species*. Princeton University Press, New Jersey.
- Ricklefs, R.E. (1987) Community diversity: Relative role of local and regional process. *Science*, **235**, 167-170.
- Thomas, G.H., Orme, C.D., Davies, R.G., Olson, V.A., Bennett, P.M., Gaston, K. J., Owens, I.P.F. & Blackburn, T.M. (2008) Regional variation in the historical components of global avian species richness. *Global Ecology and Biogeography*, **17**, 340-351.

CAPÍTULO 1



**Decomposição da riqueza para
compreender a distribuição das aves no
mosaico de ambientes que compõem a
paisagem no
Rio Grande do Sul**



Decomposição da riqueza para compreender a distribuição das aves no mosaico de ambientes que compõem a paisagem no Rio Grande do Sul

Vanda Simone da Silva Fonseca

RESUMO

Objetivo Relacionar a distribuição da riqueza de aves com variáveis climáticas, de relevo e de uso do solo nos ambientes que compõem o mosaico da paisagem.

Localização Estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil.

Método As aves no Rio Grande do Sul foram identificadas taxonomicamente em estudos de campo e a partir de dados bibliográficos foi feita a decomposição da riqueza. Para isso cada espécie observada foi classificada em uma guilda de habitat preferencial, sendo elas: aves de áreas úmidas, campo, floresta e ambientes mistos, obtendo-se assim a riqueza por guilda de habitat. Também com base em dados bibliográficos foram obtidas, por grau de latitude e longitude, as variáveis preditoras de precipitação, temperatura, hipsometria, evapotranspiração, densidade humana, quantidade de arroz, soja e gado produzidos por hectare, que foram contrastadas com a riqueza de cada uma das guildas de habitat preferencial através da análise de regressão parcial associado a filtros espaciais.

Resultados Foram observadas 272 espécies de aves nas 39 células amostradas, a riqueza média por grau de latitude e longitude foi de 68 espécies, ± 16 . O contraste das variáveis preditoras com a riqueza de aves explicou 24% da variação e não apresentou uma relação significativa. O estudo da distribuição das aves através da decomposição da riqueza resultou no agrupamento em guilda de uso dos habitats, sendo que 71 espécies que ocuparam predominantemente áreas

úmidas, 61 espécies predominantemente áreas de campo, 106 espécies áreas de florestas e 34 espécies habitats mistos. O contraste das variáveis preditoras com a riqueza de aves que utilizam ambientes úmidos apresentou uma relação significativa. Neste contraste foi evidenciado que quanto maior a produção de arroz, maior a riqueza de aves que ocupam áreas úmidas, bem como que quanto maior a densidade humana, menor a riqueza dessas aves. A relação entre a riqueza de aves que utilizam ambientes com campo e as variáveis preditoras foi significativa, e a criação de gado contribuiu significativamente para explicar a variação. Para a riqueza de aves que ocupam preferencialmente florestas também foi constatada uma relação significativa, a quantidade de soja produzida foi a única variável preditora que contribuiu significativamente para explicar o modelo. O contraste das variáveis preditoras com a riqueza de aves que ocupam ambientes mistos não apresentou uma relação significativa.

Minhas conclusões No sul do Brasil a decomposição da riqueza de espécies permite compreender os fatores que apresentam uma relação significativa com a distribuição da riqueza de aves. O uso da terra é o fator determinante para a distribuição da riqueza de aves em todas as guildas de uso dos habitats, exceto para os generalistas que são mais tolerantes quanto ao uso de habitat, o que torna mais difícil identificar quais fatores afetam a sua distribuição. A relação do uso do solo com a riqueza de aves atesta que a sua distribuição é um reflexo do mosaico que constitui a paisagem. Portanto, quaisquer medidas de manejo visando a manutenção da riqueza de aves terão que contemplar o uso do solo.

Palavras chaves

Neotropical, uso do solo, decomposição-riqueza, macroecologia, conservação, arroz, população-humana, soja, gado.

Introdução

O padrão de distribuição geográfico dos táxons tem sido uma questão de grande interesse da ciência que vem sendo estudado há mais de dois séculos (Wallace, 1878, Rosenzweig, 1995, Gotelli *et al.*, 2009). Neste espaço de tempo, cerca de 120 hipóteses foram propostas para explicar a variação regional na riqueza de espécies (Palmer, 1994). Muitas destas hipóteses são controversas e improváveis e/ou não foram testadas (Rahbek & Graves, 2001). Outras, como o padrão de distribuição da flora e da fauna relacionado com as variações de temperatura, precipitação e produtividade primária em escala continental (Evans *et al.*, 2008), têm sido testadas e os seus resultados vêm se repetindo em vários estudos (Currie, 1991, Rahbek & Graves, 2001, Hawkins *et al.*, 2003, Currie *et al.*, 2004, Rahbek *et al.*, 2007, Gotelli *et al.*, 2009). Mas estas hipóteses não são as únicas responsáveis pelo padrão de distribuição das espécies, pois fatores bióticos e abióticos em conjunto também influenciam a distribuição espacial e temporal dos mais variados grupos taxonômicos (Rahbek & Graves, 2001, Rahbek *et al.*, 2007).

O padrão de distribuição das aves é explicado pelas variáveis climáticas quando investigado em escala continental (Hawkins *et al.*, 2003, Rahbek *et al.*, 2007). Quando a investigação da distribuição passa para uma escala regional, a variação na riqueza de espécies torna-se complexa de ser compreendida (Rahbek *et al.*, 2007, Diniz-Filho *et al.*, 2008a e b), pois interações ecológicas do passado e do presente, processos evolutivos, fatores bióticos e a capacidade de dispersão das espécies, por exemplo, passam a atuar (Willis & Whittaker, 2002, Brown & Lomolino, 2006). Além disso, torna-se difícil diferenciar os fatores que atuam na distribuição em escala regional, pois espécies filogeneticamente relacionadas podem ter necessidades ecológicas similares, o que resulta em níveis parecidos de tolerância às variações ambientais, levando a um padrão semelhante de distribuição da riqueza (Marquet *et al.*, 2004). Espécies com características da história de vida similares têm padrões de distribuição semelhantes (McPherson &

Jetz, 2007). Portanto, a decomposição da riqueza em fatores históricos ou ecológicos pode contribuir para identificar padrões de distribuição das espécies de forma mais coerente (Marquet *et al.*, 2004).

As aves formam um táxon especialmente complexo para a compreensão do padrão de distribuição da riqueza em escala regional, pois as espécies ocupam amplos nichos ecológicos que se sobrepõem em algumas dimensões o que resulta em necessidades ecológicas semelhantes (Rahbek *et al.*, 2007, Diniz-Filho *et al.*, 2008b). Por isso a decomposição da riqueza de aves em categorias de uso de habitat tem sido aplicada para compreender melhor a distribuição das espécies e com isso subsidiar medidas de manejo para a conservação (Blamires *et al.* 2008, Diniz-Filho *et al.*, 2008b). No Cerrado brasileiro, por exemplo, a decomposição da riqueza mostrou que a dependência de florestas dirige o padrão de distribuição das aves e, portanto, áreas florestadas são fundamentais para a manutenção da diversidade (Blamires *et al.*, 2008).

Visando identificar as relações entre as variáveis climáticas, de relevo e de uso do solo com a distribuição da riqueza de aves no mosaico de ambientes que compõem a paisagem no Rio Grande do Sul, foi desenvolvido um estudo em escala regional. As investigações foram conduzidas no estado do Rio Grande do Sul, que é formado por seis regiões fitogeográficas, passando por paisagens que vão desde florestas, campos, áreas úmidas, entremeados por áreas urbanas, pecuária e agricultura. Este contexto de paisagem abriga 624 espécies de aves (Bencke, 2001), das quais 128 se enquadram em alguma das categorias de espécies prioritárias para conservação (Fontana *et al.*, 2003).

Material e Método

Área de estudo

O Rio Grande do Sul - RS, cujo território apresenta 282.000 km², está na transição entre as zonas climáticas tropical e subtropical, na latitude média de 30º Sul. Fatores geológicos e centros de distribuição florísticos permitem distinguir no mínimo seis unidades fitogeográficas no Estado: floresta ombrófila densa, floresta estacional decidual, floresta ombrófila mista, floresta estacional semidecidual, formações pioneiras ou restingas e estepe com vegetação arbustiva (IBGE, 1986). Praticamente toda a paisagem do RS já foi alterada pela agricultura, pecuária, silvicultura e expansão urbana, restando poucos remanescentes preservados (Rambo, 1994).

Para este estudo o RS foi dividido em 41 células, cujos vértices foram definidos pelos cruzamentos entre os graus de latitude e longitude resultando em células com um grau de latitude por um grau de longitude (Fig. 1), que representam uma escala adequada para o desenvolvimento de estudos espaciais sobre a distribuição da diversidade (Diniz-Filho *et al.*, 2008a). Em cada uma destas células foi amostrada a riqueza de aves, exceto na célula 1 (27ºS, 50ºW), pois a reduzida área física desta célula não comportaria amostragens independentes, e na célula 6 (27ºS, 55ºW) porque o acesso rodoviário estava interrompido (Fig. 1).

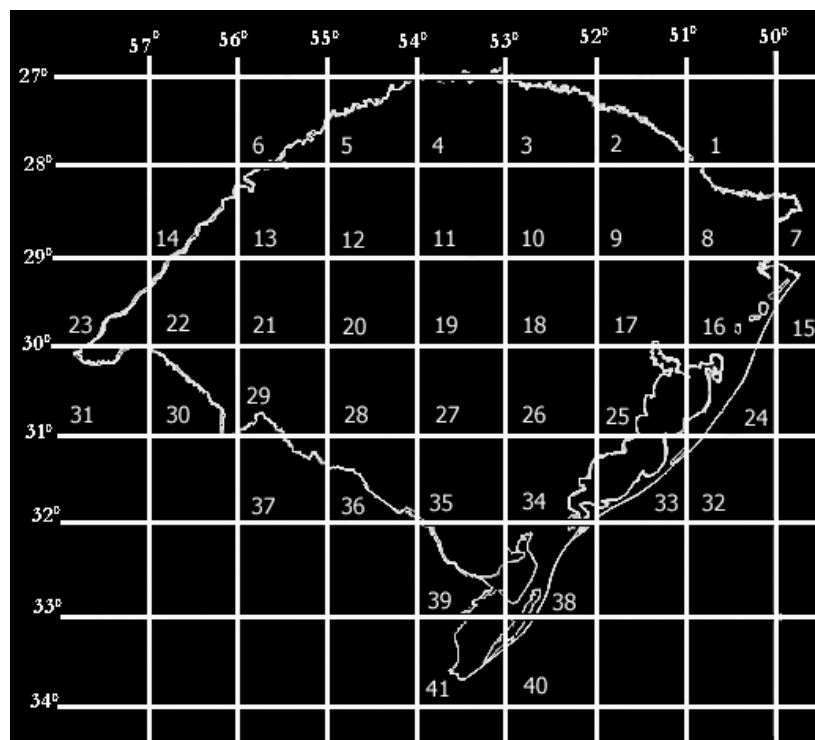


Figura 1 Área de estudo com o número de identificação de cada célula formada por um grau de latitude e longitude.

A identificação taxonômica das aves foi realizada através de observação direta ou por vocalização, ao longo das transecções e dos pontos de amostragem (Bibby *et al.*, 1997).

Foram percorridas, em cada célula, com velocidades constantes, três transecções, cada uma delas com 10 km de extensão e, a cada 2 km, foram realizadas paradas para a amostragem pontual das aves. Em cada parada as informações foram coletadas por 15 min, mas com base na curva do coletor de Krebs (1999) verificou-se que na maior parte dos ambientes aos seis minutos a maioria das espécies já havia sido observada. Portanto, para evitar a recontagem foi adotado o tempo de seis minutos de observação. No total as aves foram amostradas em 117 transecções e 585 pontos. As transecções foram percorridas de carro a uma

velocidade de 30 km/h. Realizaram os deslocamentos um condutor e um observador que, a partir do interior do veículo e com os vidros abertos, fez o registro das aves. A amostragem em cada um dos pontos foi realizada 5 min após a parada do veículo, com o observador posicionado a uma distância de aproximadamente 2 m do veículo, na margem da estrada.

Como o estudo objetivou caracterizar sistematicamente as aves no RS, contemplando o mosaico da paisagem em uma escala regional, os dois métodos de amostragem, pontos e transecções, foram usados simultaneamente. No emprego da amostragem apenas por pontos não seriam registradas 82 espécies, enquanto a amostragem apenas por transecção levaria a não detecção de 67 espécies. Sendo assim, para atender aos objetivos do estudo, se justificou o emprego de ambos os métodos.

O início e a direção de cada transecção foram sorteados entre as áreas com vegetação nativa, adjacente ao solo manejado para os mais diversos fins, como, por exemplo, agrícola, pastoril e silvícola, que compõem em maioria o mosaico da paisagem de cada célula. A definição das potenciais áreas para o início das amostragens, dentro de cada célula, foi obtida de Belton (1994), da análise conjunta das cartas de mapeamento produzidas pelo exército, de imagens geradas por satélites e, finalmente, pela conferência *in situ*. Para as amostragens foram utilizadas estradas com pouca trafegabilidade, caracterizadas por não apresentarem pavimento, por serem constituídas por uma única via de rolamento e que não comportavam espacialmente a passagem simultânea de dois veículos. Cada transecção teve uma distância mínima de 1.500 m entre si.

Antes da amostragem foi realizado um diagnóstico prévio em cada célula para o reconhecimento da riqueza local das aves e a fim de preparar o observador para a identificação taxonômica expedita durante as atividades sistematizadas. Para isso,

foi adotado o método de busca aleatória nos pontos preferenciais de ocorrência das espécies. Estes resultados de busca ativa pelas espécies não foram computados nos resultados sistematizados.

Todas as observações sistematizadas foram realizadas predominantemente durante o verão, compreendendo os meses de novembro e dezembro de 2008, janeiro, fevereiro e março de 2009. Esta prática de amostragem predominantemente durante os meses de verão visou minimizar a influência da sazonalidade sobre a riqueza e detectabilidade das aves (Anderson *et al.*, 1981). Não foram realizadas observações nas horas mais quentes do dia, quando as aves estão menos conspícuas, assim como nos dias com chuva intensa e intermitente ou com vento forte (Jones, 1998).

Foi calculada a média para da riqueza das aves nas transecções e nos pontos amostrados em cada uma das células, o que compôs os valores da riqueza de aves por unidade amostral.

As aves observadas foram agrupadas por guilda de uso dos habitats preferenciais com base nas informações de Belton (1994), Stotz (1996), Sick (1997), Azpiroz (2001), sendo (i) áreas úmidas, (ii) campo, (iii) floresta e (iv) habitats mistos, este último para espécies que ocupam mais de um dos ambientes citados. Foi somado o número de espécies de aves por guildas de uso dos habitats em cada célula para compor a distribuição da riqueza por guilda de habitat preferencial.

Para cada célula foram compiladas as seguintes informações ambientais (i) precipitação média anual medida em milímetros (ii) média anual da temperatura ambiente, medida em graus Celsius (iii) hipsometria média, medida em metros a partir do nível do mar (Secretaria de Minas e Energia do Rio Grande do Sul, 2002), e (iv) média anual de evapotranspiração, medida em milímetros (IBGE, 1986).

Também foram compiladas as seguintes informações de uso e ocupação do solo: (i) densidade da população humana, quantidade de (ii) soja, (iii) arroz e (iv) gado bovino produzidos por hectare em cada célula (Secretaria do Planejamento e Gestão, 2008). Estas são culturas agropastoris economicamente significativas na produção do Rio Grande do Sul (Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio, 2010).

Análise estatística

A riqueza média de aves por célula foi avaliada como variável resposta, assim como a riqueza média de aves por guilda de uso do habitat preferencial (áreas úmidas, campo, floresta e habitats mistos), enquanto que a precipitação média anual, a temperatura, a hipsometria, evapotranspiração, a densidade da população humana e a produção de arroz, soja e gado por hectare foram tratadas como variáveis preditoras.

As variáveis cujo padrão não seguiu a distribuição normal, que foi avaliada através do teste de Kolmogorov-Smirnov, sofreram transformações logarítmicas para atingir normalidade.

O padrão de autocorrelação das variáveis e dos resíduos das análises de regressão foram quantificados a partir dos resultados do Índice de Moran, para 10 classes de distâncias através de um correlograma (Legendre & Legendre, 1998, Diniz-Filho *et al.*, 2003, Rangel *et al.*, 2006).

O contraste entre cada uma das variáveis resposta com cada uma das variáveis preditoras foi feito através da análise de regressão parcial, associada a filtros espaciais para o controle da autocorrelação espacial. A autocorrelação é comum em dados ecológicos, o que maximiza a chance de ocorrer o erro estatístico do

tipo I, tendo em vista que inflaciona os graus de liberdade das análises (Legendre & Legendre, 1998, Diniz-Filho *et al.*, 2003).

Os filtros espaciais são tratados como novas variáveis ortogonais que capturam em diferentes escalas a geometria espacial das células que cobrem a área de estudo. Estes filtros, incorporados como variáveis preditoras permitem um contraste cujo resultado fica livre das tendências causadas pela autocorrelação espacial (Diniz-Filho & Bini, 2005). Os filtros empregados como variáveis preditoras nos contrastes foram selecionados com base nos seguintes critérios: (i) maximizar o coeficiente de correlação da regressão múltipla (r^2), (ii) minimizar o resíduo da autocorrelação espacial, que foi quantificado a partir dos resultados do Índice de Moran (Legendre & Legendre, 1998, Diniz-Filho *et al.*, 2003, Rangel *et al.*, 2006), e (iii) obter uma significativa correlação entre a variável resposta e cada um dos filtros selecionados (Diniz-Filho & Bini, 2005).

Os filtros selecionados para cada uma das variáveis respostas foram contratados juntamente com as variáveis preditoras através da análise de regressão parcial. Esta análise permitiu estabelecer a variação espacial individualmente da abundância das aves independente das variáveis ambientais (Legendre & Legendre, 1998). Os dados desta análise foram gerados com estrutura espacial expressa em graus de latitude e longitude e a sua expansão polinomial em terceira ordem.

Visando obter o melhor modelo para explicar a distribuição da riqueza de aves foi testada a otimização do número de variáveis preditoras no contraste realizado através da análise de regressão parcial. Para isso, as variáveis foram incluídas uma a uma nas análises (*forward*). Foram adotados os seguintes critérios para obter o melhor modelo: (i) maximizar do coeficiente de correlação da regressão múltipla (r^2), (ii) minimizar o resíduo da autocorrelação espacial, (iii) obter uma correlação

significativa entre a variável resposta e as preditoras e (iv) obter o menor valor de Akaike (AIC) (Diniz-Filho & Bini, 2005).

As análises estatísticas envolvendo variação espacial foram executadas através do programa *Spatial Analysis in Macroecology* (SAM), versão 3.0 (Rangel *et al.*, 2006).

Resultados

Foram registradas 272 espécies de aves nas 39 células amostradas. As regiões norte, centro e sudoeste do Rio Grande do Sul foram os locais com maior concentração da riqueza de espécies (Fig. 2), o que é atestado pelo correlograma com os valores do Índice de Moran que mostra uma alternância entre valores positivos e negativos nas classes de distâncias (Fig. 3). A riqueza média por grau de latitude e longitude foi de 68, $\pm$ 16 espécies, as células situadas na região centro-este e sudoeste concentram os maiores valores de riqueza (Fig. 2).

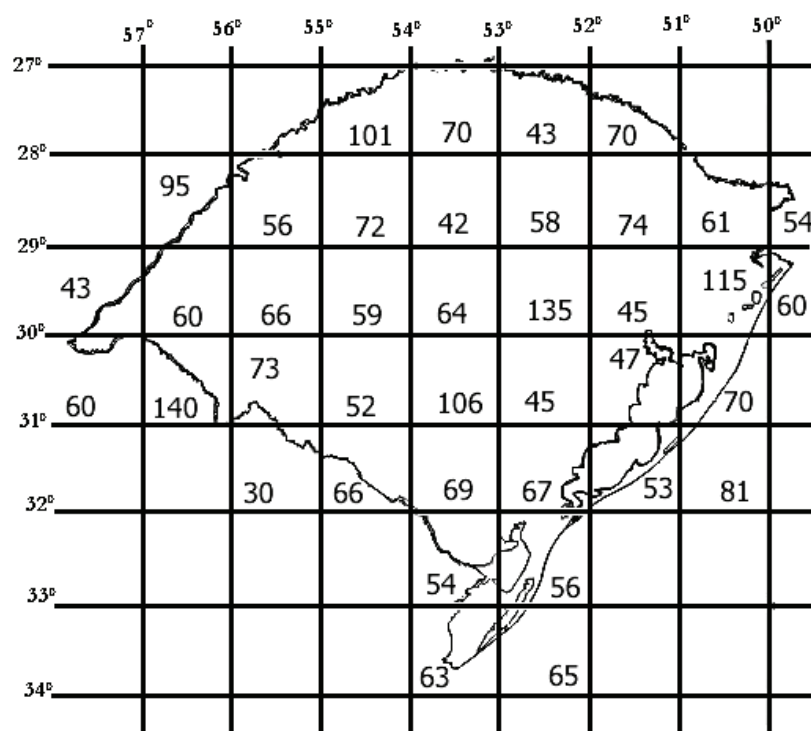


Figura 2 Mapa com a distribuição da riqueza média das aves em cada célula amostrada no Rio Grande do Sul.

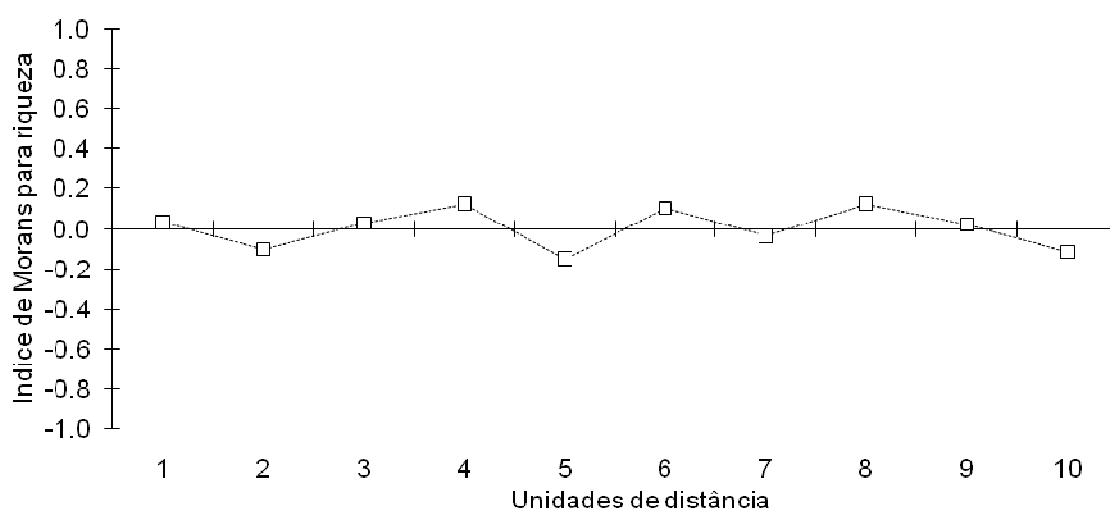


Figura 3 Correlograma espacial com o Índice de Moran para a riqueza de espécies.

O contraste das variáveis preditoras com a riqueza de aves ($AIC = -171,18$) explicou 24% da variação e não apresentou uma relação significativa ($F = 0,825$, $P = 0,63$) (Tabela 1). Nem uma das variáveis contribuiu significativamente para explicar a distribuição da riqueza de aves. Não houve um modelo otimizado melhor do que o completo para este contraste.

Tabela 1 Coeficientes padronizados da análise de regressão parcial (b) para os modelos completo e otimizado resultantes do contraste das variáveis preditoras agregadas aos filtros espaciais com a riqueza de aves, seguidos do erro padrão ($\pm$) e os resultados do teste t.

Variáveis preditoras	b	$\pm$	t
Precipitação	3,113	1,318	0,2
Temperatura	-0,155	0,003	-0,407
Hipsometria	0,09	0,001	0,185
Evapotranspiração	0,058	0,004	0,222
Densidade populacional	0,119	0,008	0,431
Produção de arroz	0,418	0,006	1,572
Produção de soja	-0,009	0,006	-0,029
Densidade de gado	-0,035	0,007	-0,128

* $P < 0,05$

O estudo da distribuição através da decomposição da riqueza resultou no agrupamento das 272 espécies de aves observadas em guildas de uso de habitats, nas quais 71 (± 1) espécies ocuparam predominantemente áreas úmidas, 61 ocuparam predominantemente espécies campo ($\pm 1,5$), 106 ocuparam predominantemente florestas ($\pm 0,8$) e 34 ocuparam predominantemente habitats mistos ($\pm 1,7$).

O contraste entre as variáveis revelou uma relação significativa ($F = 2,273$, $P = 0,04$) com a riqueza de aves que utilizam ambientes úmidos ($AIC = 34$), para a qual o percentual de explicação foi de 59%. Nenhuma das variáveis preditoras

contribuiu individualmente para explicar o modelo (Tabela 2). O modelo otimizado (AIC = 1,084), também apresentou uma relação significativa ($F = 4,948$, $P = 0,001$), que contribuiu para explicar 48% da variação na riqueza de aves em áreas úmidas. Neste modelo, 19% da variação foi explicada pelas variáveis preditoras, 0,021% pela variação espacial e 27% pela interação entre ambas. Quanto maior a quantidade de arroz plantado, maior a riqueza de aves em áreas úmidas ($b = 0,139$, $P = 0,017$), por outro lado quanto maior a densidade humana ($b = -0,302$, $P = 0,046$), menor a riqueza de aves associadas a áreas úmidas (Tabela 2).

Tabela 2 Coeficientes padronizados da análise de regressão parcial (b) para os modelos completo e otimizado resultantes do contraste das variáveis preditoras agregadas aos filtros espaciais com a riqueza de aves que utilizam preferencialmente áreas úmidas, seguidos do erro padrão ($\pm$) e dos resultados do teste t .

Variáveis preditoras	Completo			Otimizado		
	b	$\pm$	T	b	$\pm$	t
Precipitação	0,129	<,001	0,492	-	-	-
Temperatura	-0,133	0,042	-0,419	-	-	-
Velocidade do vento	-0,017	<,001	-0,043	-	-	-
Hipsometria	0,167	0,053	0,784	-	-	-
Evapotranspiração	-0,238	0,084	-1,32	-	-	-
Densidade populacional	0,288	0,074	1,354	-0,302	0,068	-2,383*
Produção de arroz	0,034	0,073	0,151	0,139	0,055	2,516*
Produção de soja	0,291	0,081	1,449	-	-	-
Densidade de gado	0,129	<,001	0,492	-	-	-

* $P < 0,05$

O contraste das variáveis preditoras (AIC = 2,018) não apresentou relação significativa ($F = 1,184$, $P = 0,407$) com a distribuição da riqueza de aves que ocupam ambientes de campo, para as quais o percentual de explicação foi de 23% do modelo. No contraste otimizado a relação foi significativa ($F = 3,76$, $P = 0,019$) e explicou 24% da variação na riqueza de aves que ocupam o campo (AIC = -20).

Neste percentual de explicação, as variáveis preditoras contribuíram com 20%, a variação espacial com 0,012% e a interação entre ambas com 0,036%. Apenas o aumento na produção de gado ($b = 0,56$, $P = 0,004$) contribui significativamente para explicar um aumento na riqueza de aves que utilizam o campo (Tabela 3).

Tabela 3 Coeficientes padronizados da análise de regressão parcial (b) para os modelos completo e otimizado resultantes do contraste das variáveis preditoras agregadas aos filtros espaciais com a riqueza de aves que utilizam preferencialmente áreas de campo, seguidos do erro padrão ($\pm$) e dos resultados para o teste t .

Variáveis preditoras	Completo			Otimizado		
	b	$\pm$	t	b	$\pm$	t
Precipitação	-0,028	0,001	-0,11	-	-	-
Temperatura	-0,011	0,031	-0,033	-	-	-
Hipsometria	-0,148	0,001	-0,35	-0,13	0,001	-0,628
Evapotranspiração	0,195	0,036	0,967	0,135	0,029	0,821
Densidade populacional	-0,048	0,064	-0,249	-	-	-
Produção de arroz	0,049	0,057	0,211	-	-	-
Produção de soja	-0,122	0,045	-0,624	-	-	-
Densidade de gado	0,626	0,065	2,728*	0,56	0,055	3,138*

* $P < 0,05$

Para a riqueza de aves que ocupam os ambientes de floresta, o contraste (AIC = 48,36) com as variáveis preditoras não apresentou uma relação significativa ($F = 1,765$, $P = 0,107$), o percentual de explicação foi de 51%. No modelo otimizado (AIC = 27,84) foi constada uma relação significativa ($F = 2,853$, $P = 0,014$) que explica 50% da variação na distribuição das aves predominantemente florestais. Deste percentual, as variáveis preditoras contribuíram com 16% da explicação, a variação espacial 20% e a interação entre ambas 14%. A produção de soja foi a única variável preditora que contribuiu significativamente ($b = 0,51$, $P = 0,015$) para explicar a riqueza de aves que ocupam predominantemente florestas (Tabela 4).

Tabela 4 Coeficientes padronizados da análise de regressão parcial (*b*) para os modelos completo e otimizado resultantes do contraste das variáveis preditoras agregadas aos filtros espaciais com a riqueza de aves que utilizam preferencialmente florestas, seguidos do erro padrão ($\pm$) e dos resultados do teste *t*.

Variáveis preditoras	Completo			Otimizado		
	b	+ -	t	b	+ -	t
Precipitação	0,075	0,001	0,276	-	-	-
Temperatura	-0,124	0,052	-0,369	-0,136	0,037	-0,578
Hipsometria	0,075	<,001	0,186	-	-	-
Evapotranspiração	0,229	0,068	0,997	0,198	0,058	1,015
Densidade populacional	-0,008	0,107	-0,043	-	-	-
Produção de arroz	0,013	0,091	0,06	-	-	-
Produção de soja	-0,17	0,093	-0,701	0,508	0,094	2,585*
Densidade de gado	0,517	0,103	2,407	-	-	-

* $P < 0,05$

O contraste das variáveis preditoras (AIC = -34,61) com a riqueza de aves que ocupam ambientes mistos não apresentou uma relação significativa ($F = 1,301$, $P = 0,277$). O contraste explicou 33% da distribuição das aves destes ambientes, a variação espacial contribuiu com 18% de explicação, as variáveis preditoras com 15% e a interação entre ambas 0,018%. Mesmo buscando otimizar o modelo, as variáveis não explicaram o padrão de distribuição das aves que vivem em ambientes mistos (Tabela 5). O melhor modelo obtido explicou menos de 1% da variação na riqueza de aves nestes ambientes.

Tabela 5 Coeficientes padronizados da análise de regressão parcial (*b*) para o modelo completo, resultante do contraste das variáveis preditoras agregadas aos filtros espaciais com a riqueza de aves que utilizam preferencialmente ambientes mistos, seguidos do erro padrão ($\pm$) e dos resultados para o teste *t*.

Variáveis preditoras	b	$\pm$	t
Precipitação	-0,061	0,001	-0,245
Temperatura	-0,249	0,019	-0,767
Hipsometria	-0,497	0,001	-1,211
Evapotranspiração	0,098	0,022	0,501
Densidade populacional	-0,073	0,04	-0,388
Produção de arroz	0,01	0,036	0,042
Produção de soja	0,04	0,028	0,208
Densidade de gado	0,371	0,041	1,66

* $P < 0,05$

Discussão

As aves no Rio Grande do Sul ocupam amplos nichos ecológicos, que acabam se sobrepondo em algumas dimensões, tanto que quando as variáveis ambientais e de uso do solo foram contrastadas com a riqueza de aves não foi constatada uma relação significativa. Porém, a decomposição da riqueza em guildas de uso do habitat preferencial permite compreender como as aves, com características ecológicas mais específicas, ou seja, que ocupam áreas úmidas, florestas, campos e ambientes mistos, se relacionam com os fatores bióticos e abióticos que atuam sobre a distribuição das espécies (Marquet *et al.*, 2004). Um exemplo de que a decomposição da riqueza de espécies permite compreender a relação da distribuição das aves com os ambientes que compõem a paisagem é a relação positiva entre a riqueza de aves que ocupam áreas úmidas e a área de arroz plantado.

As lavouras de arroz são estabelecidas, na maioria, adjacentes a grandes reservas hídricas naturais, como a laguna dos Patos, lagoa Mangueira, Mirim entre outras menores, situadas principalmente na região sudeste do RS de onde a água é drenada para as plantações. Os agricultores precisam legalmente manter áreas de preservação permanente junto a estas reservas hídricas, o que faz com que pequenas áreas com ecossistemas naturais sejam preservadas. A manutenção destes ecossistemas naturais contribui com a conservação da riqueza de espécies, porque mesmo as áreas de preservação sendo menores do que aquelas inundadas para o cultivo de arroz elas conservam uma variedade de microhabitats que abrigam uma maior diversidade de aves do que as áreas úmidas extensas e homogêneas (Guadagnin *et al.*, 2009). Nas áreas úmidas não manejadas as aves aquáticas encontram ambientes viáveis para reprodução e manutenção de parte das populações que compõem as assembléias (Tourenq *et al.*, 2001). Nas lavouras de arroz, algumas espécies, tanto aves jovens como adultas obtêm fontes cíclicas de alimento (Day & Colwell, 1998, Czech & Parsons, 2002, Dias & Burger, 2005), bem como matrizes permeáveis que permitem, através de seus canais e das quadras inundadas, a conexão entre os remanescentes de ecossistemas naturais (Guadagnin *et al.*, 2005, Guadagnin & Maltchik, 2007). Esta complementaridade entre áreas preservadas e ecossistemas manejados com arroz contribui para a relação positiva entre a riqueza de aves e a produção de arroz. Não que o cultivo de arroz seja uma necessidade para a manutenção da riqueza de aves, apenas algumas espécies se beneficiam da sua forma de manejo do solo.

A riqueza de aves que ocupa áreas úmidas é afetada negativamente pela densidade humana. Inevitavelmente, a expansão humana leva a uma perda de habitats que afeta principalmente as espécies de grande porte (Fontana *et al.*, 2003). As aves aquáticas são espécies que apresentam maior massa corpórea do que as terrestres (Blackburn & Gaston, 1994), portanto, sofrem um maior impacto com os efeitos negativos da alta densidade humana. A relação negativa

evidenciada entre a riqueza de aves que ocupam áreas úmidas, que em geral são espécies de grande porte, é um reflexo da perda de habitat ocasionada pela alteração dos ambientes naturais provocada pelo homem.

Além do cultivo de arroz, a criação do gado também contribui para explicar o padrão de distribuição da riqueza de aves, só que em áreas de campo. A criação de gado ocorre em quase todo o Rio Grande do Sul, onde há cerca de 14.115.643 cabeças criadas por ano (Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio, 2010). Em algumas regiões, como no pampa, a pecuária é naturalmente favorecida porque este bioma é composto por grandes extensões de campo propícias à criação de gado, embora estas áreas venham perdendo espaço na última década em decorrência da expansão da agricultura, infra-estrutura urbana e florestamento com árvores exóticas (Krapovickas & Di Giacomo, 1998, Marchiori, 2004). Sendo assim, a maioria das áreas com campo no Rio Grande do Sul ocupadas pelas aves tem como uso a pecuária bovina. As áreas com alta densidade de gado concentram a maior riqueza de aves que ocupam o campo. Nestas áreas de criação ocorre o rodízio das pastagens, ou seja, a área destinada à criação do gado é dividida em lotes e o gado manejado entre estes lotes para que a pastagem se recomponha. O pastoreio, preferencialmente por grandes herbívoros, no geral contribui para a formação de mosaicos com diferentes tipos de habitats que promovem a manutenção da biodiversidade e da produtividade nas áreas de campo (Milchunas *et al.*, 1988). Sendo assim, os mosaicos nas áreas de campo produzidos pelo pastoreio do gado contribuem, no Rio Grande do Sul, para compreender a relação positiva da riqueza de aves campestres com a criação de gado. Algumas aves, como por exemplo, a garça-vaqueira, *Bubulcus ibis*, seguem o gado alimentando-se dos insetos que voam quando este se desloca.

A riqueza de aves que ocupam as florestas tem uma relação positiva com o uso antrópico do solo, neste caso com a quantidade de soja produzida por hectare.

Algumas espécies de aves que ocupam florestas têm características particulares que contribuem para que não utilizem ambientes agrícolas, entre elas o tamanho corporal relativamente grande (Thiollay, 1995) e a dependência de viver no interior da floresta em oposição ao dossel e/ou a borda (Terborgh & Weske, 1969, Andrade & Rubio-Torgler, 1994, Thiollay, 1995, Petit & Petit, 2003). Outras aves, no entanto, como as migratórias latitudinais e as residentes que ocupam o dossel e/ou a borda das florestas têm se mostrado mais tolerantes para utilizar vários tipos de habitats, inclusive as lavouras (Wunderle & Waide, 1993, Confer & Holmes, 1995, Conway *et al.*, 1995, Harris & Reed, 2002, Johnson & Sherry, 2001). As aves que ocupam ambientes florestais já perturbados, como pequenos fragmentos, provavelmente estejam mais sujeitas a utilizar no seu ciclo de vida as áreas agrícolas adjacentes às florestas (Greenslade, 1983, Southwood, 1988, Stouffere & Bierregaard Jr., 1995). No RS, a maior área de soja plantada está na região do planalto das missões, no noroeste do Estado, em alguns pontos adjacentes aos remanescentes de floresta estacional decidual (IBGE, 1986). Em meio a estas áreas de lavoura existem capões com floresta e corredores de vegetação ciliar que margeiam rios e córregos e que transcendem os limites físicos das propriedades. Estas áreas vegetadas, que são protegidas por lei, permitem a ocorrência de aves tolerantes a ambientes perturbados que acabam fazendo uso também da lavoura de soja para obter recursos. No Mediterrâneo foi verificado que o abandono das terras agrícolas em algumas regiões levou ao declínio da diversidade das aves em áreas de floresta. Quanto mais distantes as florestas estavam das áreas agrícolas, mais homogêneos eram estes ambientes e mais reduzida a diversidade de aves (Farina, 1995, 1997). Sendo assim, as áreas com cultivo de soja possivelmente contribuam para a manutenção da riqueza de algumas espécies de aves, ou seja, aquelas tolerantes a perturbações nas áreas florestadas e que vivem em capões circundados por matriz de lavoura.

Assim, verifica-se que em uma escala regional no Rio Grande do Sul a decomposição da riqueza de espécies permite compreender os fatores que apresentam uma relação significativa com a distribuição da riqueza de aves. O uso da terra é o fator determinante para a distribuição da riqueza de aves em todas as guildas de uso dos habitats, exceto para as espécies generalistas, que são mais tolerantes quanto ao uso de habitat (Harris & Reed, 2002), o que torna mais difícil identificar quais fatores afetam a sua distribuição. A relação do uso do solo com a riqueza de aves atesta que a sua distribuição é um reflexo do mosaico que constitui a paisagem. Não só no Rio Grande do Sul, mas também em escala global, a ação antrópica já mudou drasticamente a paisagem natural (Vitousek *et al.*, 1997, Evans & Green, 2007, Billeter *et al.*, 2008, Herzon *et al.*, 2008), afetando a estrutura e a composição das assembléias de aves (Burke & Nol, 1998, Hinsley *et al.*, 1995, Huhta *et al.*, 1998, Roberts & Normont, 1999, Villard *et al.*, 1999, Billeter *et al.*, 2008, Gotelli *et al.*, 2009).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/PROSUP (Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares) pela concessão da bolsa de doutorado, ao Doutor Marco Aurélio Pizo pela orientação no desenvolvimento dos estudos e revisão do manuscrito e aos diretores da BioImagens Consultoria Ambiental Ltda. pelo custeio das despesas para a execução das atividades de campo.

REFERÊNCIAS

Anderson, B.E., Ohmart, R.D. & Rice, J. (1981) Seasonal changes in avian densities and diversities. *Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology*

- (Ralph, C.J. & Scott, M.), n. 6. Cooper Ornithological Society, Lawrence, Kansas.
- Andrade G.I. & Rubio-Torgler, H. (1994) Sustainable use of the tropical rain forest: evidence from the avifauna in a shifting-cultivation habitat mosaic in the Colombian Amazon. *Conservation Biology*, **8**, 545-554.
- Azpiroz, A.B. (2001) *Aves del Uruguay Lista e introducción a su biología y conservación*. Aves Uruguay-Grupo Uruguayo para el Estudio y Conservación de las Aves, Montevideo.
- Bélisle, M., Desrochers, A. & Fortin, M.J. (2001) Influence of forest cover on the movements of forest birds: a homing experiment. *Ecology*, **82**, 1893-1904.
- Belton, W. 1994. *Aves do Rio Grande do Sul: distribuição e biologia*. Editora Unisinos, São Leopoldo.
- Bencke, G.A. (2001) *Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul*. Ed. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. (1997) *Bird census techniques*. Academic Press, London.
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., Baudry, J., Bukacek, R., Burel, F., Cerny, M., De Blust, G., De Cock, R., Diekötter, T., Dietz, H., Dirksen, J., Dormann, C., Durka, W., Frenzel, M., Hamersky, R., Hendrickx, F., Herzog, F., Klotz, S., Koolstra, B., Lausch, A., Le Coeur, D., Malfait, J.P., Opdam, P., Roubalova, M., Schermann, A., Schermann, N., Schmidt, T., Schweiger, O., Smulders, M.J.M., Speelmans, M., Simova, P., Verboom, J., van Wingerden, W.K.R.E., Zobel, M. & Edwards, P.J. (2008) Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology*, **45**, 141-151.
- Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (1994) The distribution of body size of the world's bird species. *Oikos*, **70**, 127-130.

- Blamires, D., Oliveira, G., Barreto, B.S & Diniz-Filho, J.A.F. (2008) Habitat use and deconstruction of richness patterns in Cerrado birds. *Acta Oecologica*, **33**, 97-104.
- Brown, J.H. & Lomolino, M.V. (2006) *Biogeografia*. 2ªed. FUNPEC, Ribeirão Preto.
- Confer, J.L. & Holmes, R.T. (1995) Neotropical migrants in undisturbed and human-altered forests of Jamaica. *Wilson Bulletin*, **107**, 577-814.
- Burke, D.M & Nol, E. (1998) Influence of food abundance, nest-site habitat, and forest fragmentation on breeding ovenbirds. *Auk*, **115**, 96-104.
- Confer, J.L. & Holmes, R.T. (1995) Neotropical migrants in undisturbed and human-altered forests of Jamaica. *Wilson Bulletin*, **107**, 577-589.
- Conway, C.J., Powell, G.V.N. & Nichols, J.D. (1995) Overwinter survival of Neotropical migratory birds in early-successional and mature tropical forests. *Conservation Biology*, **9**, 855-864.
- Currie, D.J. (1991) Energy and large-scale patterns of animal-species and plant-species richness. *American Naturalist*, **137**, 27-49.
- Currie, D.J., Mittelbach, G.G., Cornell, H.V., Field, R., Guegan, J.F., Hawkins, B.A., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Obedorff, T., O'Brien, M.E. & Turner, J.R.G. (2004) Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters*, **1**, 143-146.
- Czech, H.A & Parsons, K. C. (2002) Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds*, **25**, 56-65.
- Day, J.H. & Colwell, M.A. (1998) Waterbird communities in rice fields subjected to different post-harvest treatments. *Colonial Waterbirds*, **21**, 185-197.
- Dias, R.A. & Burger, M.I. (2005) A assembléia de aves de áreas úmidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil. *Ararajuba*, **13**, 63-80.
- Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M. (2005) Modeling geographical patterns in species richness using eigenvector-based spatial filters. *Global Ecology and Biogeography*, **14**, 177-185.

- Diniz-Filho, J.A.F., Rangel, T.F.L.V.B. & Bini, L.M. (2008a) Model selection and information theory in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, **17**, 479-488.
- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M., Vieira, M.C., Blamires, D., Terribile, L.C., Bastos, R.P., Oliveira, G. de & Oliveira, G. de. (2008b) Spatial patterns of terrestrial vertebrates species richness in the Brazilian Cerrado. *Zoological*, **47**(2), 146-157.
- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M. & Hawkins, B.A. (2003) Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, **12**, 53-64.
- Evans, K. L., Newson, S.E., Storch, D., Greenwood, J.J. D. & Gaston, K. (2008) Spatial scale, abundance and the species-energy relationship in British birds. *Journal of Animal Ecology*, **77**, 395-405.
- Evans, A.D. & Green, R.E. (2007) An example of a two-tiered agri-environment scheme designed to deliver effectively the ecological requirements of both localised and widespread bird species in England. *Journal of Ornithology*, **148**, 279-286.
- Farina, A. (1995) Distribution and dynamics of birds in a rural sub-Mediterranean landscape. *Landscape and Urban Planning*, **31**, 269-280.
- Farina, A. (1997) Landscape structure and breeding bird distribution in a sub-Mediterranean agro-ecosystem. *Landscape Ecology*, **12**, 365-378.
- Fontana, C.S., Bencke, G.A. & Reis, R.E. (2003) *Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul*. Edipucrs, Porto Alegre.
- Gotelli, N.J., Anderson, M.J., Arita, H.J., Chao, A., Colwell, R.K., Connolly, S.R., Currie, D.J., Dunn, R.R., Graves, G.R., Green, J.L., Grytnes, J.A., Jiang, Y.H., Jetz, W., Lyons, K.S., McCain, C.M., Magurran, A.E., Rahbek, C., Rangel, T.F.L.V., Soberón, J., Webb, C.O. & Willing, M.R. (2009) Patterns and causes of species richness: a general simulation model for macroecology. *Ecology Letters*, **12**, 873-886.

- Greenslade P.J.M. (1983) Adversity selection and the habitat templet. *American Naturalist*, **122**, 352-365.
- Guadagnin, D.L., Maltchik, L. & Fonseca, C.R. (2009) Species-area relationship of Neotropical waterbird assemblages in remnant wetlands: looking at the mechanisms. *Diversity and Distributions*, **15**, 319-327.
- Guadagnin, D.L. & Maltchik, L. (2007) Habitat and landscape factors associated with neotropical waterbird occurrence and richness in wetland fragments. *Biodiversity and Conservation*, **16**, 1231-1244.
- Guadagnin, D.L., Peter, A.S., Perello, L.F. & Maltchik, L. (2005) Spatial and temporal patterns of waterbird assemblages in fragmented wetlands of southern Brazil. *Waterbirds*, **28**, 261-272.
- Harris, R.J. & Reed, J.M. (2002) Behavioral barriers to non-migratory movements of birds. *Annales Zoologici Fennici*, **39**, 275-290.
- Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guegan, J.F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Obedorff, T., O'Brien, M.E., Porter, E.E. & Turner, J.R.G. (2003) Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, **84**, 3105-3117.
- Herzon, I., Ainārs, A., Jaanus, E. & Zydrunas, P. (2008) Intensity of agricultural land-use and farmland birds in the Baltic States. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **125**, 93-100.
- Hinsley, S.A., Bellamy, P.E., Newton, I. & Sparks T.H. (1995) Habitat and landscape factors influencing the presence of individual breeding bird species in woodland fragments. *Journal of Avian Biology*, **26**, 94-104.
- Huhta, E., Jokimaki, J. & Helle, P. (1998) Predation on artificial nests in a forest dominated landscape the effects of nest type, patch size and edge structure. *Ecography*, **21**, 464-471.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE. (1986) *Projeto Radam Brasil*. Vol. 33. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/FIBGE, Rio de Janeiro.

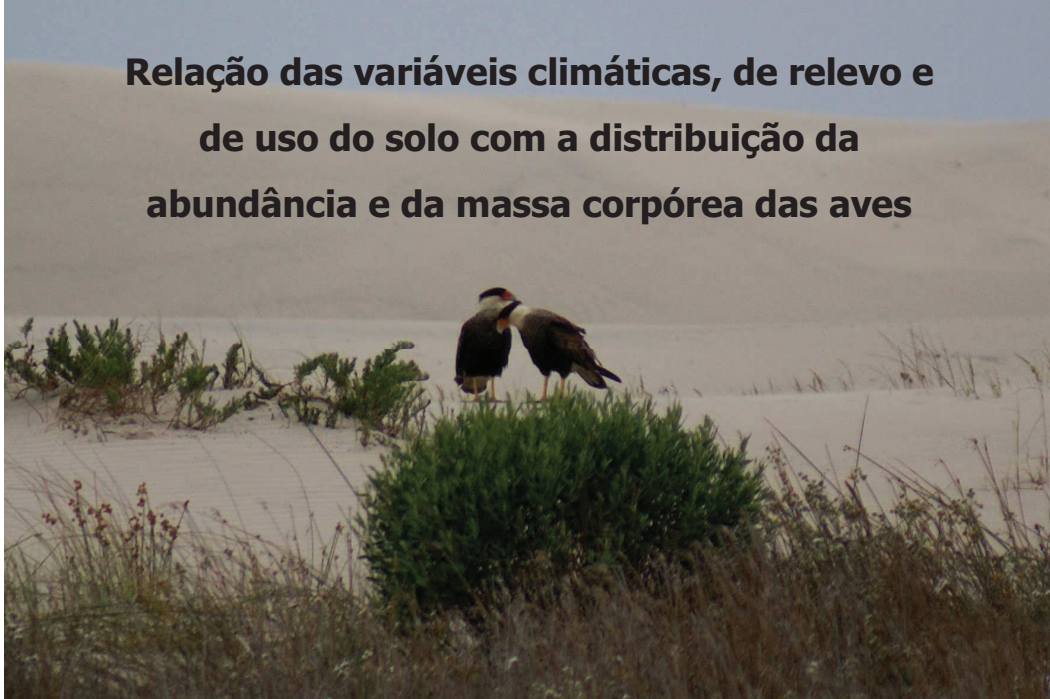
- Johnson, M.D. & Sherry, T.W. (2001) Effects of food availability on the distribution its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, **111**, 1169-1194.
- Jones, M. (1998) *Study designs. Expedition field techniques bird surveys* (Bibby, C., Jones, M. & Marsden, S. Eds.) Published by the Expedition Advisory Center, London.
- Krapovickas, S.K. & Di Giacomo, A.S. (1998) Conservation of Pampas and Campos grasslands in Argentina. *Parks (IUCN)*, **8**, 47-53.
- Krebs, C.J. (1999) *Ecological methodology*. Ed. Menlo Park, Benjamin and Cummings.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam.
- Marchiori, J.N.C. 2004. *Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos*. Ed. EST, Porto Alegre.
- Marquet, P.A, Fernández, M., Navarrete, S.A. & Valdovinos, S.C. (2004) Diversity emerging: towards a deconstruction of biodiversity patterns. *Frontiers of Biogeography: New directions in the Geography of Nature*. (Ed. by Lomolino, M. & Heaney, S.L.), pp. 191-209. Cambridge University Press, Cambridge.
- McPherson, J.M. & Jetz, W. (2007) Effects of species ecology on the accuracy of distribution models. *Ecography*, **30**, 135-151.
- Milchunas, D.G., Sala, O.E. & Lauenroth, W.K. (1988) A generalised model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist*, **132**, 87-106.
- Palmer, M.W. (1994) Variation in species richness-towards a unification of hypotheses. *Folia Geobotanica Phytotaxon*, **29**, 511-530.
- Petit, L.J. & Petit, D.R. (2003) Evaluating the importance of human-modified lands for Neotropical bird conservation. *Conservation Biology*, **17**, 687-694.
- Rahbek, C. & Graves, G.R. (2001) Multiscale assessment of patterns of avian species richness. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, **98**, 4534-4539.

- Rahbek, C., Gotelli, N.J., Colwell, R.K., Entsminger, G.L., Rangel, T.F.L.V.B. & Graves, G.R.(2007) Predicting continental-scale patterns of bird species richness with spatially explicit models. *Proceedings of the Royal Society of London B*, **274**,165-174.
- Rambo, B. (1994) *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. 3ªed. Ed. Unisinos, São Leopoldo.
- Rangel, T.F.L.V.B, Diniz-Filho, J.A.F & Bini, L.M. (2006) Towards an integrated computational tool for spatial analysis in marcoecology and biogeography. *Global Ecology and Biogeography*, **15**, 321-327.
- Roberts, C. & Norment, C.J. (1999) Effects of plot size and habitat characteristics on breeding success of scarlet tanagers. *Auk*, **116**, 73-82.
- Rosenzweig, M.L. (1995) *Species diversity in space and time*. Cambridge university press, Cambridge.
- Secretaria de Minas e Energia (2002) *Rio Grande do Sul: Atlas eólico*. Porto Alegre: SEMC, Disponível: <http://www.semc.rs.gov.br>.
- Secretaria do Planejamento e Gestão - SEPLAG & Departamento de Planejamento Governamental – DEPLAN. (2008) *Atlas sócio econômico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Disponível: <http://www.scp.rs.gov.br/ATLAS/default.asp>
- Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio (2010) Disponível: <http://www.saa.rs.gov.br/servicos.php?cod=76>
- Sick, H. (1997) *Ornitologia Brasileira*. Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- Southwood, T.R.E. (1988) Tactics, strategies and templets. *Oikos*, **52**, 3-18.
- Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W., Parker, T.A. III & Moskovits, D.K. (1996) *Neotropical birds: ecology and conservation*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Stouffer, P.D. & Bierregaard-Jr., R.O. (1995) Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology*, **9**, 1085-1094.
- Terborgh, J. & Weske, J.S. (1969) Colonization of secondary habitats by Peruvian birds. *Ecology*, **50**, 765-782.

- Thiollay, J.M. (1995) The role of traditional agroforests in the conservation of rain forest bird diversity in Sumatra. *Conservation Biology*, **9**, 335-353.
- Tourenq, C., Bennetts, R.E., Kowalski, H., Vialet, E., Lucchesi, J.L., Kayser, Y. & Isenmann, P. (2001) Are ricefields a good alternative to natural marshes for waterbird communities in the Camargue, southern France? *Biological Conservation*, **100**, 335-343.
- Vitousek, P., Mooney, H.A., Lubchenco, J. & Melillo, J.M. (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, **277**, 494-499.
- Villard, M.A., Trzcinski, M.K. & Merriam, G. (1999) Fragmentation effects on forest birds: relative influence of woodland cover and configuration on landscape occupancy. *Conservation Biology*, **13**, 774-783.
- Wallace, A.R. (1878). *Tropical nature and other essays*. Macmillan press, London.
- Willis, K.J. & Whittaker, R.J. (2002) Species diversity-scale matters. *Science*, **295**, 1245-1248.
- Wunderle-Jr., J.M. & Waide, R.B. (1993) Distribution of overwintering Nearctic migrants in the Bahamas and Greater Antilles. *Condor*, **95**, 904-933.

CAPÍTULO 2

**Relação das variáveis climáticas, de relevo e
de uso do solo com a distribuição da
abundância e da massa corpórea das aves**



Relação das variáveis climáticas, de relevo e de uso do solo com a distribuição da abundância e da massa corpórea das aves no Rio Grande do Sul

Vanda Simone da Silva Fonseca

RESUMO

Objetivo Investigar a relação de distribuição da abundância e da massa corpórea das aves com variáveis ambientais e de uso do solo no mosaico que compõem a paisagem.

Localização Estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil.

Método As aves foram identificadas taxonomicamente e quantificadas em estudos de campo e, a partir de dados bibliográficos, foi atribuída a massa corpórea para cada espécie observada. Também com base em dados bibliográficos foram obtidas, por grau de latitude e longitude, as variáveis preditoras de precipitação, temperatura, hipsometria, evapotranspiração, densidade humana, quantidade de arroz, soja e gado produzidos por hectare que, agregadas à riqueza de espécies, foram contrastadas com as variáveis resposta de abundância e massa das aves através da análise de regressão parcial associados a filtros espaciais.

Resultados Foram registradas 272 espécies de aves e uma média de 3.873 indivíduos, ± 6.040 no mosaico que compõem a paisagem no Rio Grande do Sul. A riqueza de espécies foi a única variável que contribuiu significativamente para explicar a distribuição da abundância de aves; a porcentagem de explicação do modelo foi de 61%. No contraste das variáveis preditoras com a massa corpórea, a porcentagem explicada foi de 64%, a riqueza de espécies, a densidade populacional humana e a evapotranspiração apresentaram uma relação negativa,

enquanto que a precipitação, hipsometria e a produção de arroz apresentaram uma relação positiva com o modelo.

Minhas conclusões No mosaico da paisagem formado principalmente por áreas com solo manejado pelo homem, algumas espécies são dominantes, pois se favorecem, ou deixam de ser prejudicadas na exploração de recursos, em detrimento de outras. Neste contexto de paisagem as aves de porte corpóreo mediano são predominantes, formando assim, como no padrão mundial, uma curva de distribuição da massa corpórea deslocada para a esquerda. Principalmente as espécies com massa superior a 53 g são afetadas pela alta densidade humana. Tanto que as aves de grande porte se refugiam nas áreas com maior altitude em relação ao nível do mar, onde dada as dificuldades físicas de usos e ocupação do solo ainda existem fragmentos florestais mais extensos. Também, as extensas áreas com cultivo de arroz favorecem a ocorrência de algumas espécies aquáticas de grande porte, porém estas se tornam dominantes em detrimento de outras. Desta forma, assim como constatado para outras regiões, também no Rio Grande do Sul as espécies de grande porte são vulneráveis aos impactos das atividades humanas. As medidas de manejo para proteger as espécies de grande porte, que acabam beneficiando a biodiversidade em geral, devem se concentrar no uso e ocupação do solo, pois em escala regional estas variáveis afetam mais a distribuição da abundância e da massa de aves do que as variáveis ambientais.

Palavras chave

Arroz, conservação, hipsometria, macroecologia, neotropical, ocupação do solo, população-humana, uso do solo

Introdução

A biogeografia, a ecologia, bem como a macroecologia buscam compreender os processos que regem a distribuição espacial da abundância dos indivíduos (MacArthur, 1972, Brown, 1984, 1995, Brown & Maurer, 1987, 1989, Blackburn, 2004, Smith *et al.*, 2008), bem como identificar quais os padrões ecológicos que podem ser inferidos a partir da distribuição, no tempo e no espaço, das espécies com diferentes massas corpóreas (Brown & Maurer, 1986, Gregory & Blackburn, 1995). As investigações tentam detectar as possíveis relações entre a abundância e a massa das espécies com as variáveis ambientais e os processos da ecologia de populações, tais como, nidificação e predação, que por sua vez se refletem na estrutura e composição das assembléias de aves (Brown, 1984, Brown *et al.*, 1995, Blackburn & Gaston, 1996).

A estrutura das assembléias de aves é afetada pela conversão da paisagem natural em mosaicos formados por ambientes naturais e manejados pelo homem (Robbins *et al.*, 1989, Askins *et al.*, 1990, Bender *et al.*, 1998, Gascon *et al.*, 1999, Bélisle *et al.*, 2001, Clavero & Brotons, 2001, Broadbent *et al.*, 2008, Laurance, 2008). A expansão do manejo no solo leva a uma fragmentação cada vez maior dos ambientes naturais, que traz como consequência a homogeneização da paisagem (Evans & Green, 2007, Billeter *et al.*, 2008, Herzon *et al.*, 2008). Esta alteração na paisagem interfere diretamente nos padrões de distribuição da riqueza, abundância e massa corpórea das aves (Murcia, 1995, Brown & Lomolino, 1998, Fagan *et al.*, 1999, Gascon *et al.*, 1999), pois compromete os processos básicos que regulam a sobrevivência das espécies, tais como alimentação, reprodução, entre outros (Burke & Nol, 1998, Hinsley *et al.*, 1995, Huhta *et al.*, 1998; Roberts & Normont, 1999, Billeter *et al.*, 2008, Gotelli *et al.*, 2009). A capacidade de tolerância das espécies aos impactos humanos sobre o seu nicho ecológico é o que define a sua sobrevivência e, por consequência, limitam a abundância e

distribuição geográfica das aves nos locais antropizados (Brown, 1984). Além dos efeitos da ação antrópica, os fatores evolutivos, ecológicos, morfológicos e etológicos característicos de cada espécie, aliados aos eventos estocásticos e às variáveis ambientais, atuam sobre a distribuição da diversidade de aves (Brown, 1984, Blackburn *et al.*, 1999, Maurer, 1999).

No geral as áreas com alta diversidade ocorrem porque várias espécies encontram o seu nicho ótimo em uma mesma região geográfica. O afastamento do ponto ótimo de sobrevivência de cada espécie leva a uma redução gradual na abundância dos indivíduos (Brown, 1984, 1995). Estas reduções da abundância de indivíduos deixam de ser graduais quando ocasionadas pela abrupta mudança dos ambientes que compõem a paisagem, fenômeno este que pode ser (i) natural, como, por exemplo, em ilhas oceânicas ou (ii) antrópico (Brown, 1984, Maurer, 1999, Brown & Lomolino, 2006) quando, por exemplo, um ambiente originalmente campestre é florestado. A conversão dos ambientes naturais em áreas manejadas pelo homem se reflete não só na riqueza e abundância das aves, mas também em como as espécies com diferentes massas corpóreas se distribuem no espaço e no tempo (Brown & Maurer, 1989), pois a densidade populacional das espécies é regulada pela capacidade de suporte dos ambientes que compõem a paisagem (Brown & Lomolino, 2006, Voegeli *et al.*, 2010).

A relação entre o tamanho do corpo e a densidade populacional é extensamente investigada em função das suas implicações no fluxo de energia e na estrutura ecológica das comunidades (Brown & Maurer, 1987). A densidade populacional tem correlação negativa com o tamanho corpóreo das espécies (Brown & Maurer, 1987, Damuth, 1991, Silva & Dowing, 1995). As espécies de grande porte, por exemplo, precisam de uma maior quantidade de recursos para sobreviverem do que aquelas de médio porte (Rosenzweig, 1995) e, por consequência, também necessitam de uma maior área de vida para buscar os recursos, o que as tornam

raras e mais vulneráveis à extinção (MacArthur & Wilson, 1967, Damuth, 1991, Silva & Dowing, 1995). Sendo assim, em função das dimensões da área de vida das espécies, a escala em que as investigações são conduzidas podem influenciar diretamente a possibilidade de identificar e interpretar diferentes padrões de distribuição da abundância e do tamanho do corpo das aves (Böhning-Gaese, 1997, Maurer, 1999, Mitchell *et al.*, 2001, Burns, 2004, Rahbek, 2005, Rahbek *et al.*, 2007).

As investigações processadas em uma escala local, ou seja, quando se delimita um único sítio amostral (Blackburn & Gaston, 1997), refletem uma distribuição constante das espécies semelhante à curva do coletor, pois contemplam apenas parte de uma área de vida (Peterson, 1962, Rosenzweig, 1995). As escalas (i) geográfica, que se aplica à totalidade da área de vida ocupada por uma espécie (Maurer, 1999), e a (ii) regional, que comporta uma unidade geopolítica (Blackburn & Gaston, 1997), tende a ser menos variável e a apresentar mais relações estatisticamente significativas do que investigações realizadas em escala local (Blackburn & Gaston, 1997). Em um escala geográfica a distribuição das espécies está relacionada a variáveis climáticas (Hawkins *et al.*, 2003, Rahbek *et al.*, 2007). Quando esta investigação passa para uma escala regional, a variação na riqueza de espécies torna-se complexa de ser compreendida (Rahbek *et al.*, 2007, Diniz-Filho *et al.*, 2008a, Diniz-Filho *et al.*, 2008b), pois interações ecológicas do passado e do presente, processos evolutivos, fatores bióticos e abióticos, bem como a capacidade de dispersão das espécies passam a atuar (Willis & Whittaker, 2002, Brown & Lomolino, 2006).

Visando compreender a relação entre a distribuição da abundância e a massa corpórea das aves com variáveis ambientais e de uso do solo no mosaico que compõem a paisagem foi realizada uma investigação em escala regional no Rio Grande do Sul. O estudo contemplou o estado do Rio Grande do Sul, o qual faz

divisa geopolítica com a República Argentina, Uruguia e com o estado de Santa Catarina. O estado é formado por seis regiões fitogeográficas, com ambientes com florestas, campos, áreas úmidas, entremeadas por ocupações urbanas, áreas de pecuária e agricultura. Este contexto de paisagem abriga 624 espécies (Bencke, 2001), das quais 128 se enquadram em algumas das categorias de espécies prioritárias para conservação (Fontana *et al.*, 2003).

Material e Método

Área de estudo

O Rio Grande do Sul - RS, cujo território apresenta 282.000 km², está na transição entre as zonas climáticas tropical e subtropical, na latitude média de 30° Sul. Fatores geológicos e centros de distribuição florísticos permitem distinguir no mínimo seis unidades fitogeográficas no Estado: floresta ombrófila densa, floresta estacional decidual, floresta ombrófila mista, floresta estacional semidecidual, formações pioneiras ou restingas e estepe com vegetação arbustiva (IBGE, 1986). Praticamente toda a paisagem do RS já foi alterada pela agricultura, pecuária, silvicultura e expansão urbana, restando poucos remanescentes preservados (Rambo, 1994).

Para este estudo o RS foi dividido em 41 células, cujos vértices foram definidos pelos cruzamentos entre os graus de latitude e longitude resultando em células com um grau de latitude por um grau de longitude (Fig. 1), que representam uma escala adequada para o desenvolvimento de estudos espaciais sobre a distribuição da diversidade (Diniz-Filho *et al.*, 2008a). Em cada uma destas células foi amostrada a riqueza de aves, exceto na célula 1 (27°S, 50°W), pois a reduzida área física desta célula não comportaria amostragens independentes, e na célula 6 (27°S, 55°W) porque o acesso rodoviário estava interrompido (Fig. 1).

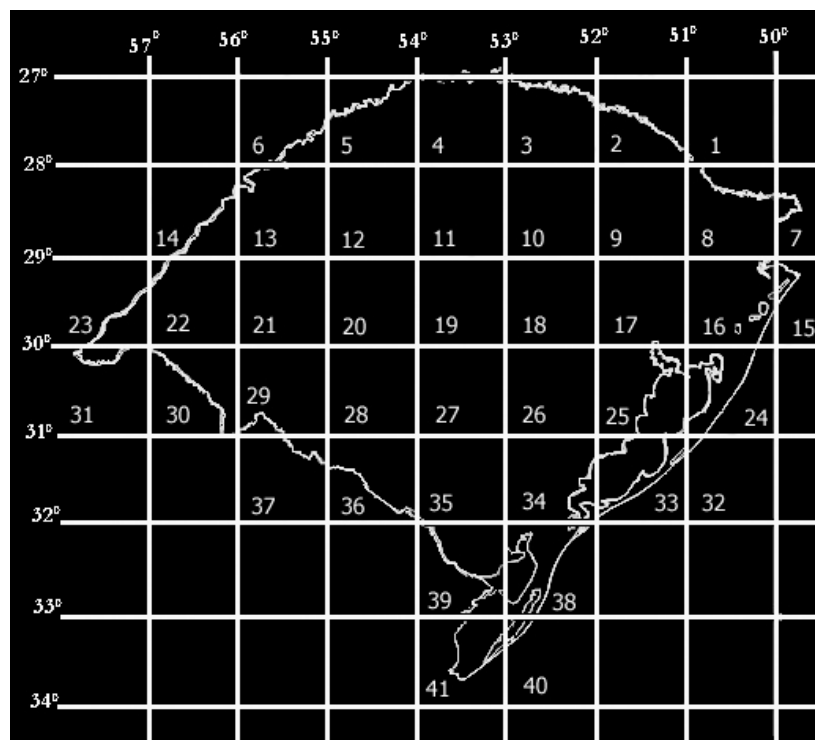


Figura 1 Área de estudo com o número de identificação de cada célula formada por um grau de latitude e longitude.

A identificação taxonômica das aves foi realizada através de observação direta ou por vocalização, ao longo das transecções e dos pontos de amostragem (Bibby *et al.*, 1997).

Foram percorridas, em cada célula, com velocidades constantes, três transecções, cada uma delas com 10 km de extensão e, a cada 2 km, foram realizadas paradas para a amostragem pontual das aves. Em cada parada as informações foram coletadas por 15 min, mas com base na curva do coletor de Krebs (1999) verificou-se que na maior parte dos ambientes aos seis minutos a maioria das espécies já havia sido observada. Portanto, para evitar a recontagem foi adotado o tempo de seis minutos de observação. No total as aves foram amostradas em 117 transecções e 585 pontos. As transecções foram percorridas de carro a uma

velocidade de 30 km/h. Realizaram os deslocamentos um condutor e um observador que, a partir do interior do veículo e com os vidros abertos, fez o registro das aves. A amostragem em cada um dos pontos foi realizada 5 min após a parada do veículo, com o observador posicionado a uma distância de aproximadamente 2 m do veículo, na margem da estrada.

Como o estudo objetivou caracterizar sistematicamente as aves no RS, contemplando o mosaico da paisagem em uma escala regional, os dois métodos de amostragem, pontos e transecções, foram usados simultaneamente. No emprego da amostragem apenas por pontos não seriam registradas 82 espécies, enquanto a amostragem apenas por transecção levaria a não detecção de 67 espécies. Sendo assim, para atender aos objetivos do estudo, se justificou o emprego de ambos os métodos.

O início e a direção de cada transecção foram sorteados entre as áreas com vegetação nativa, adjacente ao solo manejado para os mais diversos fins, como, por exemplo, agrícola, pastoril e silvícola, que compõem em maioria o mosaico da paisagem de cada célula. A definição das potenciais áreas para o início das amostragens, dentro de cada célula, foi obtida de Belton (1994), da análise conjunta das cartas de mapeamento produzidas pelo exército, de imagens geradas por satélites e, finalmente, pela conferência *in situ*. Para as amostragens foram utilizadas estradas com pouca trafegabilidade, caracterizadas por não apresentarem pavimento, por serem constituídas por uma única via de rolamento e que não comportavam espacialmente a passagem simultânea de dois veículos. Cada transecção teve uma distância mínima de 1.500 m entre si.

Antes da amostragem foi realizado um diagnóstico prévio em cada célula para o reconhecimento da riqueza local das aves e a fim de preparar o observador para a identificação taxonômica expedita durante as atividades sistematizadas. Para isso,

foi adotado o método de busca aleatória nos pontos preferenciais de ocorrência das espécies. Estes resultados de busca ativa pelas espécies não foram computados nos resultados sistematizados.

Todas as observações sistematizadas foram realizadas predominantemente durante o verão, compreendendo os meses de novembro e dezembro de 2008, janeiro, fevereiro e março de 2009. Esta prática de amostragem predominantemente durante os meses de verão visou minimizar a influência da sazonalidade sobre a riqueza e detectabilidade das aves (Anderson *et al.*, 1981). Não foram realizadas observações nas horas mais quentes do dia, quando as aves estão menos conspícuas, assim como nos dias com chuva intensa e intermitente ou com vento forte (Jones, 1998).

Foi calculada a média para a riqueza e para a abundância das aves decorrentes das transecções e dos pontos amostrados em cada uma das células, o que compôs os valores riqueza e a abundância de aves por unidade amostral.

Cada espécie observada teve a sua massa corpórea, em gramas, atribuída com base nas informações bibliográficas de Belton (1994) e Dunning (1992).

Para cada célula foram compiladas as seguintes informações ambientais (i) precipitação média anual medida em milímetros (ii) média anual da temperatura ambiente, medida em graus Celsius (iii) hipsometria média, medida em metros a partir do nível do mar (Secretaria de Minas e Energia do Rio Grande do Sul, 2002), e (iv) média anual de evapotranspiração, medida em milímetros (IBGE, 1986). Também foram compiladas as seguintes informações de uso e ocupação do solo: (i) densidade da população humana, quantidade de (ii) soja, (iii) arroz e (iv) gado bovino produzidos por hectare em cada célula (Secretaria do Planejamento e Gestão, 2008). Estas são culturas agropastoris economicamente significativas na

produção do Rio Grande do Sul (Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio, 2010).

Análise estatística

A abundância média de indivíduos e a massa média de aves foram tratadas individualmente como variáveis respostas em uma análise de contraste onde a riqueza média de aves, a precipitação média anual, a temperatura, a velocidade do vento, a hipsometria, a evapotranspiração, a densidade da população humana, a produção de arroz, de soja e a criação de gado por hectare em cada célula foram tratadas como variáveis preditoras.

As variáveis cuja distribuição não estava dentro da curva de Gauss, a qual foi avaliada através do teste de Kolmogorov-Smirnov, sofreram transformações logarítmicas para atingir a normalidade, foram elas: abundância, massa, riqueza de aves, densidade da população humana, produção de arroz, soja e gado por hectare.

O contraste entre cada uma das variáveis resposta com as variáveis preditoras foi feito através da análise de regressão parcial, associada a filtros espaciais para o controle da autocorrelação espacial. A autocorrelação é comum em dados ecológicos, o que maximiza a chance de ocorrer o erro estatístico do tipo I, tendo em vista que inflaciona os graus de liberdade das análises (Legendre & Legendre, 1998, Diniz-Filho *et al.*, 2003).

Os filtros espaciais são tratados como novas variáveis ortogonais que capturam em diferentes escalas a geometria espacial das células que cobrem a área de estudos. Estes filtros incorporados como variáveis preditoras permitem um contraste cujo resultado fica livre das tendências causadas pela autocorrelação espacial (Diniz-Filho & Bini, 2005). Os filtros empregados como variáveis preditoras nos contrastes

foram seccionados com base nos seguintes critérios: (i) maximizar o coeficiente de correlação da regressão múltipla; (ii) minimizar o resíduo da autocorrelação espacial que foi quantificado a partir dos resultados do Índice de Moran (Legendre & Legendre, 1998; Diniz-Filho *et al.*, 2003; Rangel *et al.*, 2006) e (iii) obter uma significativa correlação entre a variável resposta e cada um dos filtros selecionados (Diniz-Filho *et al.*, 1998).

Os filtros selecionados para cada uma das variáveis respostas foram contrastados juntamente com as variáveis preditoras através da análise de regressão parcial. Esta análise permitiu estabelecer individualmente a variação espacial da abundância e da massa das aves independente das variáveis ambientais (Legendre & Legendre, 1998). Os dados desta análise foram gerados com estrutura espacial expressa em graus de latitude e longitude e a sua expansão polinomial em terceira ordem.

Visando obter o melhor modelo para explicar a distribuição da abundância e da massa das aves foi testada a otimização do número de variáveis preditoras no contraste realizado através da análise de regressão parcial. Para isso, as variáveis foram incluídas uma a uma nas análises (*forward*). Foram adotados os seguintes critérios para obter o melhor modelo: (i) maximizar o coeficiente de correlação da regressão múltipla (r^2), (ii) minimizar o resíduo da autocorrelação espacial, (iii) obter uma correlação significativa entre a variável resposta e as preditoras e (iv) obter o menor valor de Akaike (AIC) (Diniz-Filho & Bini, 2005).

A diversidade de espécies em cada grau de latitude e longitude foi avaliada a partir do índice de diversidade de Shannon-Wiener não padronizado (Krebs, 1999).

As análises estatísticas envolvendo variação espacial foram executadas através do programa *Spatial Analysis in Macroecology* (SAM), versão 3.0 (Rangel, *et al.* 2006).

Resultados

Foram identificadas taxonomicamente 272 espécies de aves e uma média de 3.873 indivíduos, ± 6.040 nas 39 células amostradas. A célula que concentrou a maior abundância de aves foi na coordenada 56°S, 30°W, na região de Quaraí, bem como aquelas ao sudeste, próximas ao litoral e ao cordão de lagoas costeiras. Nas demais regiões que compõem a paisagem predominam áreas com baixa a média abundância de aves (Fig. 2).

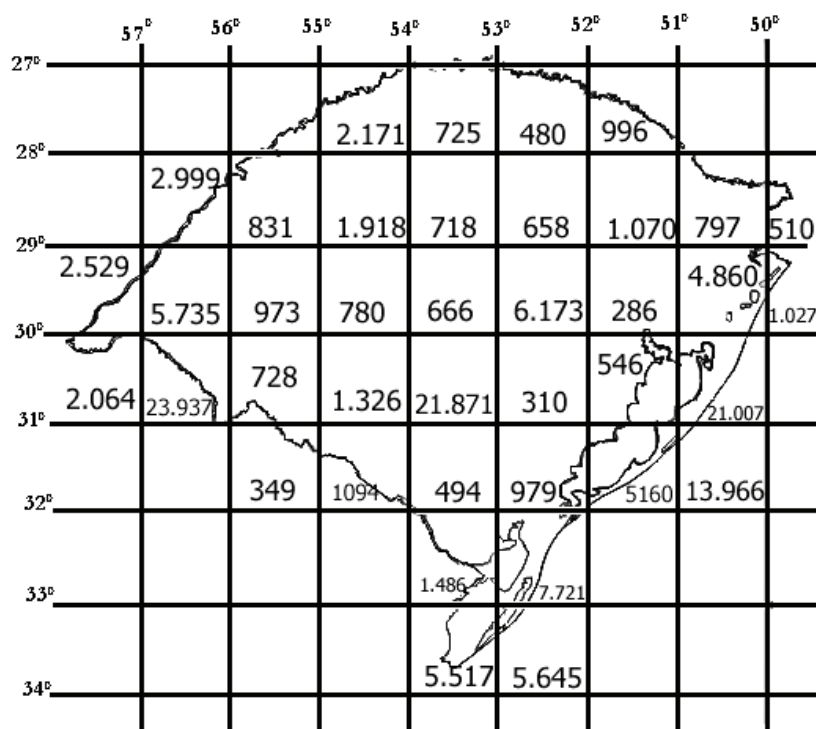


Figura 2 Distribuição da abundância média de aves em cada célula amostrada no Rio Grande do Sul.

O contraste das variáveis preditoras com a abundância de espécies explicou 62% do modelo, mas não apresentou uma relação significativa ($F = 1,637$, $P = 0,146$). As nove variáveis preditoras contribuíram em 22% para a compreensão da variação na distribuição da abundância, a variação espacial explicou 28% do

modelo e a interação entre ambas 12% (Tabela 1). O modelo otimizado explicou 64% da variação, através de uma relação significativa ($F = 2,628$, $P = 0,018$). A riqueza de espécies foi a única variável que contribuiu significativamente ($b = -0,41$, $P = 0,03$) para explicar o modelo (Tabela 1). As variáveis preditoras explicaram 20% da distribuição das aves, a variação espacial 21% e a interação entre ambas também 20%, o que totaliza 61%.

Tabela 1 Coeficientes padronizados da análise de regressão parcial (b) para o modelo completo e otimizado, resultantes do contraste das variáveis preditoras agregadas aos filtros espaciais para a abundância de espécies, seguidos do erro padrão ($\pm$), os resultados do teste t , o coeficiente de determinação do modelo (r^2 modelo), coeficiente de determinação das variáveis preditoras (r^2 variáveis preditoras), coeficiente de determinação da variação espacial (r^2 variação espacial), coeficiente de determinação da interação entre variáveis preditoras e a variação espacial (r^2 interação), bem como o percentual da variação não explicado e o resultado do critério de Akaike (AIC).

Variáveis	Completo			Otimizado		
	B	$\pm$	t	b	$\pm$ se	t
Precipitação	-0,43	0,002	-1,28	-0,418	0,002	-1,440
Temperatura	-0,50	0,295	-1,06	-0,440	0,187	-1,470
Hipsometria	-0,14	0,003	-0,28	-	-	-
Evapotranspiração	0,18	0,238	0,64	-	-	-
Densidade humana	-0,12	0,499	-0,55	-	-	-
Produção de arroz	-0,28	0,481	-0,94	0,020	0,390	-0,850
Produção de soja	-0,13	0,393	-0,52	-	-	-
Produção de gado	0,006	0,431	0,03	-	-	-
Riqueza espécie	0,30	14,16	1,97	- 0,41	12,17	2,205*
r^2 modelo	62%			61%		
r^2 (a) variáveis preditoras	22%			20%		
r^2 (b) variação espacial	28%			21%		
r^2 interação entre a e b	12%			20%		
Variação não explicada	38%			40%		
AIC	186			148		

* $P < 0,05$

A distribuição da diversidade calculada através do índice de Shannon-Wiener apresentou uma média de $1,42, \pm 0,30$, porém sua distribuição não foi uniforme. Os pontos com menor diversidade foram nos campos agrícolas da região sudoeste e sudeste, onde predomina o cultivo de arroz, enquanto os de maior diversidade, acima de 1,7, situaram-se junto ao oceano Atlântico e ao cordão de lagoas costeiras no sul e na divisa com o a Reserva de Missiones, noroeste do Rio Grande do Sul (Fig. 3).

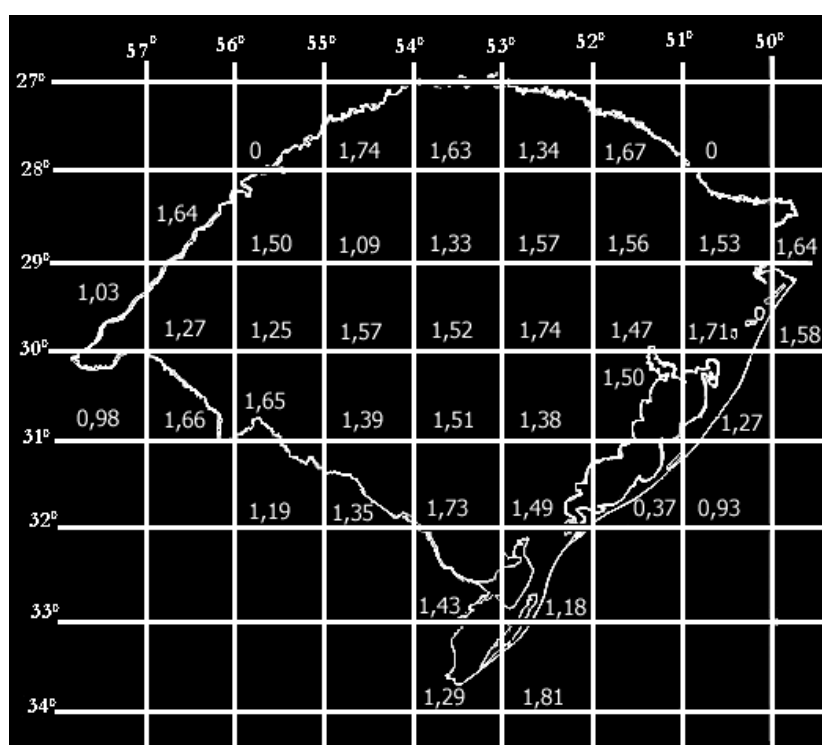


Figura 3 Índice de Shannon-Wiener para a diversidade de aves no Rio Grande do Sul.

As células com a maior concentração de aves com grande porte ocorreu no sul do Estado (Fig 4), próximo ao cordão de lagoas costeiras, onde o uso do solo predominante é o cultivo de arroz. Nas demais áreas predominaram a ocorrência de espécies com porte médio a pequeno.

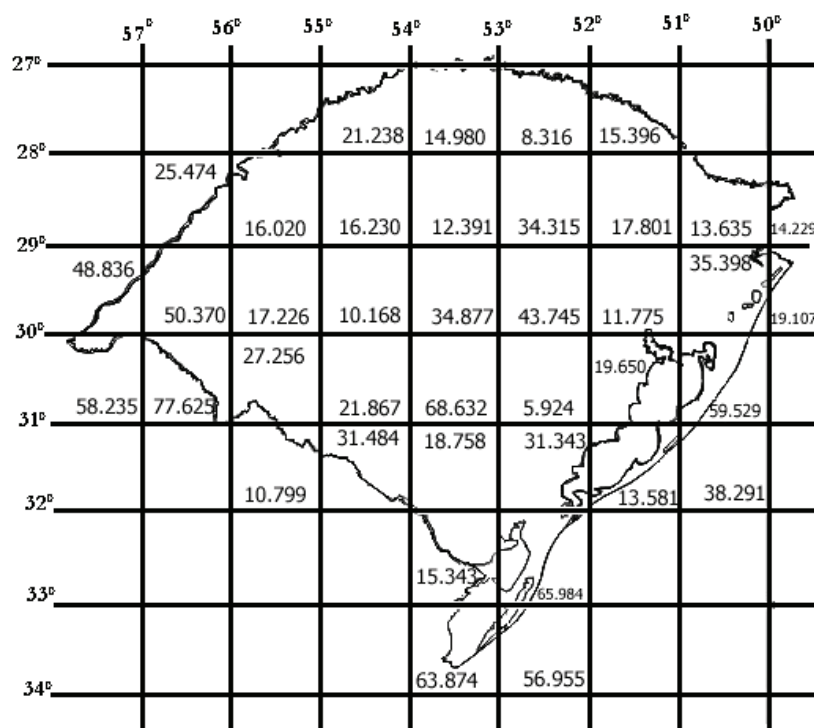


Figura 4 Distribuição da massa média em gramas das aves em cada célula amostrada no Rio Grande do Sul.

O contraste das variáveis preditoras com a massa das espécies explicou 65% do modelo, porém esta relação não foi significativa ($F = 1,897$, $P = 0,087$). As variáveis preditoras explicaram 45% do modelo, a variação espacial 32% e a interação entre ambas 12% (Tabela 2). No modelo otimizado, que resultou do contraste entre sete variáveis preditoras e massa média de aves, foi encontrada uma relação significativa ($F = 2,247$, $P = 0,039$), com uma capacidade de explicação de 64%. As variáveis preditoras explicaram 44% do modelo, a variação espacial 31% e a interação entre ambas 11%. A riqueza de espécies ($b = -0,368$, $P = 0,032$), a densidade populacional humana ($b = -0,470$, $P = 0,024$) e a evapotranspiração ($b = -0,589$, $P = 0,015$) apresentaram uma relação negativa, enquanto que a precipitação ($b = 0,992$, $P = 0,018$); a hipsometria ($b = 0,933$, P

= 0,005) e a produção de arroz ($b = 0,604$, $P = 0,023$) apresentaram uma relação significativa com o modelo (Tabela 2).

Tabela 2 Coeficientes padronizados da análise de regressão parcial (b) para o modelo completo e otimizado resultantes do contraste das variáveis preditoras agregadas aos filtros espaciais com a massa de aves seguidos do erro padrão ($\pm$) e os resultados para o teste t , o coeficiente de determinação do modelo (r^2 modelo), coeficiente de determinação das variáveis preditoras (r^2 variáveis preditoras), coeficiente de determinação da variação espacial (r^2 variação espacial), coeficiente de determinação da interação entre variáveis preditoras e a variação espacial (r^2 interação), bem como o percentual da variação não explicada e o critério de Akaike (AIC).

Variáveis	Completo			Otimizado		
	b	$\pm$	t	b	$\pm$	t
Precipitação	0,041	0,003	2,860*	0,992	0,003	2,739*
Temperatura	0,699	0,369	-1,578	0,646	0,351	1,678
Hipsometria	1,173	0,004	2,510*	0,933	0,004	2,258*
Evapotranspiração	-0,602	0,458	-2,269*	-0,589	0,002	-2,580*
Densidade humana	0,473	0,677	-2,268*	-0,470	-	-2,466*
Produção de arroz	0,681	0,622	2,387*	0,604	0,597	2,433*
Produção de soja	-0,014	0,558	-0,056	-	-	-
Produção de gado	-0,170	0,689	-0,680	-	-	-
Riqueza	-0,289	0,698	-1,415*	-0,368	4,807	-2,312*
r^2 modelo	65%			64%		
r^2 (a) variáveis preditoras	45%			44%		
r^2 (b) variação espacial	32%			31%		
r^2 interação entre a e b	- 12%			- 11%		
Variação não explicada	34%			35%		
AIC	211			194		

* $P < 0,05$

A distribuição da massa em escala logarítmica ao longo da riqueza de aves resultou em uma curva deslocada para a esquerda (Fig. 5), cuja mediana é de 53 gramas.

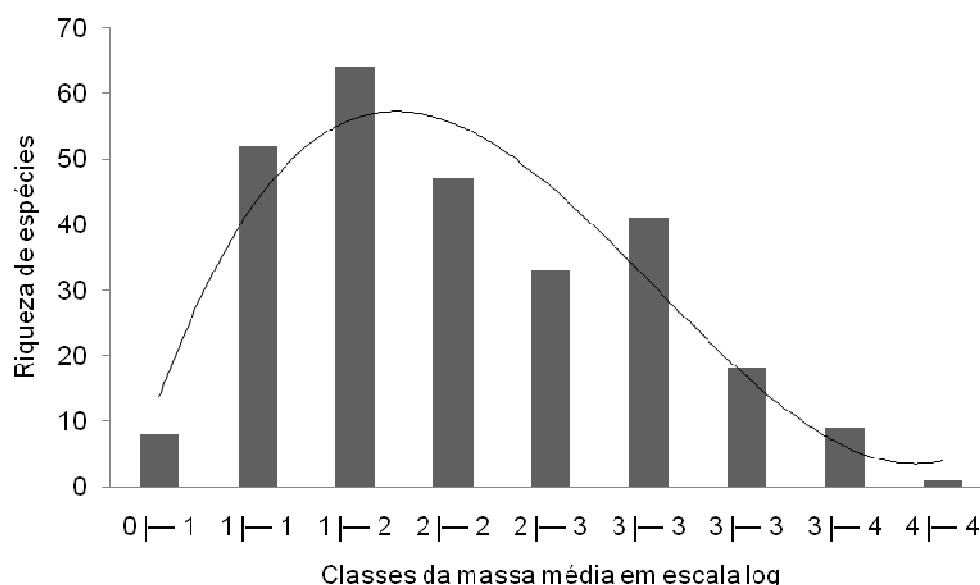


Figura 5 Distribuição das classes da massa média em escala logarítmica em função da riqueza de aves no Rio Grande do Sul.

Discussão

No mosaico de ambientes que compõem a paisagem no Rio Grande do Sul a distribuição da abundância de aves é parcialmente explicada pela relação negativa com a riqueza de espécies. Esta relação negativa é decorrência do domínio de algumas espécies que apresentam um grande número de indivíduos em detrimento de outras, em parte dos pontos amostrados. Este desequilíbrio nas assembléias de aves é uma consequência dos mosaicos da paisagem formados por áreas preservadas e manejadas pelo homem (Robbins *et al.*, 1989, Askins *et al.*, 1990, Bender *et al.*, 1998, Gascon *et al.*, 1999, Bélisle *et al.*, 2001, Clavero & Brotons, 2001). A redução dos ambientes naturais ocasionada pelas profundas modificações da composição e da configuração da paisagem, tais como a divisão de habitat em fragmentos circundados por matrizes agrícolas, florestamento ou mesmo pela expansão urbana afeta a estrutura das comunidades de aves (Hoover *et al.*, 1995, Robinson *et al.*, 1995, Weinberg & Roth, 1998, Villard *et al.*, 1999). A

alteração nas comunidades acontece porque algumas espécies são mais resistentes do que outras aos impactos ambientais sobre a competição, a predação, a alimentação e a nidificação (Villard *et al.*, 1993, Burke & Nol, 1998, Hinsley *et al.*, 1995, Huhta *et al.*, 1998, Roberts & Norment, 1999, Billeter *et al.*, 2008). Esta resistência aos impactos é o que acaba favorecendo a dominância de algumas espécies em detrimento de outras (Lee *et al.*, 2002, Marini & Garcia, 2005). A dominância de algumas espécies foi atestada, por exemplo, pelos baixos valores do índice de diversidade, principalmente nas áreas agrícolas no sudoeste do Rio Grande do Sul, onde, no mosaico da paisagem, predomina o cultivo de arroz.

A variação espacial dos ambientes que compõem o mosaico da paisagem é tão importante quanto as variáveis preditoras e a interação entre ambas para compreender a distribuição da abundância das aves. Nesta variação espacial ficam implícitas as características da paisagem típicas de cada grau de latitude e longitude (Diniz-Filho & Bini, 2005) e ou de áreas adjacentes capazes de influenciar a distribuição da abundância. Antagônica à realidade constatada no sudoeste da área amostrada, onde as células com cultivo de arroz concentram o menor valor de diversidade, as áreas próximas à divisa política do Brasil com a República Argentina, que abriga a reserva biológica de Misiones, concentra um dos maiores valores de diversidade, exemplificando, assim, como a variação espacial da paisagem nos diferentes graus de latitude e longitude contribui para explicar parte da distribuição das aves.

A distribuição da massa corpórea também é uma característica morfológica indicativa de como os mosaicos da paisagem criados pelo homem afetam a estrutura das comunidades de aves (Christiansen & Pitter, 1997, Renjifo, 1999, Fischer *et al.*, 2008). A relação negativa entre riqueza e massa, constatada no Rio Grande do Sul, mostra que predominam espécies com um porte corpóreo de

pequeno a médio, ou seja, com menos de 53 g. No Rio Grande do Sul 128 espécies de aves são classificadas em alguma categoria de prioridade para a conservação e duas são regionalmente extintas (Fontana *et al.*, 2003). Entre as espécies prioritárias 90% têm massa corpórea superior aos 53 g, que é a mediana das aves no mosaico da paisagem no Rio Grande do Sul. Sendo assim, a frequência de distribuição da massa corpórea das aves forma uma curva deslocada para a esquerda, semelhante ao padrão mundial, em que a mediana é de 37,6 g (Blackburn & Gaston, 1994), evidenciando o predomínio das espécies de aves com menor porte corpóreo (Blackburn & Lawton, 1994). No Rio Grande do Sul a mediana se assemelha aos 53,45 g registradas para a África do Sul (Greve *et al.*, 2008) o que é maior do que o padrão global. O predomínio das espécies de menor porte corpóreo é uma consequência da formação de mosaicos com uma escassez das áreas de vida ecologicamente viáveis para as espécies de grande porte (Collar *et al.*, 1992, Stotz *et al.*, 1996).

A expansão humana inevitavelmente leva à perda de habitat, principalmente para as espécies de grande porte (Fontana *et al.*, 2003), como por exemplo, a águia-chilena, *Buteo melanoleucus*, cuja massa corpórea é de 2.252 g e que foi registrada no nordeste da área amostrada onde a densidade humana é baixa. Esta espécie, que ocupa áreas de campo entremeadas por morros e árvores esparsas (Belton, 1994), figura como vulnerável para a conservação em decorrência dos efeitos da perda de habitat (Fontana *et al.*, 2003). No Rio Grande do Sul os efeitos da ação humana sobre as aves de maior porte é confirmada pela (i) relação negativa entre a alta densidade da população humana e a distribuição das aves de grande porte e pela (ii) relação positiva entre hipsometria e a distribuição destas aves.

As áreas com alta densidade humana apresentam uma modificação tão profunda do ambiente natural que se torna impossível manter as características da paisagem

necessárias para comportar todas as dimensões do nicho ecológico das espécies de grande porte. Por exemplo, o pica-pau-rei, *Campephilus robustus*, cuja massa é de 200 g, figura como ameaçada (Fontana *et al.*, 2003) e sobrevive apenas nas áreas com floresta estacional e ombrófila mista, que se estendem por várias regiões no Rio Grande do Sul (Belton, 1994). No entanto esta espécie foi registrada apenas no extremo nordeste do Rio Grande do Sul, onde a densidade humana é baixa, pois é uma região formada por escarpas. As áreas, como a exemplificada, próximas a acentuados desníveis (*canyons*), têm uma baixa densidade humana, dada às dificuldades físicas de uso e ocupação do solo e porque são protegidas por lei (Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, atualizada pela lei Nº 7.803 de 18 de julho de 1989). Estes dois aspectos, (i) difícil manejo do solo e (ii) proteção legal, levam estas áreas a terem uma baixa densidade humana o que lhes confere uma maior cobertura florestal. Estas áreas com floresta comportam algumas das espécies adaptadas a estes ambientes, que têm um maior porte, elucidando o que é atestado pela relação positiva entre a distribuição das aves de grande porte e a altitude. Sendo assim, o padrão registrado para a escala continental da região tropical, que preconiza que as espécies de maior porte se refugiam nas áreas com maior altitude (Orme *et al.*, 2006), também se aplica em escala regional no Rio Grande do Sul.

As aves de grande porte não apresentam uma dependência direta das áreas com maior produtividade, o que é expresso pela relação inversa com a evapotranspiração, pois as aves de grande porte, quando comparadas às de médio porte, no geral têm populações com baixa densidade de indivíduos e amplas áreas de vida (Brown, 1984, Brown & Maurer, 1987, 1989, Brown, 1995, Blackburn *et al.*, 1999, Brown & Lomolino, 2006). Com isso, estas espécies não se concentram nas áreas com alta produtividade (Brown & Maurer, 1989, Blackburn, *et al.* 1999, Blackburn & Ruggiero, 2001).

O arroz produzido por hectare apresenta uma relação positiva com a distribuição das aves de grande porte. Esta relação é sustentada por dois aspectos: (i) no Rio Grande do Sul são plantados cerca de 10.653,75 Km² de arroz (Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio, 2010), representando 4% do território, o que denota grandes extensões de cultivo, e (ii) porque o Rio Grande do Sul é uma região rica em aves aquáticas quando comparada ao restante do país (Belton, 1994), e estas aves apresentam maior massa corpórea do que as espécies terrestres (Blackburn & Gaston, 1994). Nas extensas áreas com cultivo de arroz as aves encontram fontes cíclicas de alimento (Day & Colwell, 1998, Colwell & Taft, 2000, Czech & Parsons, 2002, Dias & Burger, 2005) e, através dos canais e das quadras de arroz inundadas, encontram matrizes permeáveis que permitem a conexão com os remanescentes de ecossistemas naturais (Guadagnin & Maltchik, 2007). Mesmo com esta alteração na paisagem que favorece a ocorrência de aves com maior porte corpóreo, apenas algumas espécies se beneficiam deste recurso, tanto que muitas das áreas amostradas apresentaram baixos valores do índice de diversidade, atestando que o cultivo de arroz não é um substitutivo às áreas naturais para a preservação da diversidade.

Desta forma, assim como constatado para outras regiões (Brown, 1984, Blackburn & Gaston, 1997), também no Rio Grande do Sul as espécies de grande porte são vulneráveis aos impactos da expansão humana. As medidas de manejo para proteger as espécies de grande porte, que acabam beneficiando a biodiversidade no geral, devem se concentrar no uso e ocupação do solo, pois em escala regional estas variáveis afetam mais a distribuição da abundância e da massa de aves do que as variáveis ambientais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/PROSUP (Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares) pela concessão da bolsa de doutorado, ao Doutor Marco Aurélio Pizo pela orientação no desenvolvimento dos estudos e revisão do manuscrito e aos diretores da BioImagens Consultoria Ambiental Ltda. pelo custeio das despesas para a execução das atividades de campo.

REFERÊNCIAS

- Anderson, B.E., Ohmart, R.D. & Rice, J. (1981) Seasonal changes in avian densities and diversities. *Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology* (Ralph, C.J. & Scott, M.), n 6. Cooper Ornithological Society, Lawrence, Kansas.
- Askins, R.A., Lynch, F.J. & Greenberg, R. (1990) Population declines in migratory birds in eastern North America. *Current Ornithology*, **7**, 1-57.
- Bélisle, M., Desrochers, A. & Fortin, M.J. (2001) Influence of forest cover on the movements of forest birds: a homing experiment. *Ecology*, **82**, 1893-1904.
- Belton, W. 1994. *Aves do Rio Grande do Sul: distribuição e biologia*. Editora Unisinos, São Leopoldo.
- Bencke, G.A. (2001) *Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul*. Ed. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Bender, D.J., Contreras, T.A. & Fahrig, L. (1998) Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. *Ecology*, **79**, 517-533.
- Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. (1997) *Bird census techniques*. Academic Press, London.
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., Baudry, J., Bukacek, R., Burel, F., Cerny, M., De Blust, G., De Cock, R., Diekotter, T., Dietz, H., Dirksen, J., Dormann, C., Durka, W., Frenzel, M.,
- 65

- Hamersky, R., Hendrickx, F., Herzog, F., Klotz, S., Koolstra, B., Lausch, A., Le Coeur, D., Maelfait, J.P., Opdam, P., Roubalova, M., Schermann, A., Schermann, N., Schmidt, T., Schweiger, O., Smulders, M.J.M., Speelmans, M., Simova, P., Verboom, J., van Wingerden, W.K.R.E., Zobel, M. & Edwards, P.J. (2008) Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology*, **45**, 141-151.
- Blackburn, T.M. (2004) Method in macroecology. *Basic and Applied Ecology*, **5**, 401-412.
- Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (1994) The distribution of body size of the world's bird species. *Oikos*, **70**, 127-130.
- Blackburn, T.M. & Lawton, J.H. (1994) Population abundance and body size in animal assemblages. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **B343**, 33-39.
- Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (1996) Spatial patterns in the body size bird in the New World. *Oikos*, **77**, 436-446.
- Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (1997) A critical assessment of the form of the interspecific relationship between abundance and body size in animal. *Journal of Animal Ecology*, **66**, 233-249.
- Blackburn, T.M., Gaston, K.J. & Loder, N. (1999) Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann's rule. *Diversity and Distribution*, **5**, 165-174.
- Blackburn, T.M. & Ruggiero, A. (2001) Latitude, elevation and body mass variation in Andean passerine birds. *Global Ecology and Biogeography*, **10**(3), 245-259.
- Böhning-Gaese, K. (1997) Determinants of avian species richness at different special scales. *Journal of Biogeography*, **24**, 49-60.
- Broadbent, E.N., Asner, G.P., Keller, M., Knapp, D.E., Oliveira, P.J.C. & Silva, J.N. (2008) Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, **141**, 1745-1757.
- Brown, J.H. & Lomolino, M.V. (2006) *Biogeografia*. 2ªed. FUNPEC, Ribeirão Preto.

- Brown, J.H. (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, **124**, 255-279.
- Brown, J.H. & Maurer, B.A. (1986) Body size, ecological dominance and Cope's rule. *Nature*, **324**, 248-250.
- Brown, J.H. & Maurer, B.A. (1987) Evolution of species assemblage: effects of energetic constraints and species dynamics on the diversification of the North American avifauna. *American Naturalist*, **130**, 1-17.
- Brown, J.H. & Maurer, B.A. (1989) Macroecology: the division of food and space among species on continents. *Science*, **243**, 1145-1150.
- Brown, J.H. (1995) *Macroecology*. University of Chicago Press, Chicago.
- Brown, J.H. Mehlman, D.W. & Stevens, G.C. (1995) Spatial variation in abundance. *Ecology*, **76**, 2028-2043.
- Burke, D.M & Nol, E. (1998) Influence of food abundance, nest-site habitat, and forest fragmentation on breeding ovenbirds. *Auk*, **115**, 96-104.
- Burns, K.C. (2004) Scale and macroecological patterns in seed dispersal mutualisms. *Global Ecology and Biogeography*, **13**, 289-293.
- Christiansen, M.B. & Pitter, E. (1997) Species loss in a forest bird community near Lagoa Santa in southeastern Brazil. *Biological Conservation*, **80**, 23-32.
- Clavero, M. & Brotons, L. (2001) Functional homogenization of bird communities along habitat gradients: accounting for niche multidimensionality. *Global Ecology and Biogeography*, **19**, 684-696.
- Collar, N.J., Gonzaga, L.P., Krabbe, N., Madroño-Nieto, A., Naranjo, L.G., Parker Iii, T.A. & Wege, D.C. (1992) *Threatened birds of the Americas: the ICBP/IUCN Red Data Book*. International Council for Bird Preservation, Cambridge.
- Colwell, M.A. & Taft, O.W. (2000) Waterbird communities in managed wetlands of varying water depth. *Waterbirds*, **23**, 45-55.
- Czech, H.A & Parsons, K.C. (2002) Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds*, **25**, 56-65.

- Damuth, J. (1991) Population density and body size in mammals. *Nature*, **290**, 699-700.
- Day, J.H. & Colwell, M.A. (1998) Waterbird communities in rice fields subjected to different post-harvest treatments. *Colonial Waterbirds*, **21**, 185-197.
- Dias, R.A. & Burger, M.I. (2005) A assembléia de aves de áreas úmidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil. *Ararajuba*, **13**(1), 63-80.
- Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M. (2005) Modeling geographical patterns in species richness using eigvector-based spatial filters. *Global Ecology and Biogeography*, **14**, 177-185.
- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M. & Hawkins, B.A. (2003) Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, **12**, 53-64.
- Diniz-Filho, J.A.F., Rangel, T.F.L.V.B. & Bini, L.M. (2008a) Model selection and information theory in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, **17**(4), 479-488.
- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M., Vieira, M.C., Blamires, D., Terribile, L.C., Bastos, R.P., Oliveira, G. de & Oliveira, G. de. (2008b) Spatial patterns of terrestrial vertebrates species richness in the Brazilian Cerrado. *Zoological*, **47**, 146-157.
- Dunning, Jr. J.B. (1992) *CRC handbook of avian body masses*. CRC Press, London.
- Evans, A.D. & Green, R.E. (2007) An example of a two-tiered agri-environment scheme designed to deliver effectively the ecological requirements of both localised and widespread bird species in England. *Journal of Ornithology*, **148**, 279-286.
- Fagan, W.F., Cantrell, R.S. & Cosner, C. (1999) How habitat edges change species interactions. *American Naturalist*, **153**, 165-182.
- Fischer, J., Lindenmayer, D.B. & Montague-Drake, R. (2008) The role of landscape texture in conservation biogeography: a case study on birds in south-eastern Australia. *Diversity and Distributions*, **14**(1), 38-46.

- Fontana, C.S., Bencke, G.A. & Reis, R.E. (2003) *Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul*. Edipucrs, Porto Alegre.
- Gascon, C., Lovejoy, E.T., Bierregaard Jr., R.O., Malcolm, J.R., Stouffer, P.C., Vasconcelos, H.L., Laurance, B.Z., Tocher, M., & Borges, S. (1999) Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation*, **91**, 223-229.
- Gotelli, N.J., Anderson, M.J., Arita, H.J., Chao, A., Colwell, R.K., Connolly, S.R., Currie, D.J., Dunn, R.R., Graves, G.R., Green, J.L., Grytnes, J.A., Jiang, Y.H., Jetz, W., Lyons, K.S., McCain, C.M., Magurran, A.E., Rahbek, C., Rangel, T.F.L.V., Soberón, J., Webb, C.O. & Willing, M.R. (2009) Patterns and causes of species richness: a general simulation model for macroecology. *Ecology Letters*, **12**, 873-886.
- Gregory, R.D. & Blackburn, T.M. (1995) Abundance and body size in British birds: reconciling regional and ecological densities. *Oikos*, **71**, 151-154.
- Greve, M., Gaston, K.J., van Rensburg, B.J. & Chown, S.L. (2008) Environmental factories, regional body size distribution and spatial variation in body size of local avian assemblage. *Global Ecology and Biogeography*, **17**, 514-523.
- Guadagnin, D.L. & Maltchik, L. (2007) Habitat and landscape factors associated with neotropical waterbird occurrence and richness in wetland fragments. *Biodiversity and Conservation*, **16**, 1231-1244.
- Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guegan, J.F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Obedorff, T., O'Brien, M.E., Porter, E.E. & Turner, J.R.G. (2003) Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, **84**, 3105-3117.
- Herzon, I., Ainārs, A., Jaanus, E. & Zydrunas, P. (2008) Intensity of agricultural land-use and farmland birds in the Baltic States. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **125**, 93-100.
- Hoover, J.P., Brittingham, M.C. & Goodrich, L.J. (1995) Effects of forest patch size on nesting success of Wood Thrushes. *Auk*, **112**, 146-155.

- Hinsley, S.A., Bellamy, P.E., Newton, I. & Sparks T.H. (1995) Habitat and landscape factors influencing the presence of individual breeding bird species in woodland fragments. *Journal of Avian Biology*, **26**, 94-104.
- Huhta, E., Jokimaki, J. & Helle, P. (1998) Predation on artificial nests in a forest dominated landscape the effects of nest type, patch size and edge structure. *Ecography*, **21**, 464-471.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE. (1986) *Projeto Radam Brasil*. Vol. 33. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/FIBGE, Rio de Janeiro.
- Jones, M. (1998) Study designs. *Expedition field techniques bird surveys* (Bibby, C., Jones, M. & Marsden, S.) Published by the Expedition Advisory Center, London.
- Krebs, C.J. (1999) *Ecological methodology*. Ed. Menlo Park, Benjamin and Cummings.
- Laurance, W.F. (2008) Theory meets reality: how habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation*, **141**, 1731-1744.
- Lee, M., Fahrig, L., Freemark, M. & Currie D.J. (2002) Importance of patch scale vs landscape scale on selected forest birds. *Oikos*, **96**, 110-118.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- MacArthur, R.P. (1972) *Geographical ecology: Patterns in the distribution of species*. Princeton University Press, New Jersey.
- Marini, M.Â. & Garcia, F.I. (2005) Bird conservation in Brazil. *Conservation Biology*, **19**, 665–671.
- Maurer, B.A. 1999. The evolution of body size in bird. I. Evidence for non-random diversification. *Evolutionary Ecology*, **12**, 127-139.

- Mitchell, M.S., Lancia R.D. & Gerwin, J.A. (2001) Using landscape-level data to predict the distribution of birds on managed forest: Effects of scale. *Ecological Applications*, **1**(6), 1692-1708.
- Murcia, C. (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, **10**, 58-62.
- Orme, C.D.L., Davies, R.G., Olson, V. A., Thomas, G.H., Ding, T.S, Rasmussen, P. C., Ridgely, R.S., Stattersfield, A. J., Bennett, P.M., Owens, I.P.F., Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (2006) Global pattern geographic range size in birds. *PlosBiology*, **4**(7), 1276-1283.
- Peterson, F.W. (1962) The canonical distribution of commonness and rarity: part I. *Ecology*, **43**, 185-215.
- Rahbek, C. (2005) The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters*, **8**, 224-239.
- Rahbek, C., Gotelli, N.J., Colwell, R.K., Entsminger, G.L., Rangel, T.F.L.V.B. & Graves, G.R. (2007) Predicting continental-scale patterns of bird species richness with spatially explicit models. *Proceedings of the Royal Society London B*, **274**, 165-174.
- Rambo, B. 1994. *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. 3ªed. Ed. Unisinos, São Leopoldo.
- Rangel, T.F.L.V.B, Diniz-Filho, J.A.F & Bini, L.M. (2006) Towards an integrated computational tool for spatial analysis in macroecology and biogeography. *Global Ecology and Biogeography*, **15**, 321-327.
- Renjifo, L.M. (1999) Composition changes in a subandean avifauna after long-term forest fragmentation. *Conservation Biology*, **13**, 1124-1139.
- Robbins, C.S., Dawson, D.K. & Dowell, B.A. (1989) Area requirements of forest birds. *Wildlife Monographs*, **103**, 1-34.
- Roberts, C. & Norment, C.J. (1999) Effects of plot size and habitat characteristics on breeding success of Scarlet Tanagers. *Auk*, **116**, 73-82.

- Robinson S.K., Thompson, F.R., Doravan, T.M., Whitehead, D. & Faaborg, J. (1995) Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. *Science*, **267**, 1987-1990.
- Rosenzweig, M.L. (1995) *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio, 2010 Disponível: <http://www.saa.rs.gov.br/servicos.php?cod=76>
- Secretaria de Minas e Energia. 2002. *Rio Grande do Sul: Atlas eólico*. Porto Alegre: SEMC, Disponível: <http://www.semc.rs.gov.br>.
- Silva, M. & Dowing, A. (1995) The allometric scaling of density and body size. A non-linear relation for terrestrial mammals. *American Naturalist*, **141**, 704-727.
- Smith, F.A., Lyons, S.K., Ernest, S.K.M. & Brown, J.H. (2008) Macroecology: more than the division of food and space among species on continents. *Progress in Physical Geography*, **32**, 115-138.
- Stotz, D.G., Fitzpatrick, J.W, Parker III, T.A., Moscovits, D.K. (1996) *Neotropical birds: Ecology and conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Villard, M.A., Merriam, G. & Maurer, B.A. (1995) Dynamics in subdivided population of neotropical migratory bird in a fragmented temperate forest. *Ecology*, **12**, 27-40.
- Villard, M.A., Trzcinski, M.K. & Merriam, G. (1999) Fragmentation effects on forest birds: relative influence of woodland cover and configuration on landscape occupancy. *Conservation Biology*, **13**, 774-783.
- Voegeli, M., Serrano, D., Pacios, F. & Tella, J.L. (2010) The relative importance of patch habitat quality and landscape attributes on a declining steppe-bird metapopulation. *Biological Conservation*, **143**, 1057-1067.
- Weinberg, H.J. & Roth, R.R. (1998) Forest area and habitat quality for nesting Wood Thrushes. *Auk*, **115**, 879-889.
- Willis, K.J. & Whittaker, R.J. (2002) Species diversity-scale matters. *Science*, **295**, 1245-1248.

CAPÍTULO 3



**Distribuição da Riqueza,
Abundância e Massa Corpórea das
Aves no Rio Grande do Sul**

Distribuição da Riqueza, Abundância e Massa Corpórea das Aves no Rio Grande do Sul

Vanda Simone da Silva Fonseca

RESUMO

Objetivo Caracterizar como se distribui a riqueza, a abundância e a massa das aves no mosaico que forma a paisagem do Rio Grande do Sul.

Localização Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Método As aves no Rio Grande do Sul foram identificadas taxonomicamente e quantificadas em estudos de campo e a partir de dados bibliográficos foi atribuída a massa corpórea, o status de ocorrência (migratória ou residente), e a guilda preferencial de ambiente (áreas úmidas, campo, florestas ou ambientes mistos) para cada espécie. Através de estatística descritiva e da análise de escalonamento multidimensional não-métrico foi caracterizada a distribuição da riqueza, a abundância e a massa das aves no mosaico que forma a paisagem do Rio Grande do Sul.

Resultados Foram identificadas taxonomicamente 272 espécies de aves, sendo 46 migratórias e 226 residentes, a riqueza média por grau de latitude e longitude foi de 68 espécies, a abundância média foi de 3.873, ± 6.04 indivíduos e a massa corpórea média das aves 29.91 g, $\pm 5,81$ g. A análise de escalonamento multidimensional não-métrico revelou que aproximadamente ao norte do paralelo 30°S a riqueza, abundância e massa corpórea das aves entre os pontos de amostragem foi mais semelhante entre si do que com os valores registrados para os pontos de amostragem ao sul deste paralelo. O primeiro e o segundo eixo da análise de ordenação explicaram 66% e 11%, respectivamente, estresse 0,2, para

a riqueza. Para a abundância o primeiro e o segundo eixos da análise explicaram 68% e 0,09%, respectivamente, estresse 0,12 e para a massa o primeiro e o segundo eixo da análise explicaram 55% e 13%, respectivamente, estresse 0,19.

Minhas conclusões O presente estudo evidencia que os parâmetros de riqueza, abundância e massa corpórea das aves formam dois grupos, um ao norte do paralelo 30°S e outro ao sul. Possivelmente as formações vegetacionais contribuam para esta divisão, muito embora o uso e ocupação do solo, os quais compõem e modificam o mosaico da paisagem, sejam os responsáveis também por alterações na distribuição das espécies de aves. Esta dinâmica no mosaico da paisagem privilegia algumas espécies em detrimento de outras.

Palavras chave

Abundância, espécies raras, massa corpórea, migratórias, residentes, riqueza, sul do Brasil

Introdução

A expansão humana sobre o planeta resulta em alterações na paisagem natural (Vitousek *et al.*, 1997, Evans & Green, 2007, Billeter *et al.*, 2008, Herzon *et al.*, 2008), que vão desde a mudança no uso do solo para fins agrícolas, ao barramento de rios para a produção de energia e irrigação até a expressão máxima de conversão dos ambientes naturais, que são as construções dos centros urbanos (Argel-de-Oliveira, 1987, Aleixo & Vielliard, 1995, Vitousek *et al.*, 1997). Inevitavelmente as comunidades que compõem os ecossistemas naturais sofrem os efeitos desta alteração de habitat (Hinsley *et al.*, 1995, Burke & Nol, 1998, Huhta *et al.*, 1998, Roberts & Norment, 1999, Villard *et al.*, 1999, Billeter *et al.*, 2008, Gotelli *et al.*, 2009). O conhecimento sobre a intensidade, extensão e velocidade com que os impactos antrópicos são gerados sobre os ambientes naturais é fundamental para estimar o quanto da flora e da fauna poderão ser

perdidos e, por consequência, inferir os efeitos desta perda sobre os processos ecológicos, como por exemplo, polinização e dispersão, entre outros (Sánchez, 2006). A redução de habitat afeta, por exemplo, 85% das aves mundialmente ameaçadas (BirdLife International, 2000).

A paisagem do Rio Grande do Sul-RS abriga 624 espécies de aves (Bencke, 2001), das quais 128 se enquadram em algumas das categorias de vulnerabilidade à extinção. No contexto global, a perda de habitat no Estado também é o principal fator de ameaça à conservação das espécies (Fontana *et al.*, 2003). A paisagem do Estado passou por inúmeras transformações desde a sua colonização, em meados do século XVII (Rambo, 1994), tanto que no estudo sobre a ornitologia do RS realizado por Belton entre os anos de 1970 e 1983, o autor relata que: “não existe praticamente nenhuma área virgem ou que não tenha sido ocupada” (Belton, 1994). O uso e ocupação do solo são dinâmicos, mudando o contexto da paisagem ao longo dos anos. Um exemplo desta realidade é que na década de 1970 eram plantados 405.910 ha de arroz, 1.071.064 ha de trigo, 85.130 ha de soja, e criadas 175.911 cabeças de gado bovino (IBGE, 1974), enquanto em 2009 aumentou para 1.108.996 ha de arroz, 885.670 ha de trigo, 3.821.290 ha de soja e criadas 14.115.643 cabeças de gado bovino (Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio, 2010).

Neste contexto de uso do solo, que entremeado por ambientes naturais compõem a paisagem do RS, são registradas cerca de 174 espécies de aves migratórias e cerca de 450 residentes (Bencke, 2001). Mesmo as espécies que são classificadas como residentes não têm os seus limites de ocorrência dentro das divisas políticas do RS. O pedreiro, *Cinclodes pabsti*, por exemplo, é a espécie com distribuição mais restrita, ocorrendo nos campos de cima da serra, no nordeste do estado e no sudeste de Santa Catarina (Belton, 1976). Esta amplitude de distribuição das espécies se dá porque as aves que compõem as assembléias no RS têm as suas

áreas centrais de ocorrência em biótopos localizados em outros estados do Brasil, bem como na Argentina e Uruguai (Belton, 1994). O RS é uma área onde ocorre o encontro de três tipos básicos de formações vegetacionais, (i) a pampeana, que se estende de Buenos Aires, na Argentina, passando pelo Uruguai, até a metade sul do RS, (ii) a atlântica, que se estende pelo nordeste e sudeste do Brasil até o norte do Estado até a Porta de Torres e (iii) a chaquenha que cobre o extremo oeste, próximo ao Parque do Espinilho (Waechter, 2002).

Visando caracterizar como se distribui a riqueza, a abundância e a massa das aves no mosaico que forma a paisagem do Rio Grande do Sul, a presente investigação foi desenvolvida.

Material e Método

Área de estudo

O Rio Grande do Sul - RS, cujo território apresenta 282.000 km², está na transição entre as zonas climáticas tropical e subtropical, na latitude média de 30° Sul. Fatores geológicos e centros de distribuição florísticos permitem distinguir no mínimo seis unidades fitogeográficas no Estado: floresta ombrófila densa, floresta estacional decidual, floresta ombrófila mista, floresta estacional semidecidual, formações pioneiras ou restingas e estepe com vegetação arbustiva (IBGE, 1986). Praticamente toda a paisagem do RS já foi alterada pela agricultura, pecuária, silvicultura e expansão urbana, restando poucos remanescentes preservados (Rambo, 1994).

Para este estudo o RS foi dividido em 41 células, cujos vértices foram definidos pelos cruzamentos entre os graus de latitude e longitude resultando em células com um grau de latitude por um grau de longitude (Fig. 1), que representam uma escala adequada para o desenvolvimento de estudos espaciais sobre a distribuição da diversidade (Diniz-Filho *et al.*, 2008a). Em cada uma destas células foi

amostrada a riqueza de aves, exceto na célula 1 (27°S, 50°W), pois a reduzida área física desta célula não comportaria amostragens independentes, e na célula 6 (27°S, 55°W) porque o acesso rodoviário estava interrompido (Fig. 1).

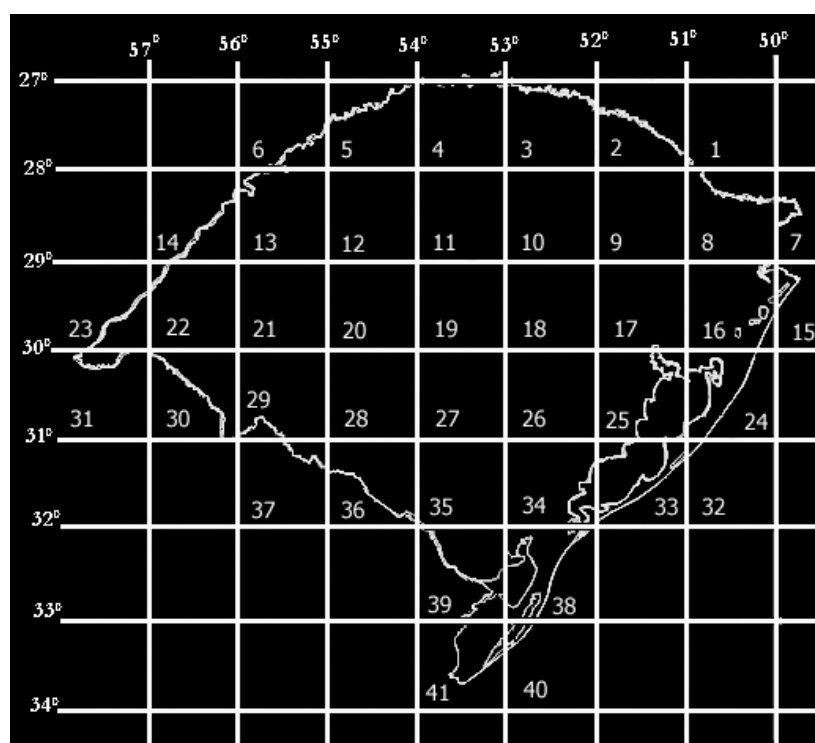


Figura 1 Área de estudo com o número de identificação de cada célula formada por um grau de latitude e longitude.

A identificação taxonômica das aves foi realizada através de observação direta ou por vocalização, ao longo das transecções e dos pontos de amostragem (Bibby *et al.*, 1997).

Foram percorridas, em cada célula, com velocidades constantes, três transecções, cada uma delas com 10 km de extensão e, a cada 2 km, foram realizadas paradas para a amostragem pontual das aves. Em cada parada as informações foram coletadas por 15 min, mas com base na curva do coletor de Krebs (1999)

verificou-se que na maior parte dos ambientes aos seis minutos a maioria das espécies já havia sido observada. Portanto, para evitar a recontagem foi adotado o tempo de seis minutos de observação. No total as aves foram amostradas em 117 transecções e 585 pontos. As transecções foram percorridas de carro a uma velocidade de 30 km/h. Realizaram os deslocamentos um condutor e um observador que, a partir do interior do veículo e com os vidros abertos, fez o registro das aves. A amostragem em cada um dos pontos foi realizada 5 min após a parada do veículo, com o observador posicionado a uma distância de aproximadamente 2 m do veículo, na margem da estrada.

Como o estudo objetivou caracterizar sistematicamente as aves no RS, contemplando o mosaico da paisagem em uma escala regional, os dois métodos de amostragem, pontos e transecções, foram usados simultaneamente. No emprego da amostragem apenas por pontos não seriam registradas 82 espécies, enquanto a amostragem apenas por transecção levaria a não detecção de 67 espécies. Sendo assim, para atender aos objetivos do estudo, se justificou o emprego de ambos os métodos.

O início e a direção de cada transecção foram sorteados entre as áreas com vegetação nativa, adjacente ao solo manejado para os mais diversos fins, como, por exemplo, agrícola, pastoril e silvícola, que compõem em maioria o mosaico da paisagem de cada célula. A definição das potenciais áreas para o início das amostragens, dentro de cada célula, foi obtida de Belton (1994), da análise conjunta das cartas de mapeamento produzidas pelo exército, de imagens geradas por satélites e, finalmente, pela conferência *in situ*. Para as amostragens foram utilizadas estradas com pouca trafegabilidade, caracterizadas por não apresentarem pavimento, por serem constituídas por uma única via de rolamento e que não comportavam espacialmente a passagem simultânea de dois veículos. Cada transecção teve uma distância mínima de 1.500 m entre si.

Antes da amostragem foi realizado um diagnóstico prévio em cada célula para o reconhecimento da riqueza local das aves e a fim de preparar o observador para a identificação taxonômica expedita durante as atividades sistematizadas. Para isso, foi adotado o método de busca aleatória nos pontos preferenciais de ocorrência das espécies. Estes resultados de busca ativa pelas espécies não foram computados nos resultados sistematizados.

Todas as observações sistematizadas foram realizadas predominantemente durante o verão, compreendendo os meses de novembro e dezembro de 2008, janeiro, fevereiro e março de 2009. Esta prática de amostragem predominantemente durante os meses de verão visou minimizar a influência da sazonalidade sobre a riqueza e detectabilidade das aves (Anderson *et al.*, 1981). Não foram realizadas observações nas horas mais quentes do dia, quando as aves estão menos conspícuas, assim como nos dias com chuva intensa e intermitente ou com vento forte (Jones, 1998).

Foi calculada a média para a riqueza e a abundância das aves decorrentes das transecções agregadas aos dados dos pontos amostrados em cada uma das células, o que compôs os valores de riqueza e a abundância de aves por unidade amostral.

Cada espécie observada teve a sua massa corpórea, em gramas, atribuída com base nas informações bibliográficas de Belton (1994) e Dunning (1992). As espécies observadas também foram classificadas quanto ao status de ocorrência, segundo Bencke (2001). Estas informações têm como base os deslocamentos que as aves fazem no Estado, sendo: (i) residentes as espécies que não realizam movimentos cíclicos de ida e volta além dos limites políticos do RS e (ii)

migratórias as espécies que sazonalmente realizam movimentos de ida e volta para fora dos limites políticos do RS.

Foi calculada a frequência de ocorrência a partir dos dados binários de presença e ausência das espécies em cada célula. O cálculo de frequência de ocorrência (FO) de cada espécie por célula se deu da seguinte forma: $FO = \text{Número de células em que a ave foi observada} \times 100 / \text{Número total de células amostradas}$. Com base na FO, as espécies foram agrupadas nas seguintes categorias, propostas por Naka & Rodrigues (2000):

Abundantes: Espécies registradas entre 75% e 100% das células.

Comuns: Espécies registradas entre 50% e 74% das células.

Escassas: Espécies registradas entre 25% e 49% das células.

Raras: Espécies registradas em menos de 25% das células.

Ocasionais: Espécies com registro em uma única célula.

As aves observadas foram agrupadas por guilda de uso de habitat preferencial, com base nas informações de Belton (1994), Stotz (1996), Sick (1997), Azpiroz (2001), sendo (i) áreas úmidas, (ii) campo, (iii) floresta e (iv) habitats mistos, este último para espécies que ocupam mais de um dos ambientes citados. Foi somado o número de espécies de aves por guilda em cada célula para compor a distribuição da riqueza por guilda de habitat preferencial.

Análise estatística

As variáveis respostas de riqueza, abundância e massa corpórea das aves não estavam dentro da distribuição normal, a qual foi avaliada através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Estas variáveis sofreram então transformações logarítmicas para atingir normalidade.

O método de ordenação NMDS (análise de escalonamento multidimensional não-métrica) foi aplicado para resumir a estrutura e comparar a similaridade das assembléias de aves amostradas, pois o NMDS reduz a dimensões das informações (Legendre & Legendre, 1998). Foi então realizada uma análise de NMDS para os resultados da média, padronizados através de uma escala logarítmica, da riqueza, abundância e massa corpórea das aves registradas nas células. A análise de NMDS foi realizada no programa Past, versão 2.04 (Hammer *et al.*, 2001), empregando a dissimilaridade de Bray-Curtis. O quanto o resultado do NMDS pode se adequar à matriz original de similaridade entre as amostras foi medido pelo estresse, no qual valores iguais ou abaixo de 0,2 são considerados aceitáveis (Clark, 1993).

Resultados

Foram identificadas 272 espécies de aves, distribuídas em 66 famílias. A riqueza média por célula foi de 68 espécies, ± 16 (Fig. 2). A análise de escalonamento multidimensional não-métrico revelou que ao norte do paralelo 30°S a riqueza de aves entre os pontos de amostragem foi mais semelhante entre si do que com os valores registrados para os pontos de amostragem ao sul deste paralelo. Sendo assim, a riqueza de aves se dividiu em aproximadamente dois grupos: um ao norte do paralelo 30°S e outro ao sul. Dentro de cada um desses grupos a riqueza de aves foi semelhante entre as células, mas diferente entre os grupos (Fig. 3). O primeiro e o segundo eixo da análise de ordenação explicaram 66% e 11%, respectivamente, com estresse de 0,19.

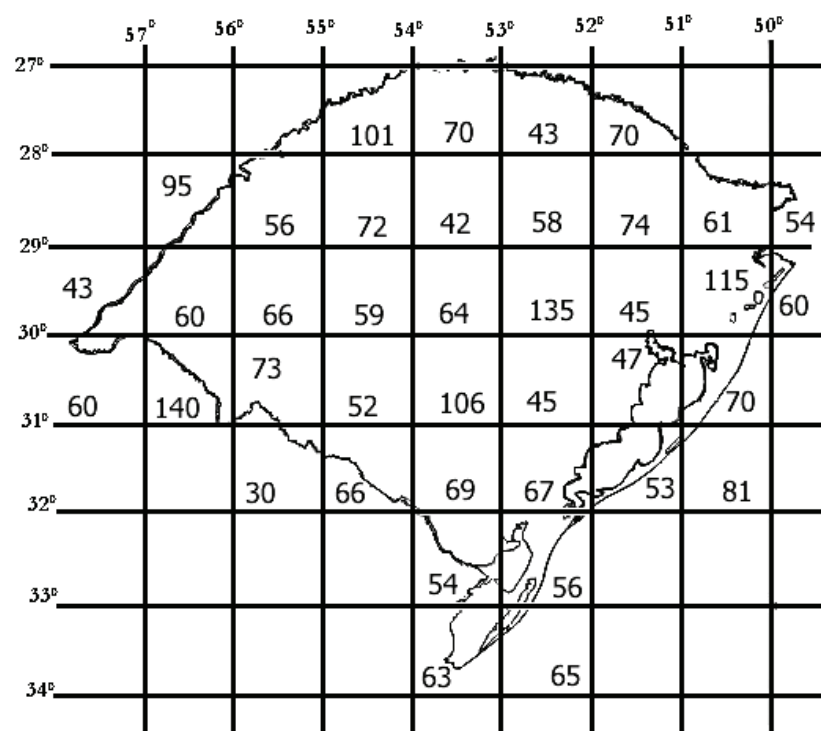


Figura 2 Distribuição da riqueza média de aves em cada célula amostrada no Rio Grande do Sul.

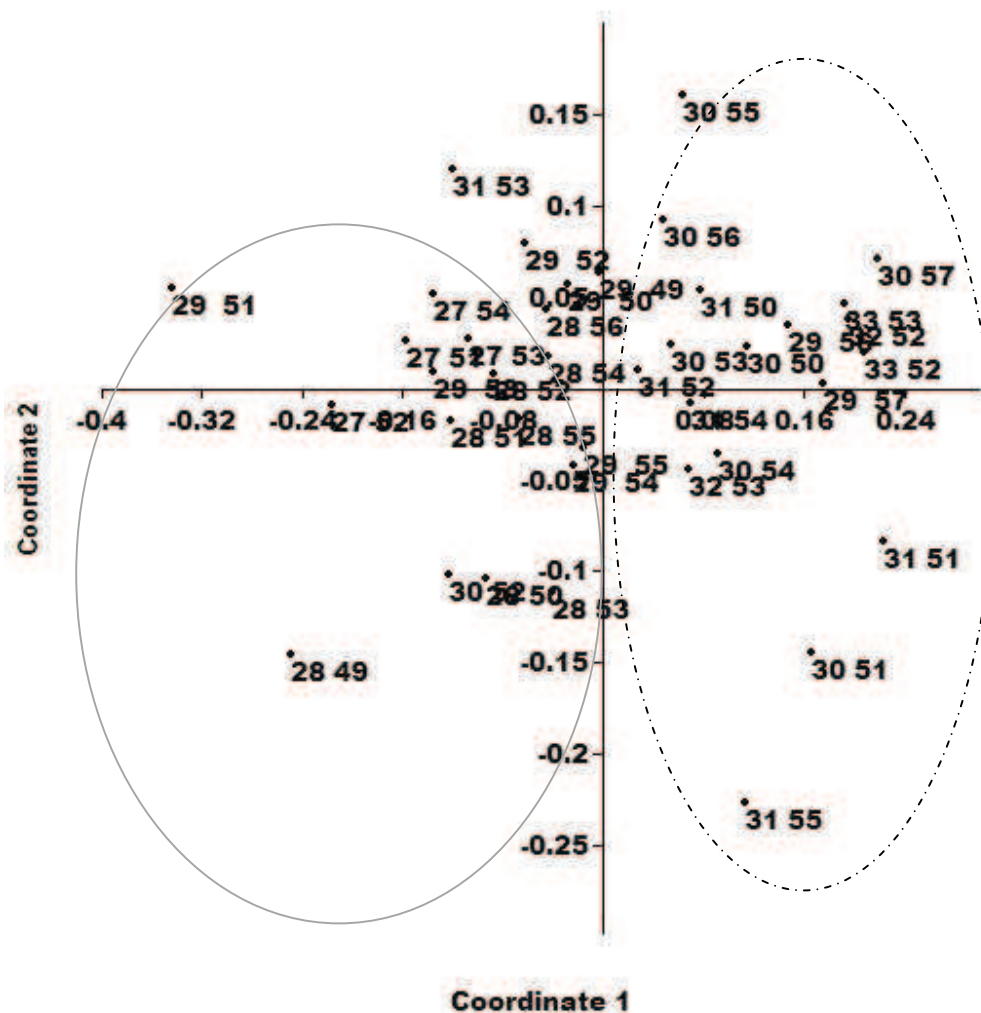


Figura 3 Análise de escalonamento multidimensional não-métrico da riqueza média de aves em cada grau de latitude e longitude, a elipse linha contínua de cor cinza indica a concentração de pontos situados ao norte do paralelo 30°S, a elipse de cor preta com borda pontilhada congrega a maioria dos pontos situados ao sul do paralelo em questão.

A maioria das espécies observadas foi considerada rara no Estado, pois 127 delas ocorreram em menos de 25% das células amostradas, 41 espécies foram ocasionais, 63 escassas, 24 comuns e 17 abundantes.

A maioria das espécies, 106 delas ocorreu preferencialmente em ambientes com mata, mesmo que antropizadas. As áreas úmidas abrigaram 71 espécies, os campos 61 e os ambientes mistos 34 espécies.

Foram registradas 46 espécies de aves migratórias pertencentes a 18 famílias, enquanto 226 espécies foram classificadas como residentes. Dentre as migratórias, predominaram aquelas vindas do norte, o que era esperado, tendo em vista que os estudos foram desenvolvidos no período de verão austral.

A maioria das espécies migratórias foi classificada como sendo rara, ou seja, registradas em apenas 25% das células amostradas. Apenas duas espécies, o juruviara, *Vireo olivaceus* e o pitiguari, *Cyclarhis gujanensis*, foram comuns, ou seja, registradas entre 50% e 74% das células amostradas. Não foram observadas espécies migratórias abundantes.

Quanto à abundância de indivíduos, foi registrada uma média de 3.873 indivíduos $\pm 6,04$ nas 39 células amostradas. A célula que concentrou a maior abundância de aves foi a 30, situada na coordenada 56°S, 30°W, na região de Quaraí, bem como aquelas ao sudeste, próximas ao litoral e ao cordão de lagoas costeiras. Nas demais regiões que compõem a paisagem, predominaram as áreas com baixa à média abundância de aves (Fig. 4). A análise de escalonamento multidimensional não-métrico revelou que ao norte do paralelo 30°S a abundância de indivíduos entre os pontos de amostragem foi mais semelhante entre si do que com os valores registrados nos pontos de amostragem ao sul deste paralelo. Sendo assim, a abundância de indivíduos se dividiu em aproximadamente dois grupos: um ao norte do paralelo 30°S e outro ao sul. Dentro de cada um dos grupos a abundância de aves foi semelhante entre as células, mas diferente entre os grupos (Fig. 5), na qual o primeiro e o segundo eixos da análise de ordenação explicaram 68% e 0,09%, respectivamente, com estresse de 0,12.

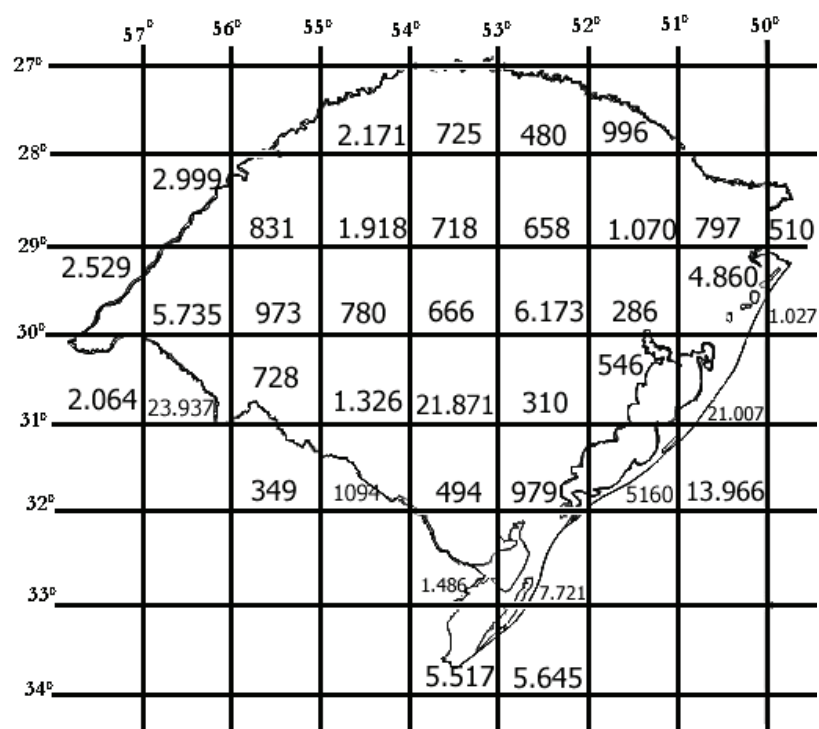


Figura 4 Distribuição da abundância média de aves em cada célula amostrada no Rio Grande do Sul.

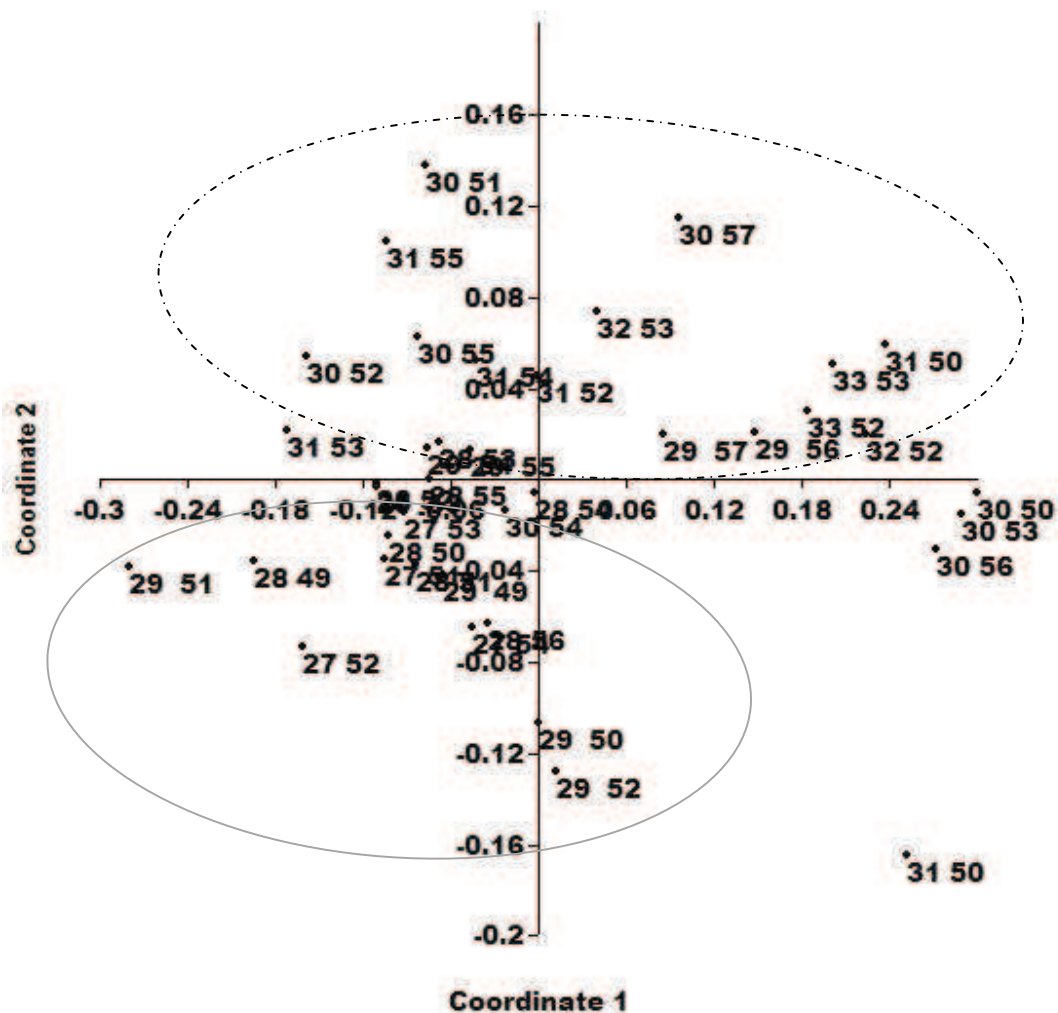


Figura 5 Análise de escalonamento multidimensional não-métrica da abundância média de aves em cada grau de latitude e longitude, a elipse linha contínua de cor cinza indica a concentração de pontos situados ao norte do paralelo 30°S, a elipse de cor preta com borda pontilhada congrega a maioria dos pontos situados ao sul do paralelo em questão.

A espécie com maior porte corpóreo registradas no RS foi a ema, *Rhea americana*, com 23.000 g. A menor espécie foi o besourinho, *Chlorostilbon lucidus*, com 3 g. A massa média das aves para o estado foi de 29.91 g, $\pm$ 5,81. As células com a

maior concentração de aves com grande porte ocorreu no sul do Estado, próximo ao cordão de lagoas costeiras, onde o uso do solo predominante é para o cultivo de arroz (Fig. 6). Nas demais áreas amostradas predominou a ocorrência de espécies com porte médio a pequeno. A análise de escalonamento multidimensional não-métrico revelou que ao norte do paralelo 30°S a massa corpórea das aves entre os pontos de amostragem foi mais semelhante entre si do que com os valores registrados nos pontos de amostragem ao sul deste paralelo. Sendo assim, a massa corpórea das aves se dividiu em aproximadamente dois grupos: um ao norte do paralelo 30°S e outro ao sul. Dentro de cada um dos grupos a massa corpórea de aves foi semelhante entre os graus de latitude e longitude, mas diferente entre os grupos, conforme Fig. 7, onde o primeiro e o segundo eixo da análise de ordenação explicaram 55% e 13%, respectivamente, com estresse de 0,19.

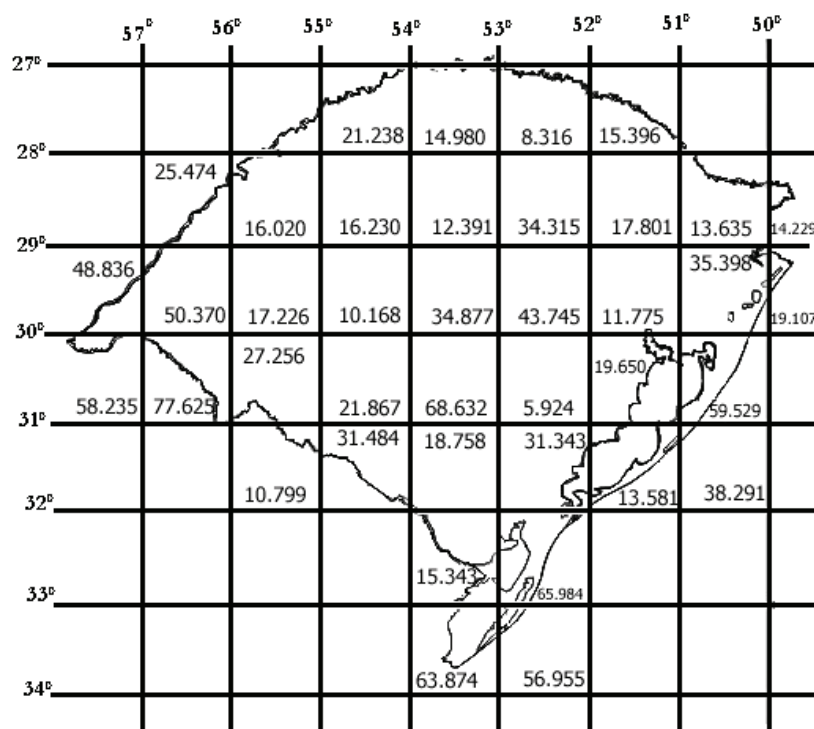


Figura 6 Distribuição da massa média em gramas das aves amostradas em cada célula no Rio Grande do Sul.

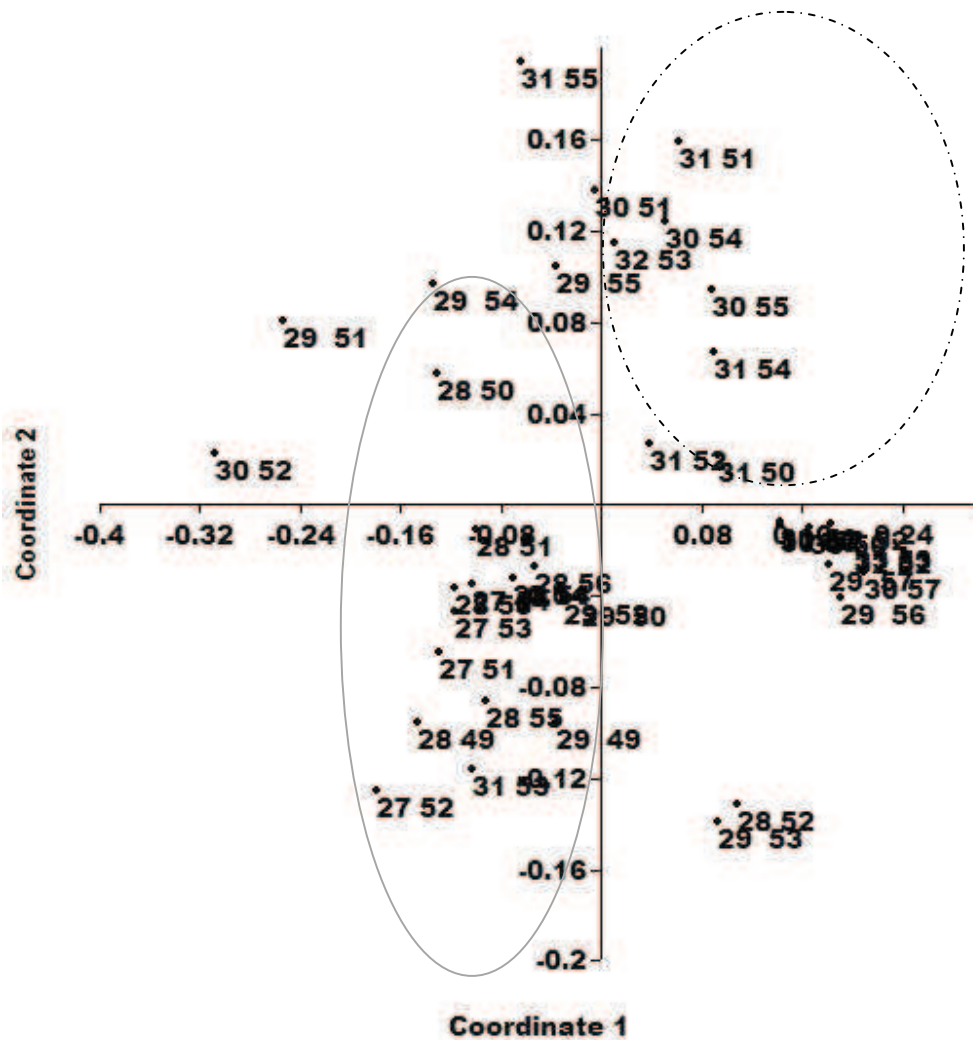


Figura 7 Análise de escalonamento multidimensional não-métrica da massa média em gramas das aves em cada grau de latitude e longitude. A elipse linha contínua de cor cinza indica a concentração de pontos situados ao norte do paralelo 30°S, a elipse de cor preta com borda pontilhada congrega a maioria dos pontos situados ao sul do paralelo em questão.

Discussão

No mosaico que compõe a paisagem no RS, os parâmetros ecológicos de riqueza, abundância e massa das aves, avaliados individualmente, formaram dois grupos delimitados aproximadamente pelo paralelo 30°S. Esta dissimilaridade na riqueza de espécies entre a metade norte e sul do Estado foi, possivelmente, consequência da abrupta mudança da paisagem, que se caracteriza pelo fim das florestas ao norte e o início das áreas de campo ao sul (Belton, 1994). Esta ruptura na paisagem ocorre porque o paralelo 30°S pode ser tomado como linha central dos subtrópicos, que representa uma transição florística e vegetacional mais marcante na América do Sul do que o próprio trópico de Capricórnio (Waechter, 2002).

A transição na paisagem também foi responsável, possivelmente, pela dissimilaridade observada na distribuição da abundância e da massa corpórea das aves registradas nas metades norte e sul do RS. Em geral as aves que ocupam áreas abertas coexistem em bandos maiores como estratégia para minimizar a predação (Wiens, 1989), comportamento este que é favorecido no sul onde predominam as áreas de campo, contrário ao norte onde o campo não é tão abundante na paisagem natural. O sul do RS também é rico em áreas úmidas (Rambo, 1994), o que favorece a ocorrência de aves aquáticas, tanto que a região se destaca, em relação aos demais Estados do Brasil, pela acentuada riqueza de espécies que ocupam áreas úmidas (Belton, 1994). Estas aves que ocupam áreas úmidas têm massa corpórea maior do que as espécies terrestres (Blackburn & Gaston, 1994). Sendo assim, dada a abundância de áreas úmidas no sul, esta região acabou concentrando aves com maior massa corpórea do que o norte do Estado.

No mosaico que compõe a paisagem do RS se refletiu o predomínio das espécies raras ou escassas, tanto em relação às aves residentes quanto às migratórias. Poucas espécies têm uma amplitude de nicho ecológico capaz de ocupar a

totalidade de uma área em escala regional ou geográfica (Brown, 1984, Brown, & Lomolino, 2006), o que leva ao predomínio da raridade na distribuição das espécies, muito embora as alterações antrópicas sobre a paisagem sejam capazes de modificar a distribuição das espécies (Lee *et al.*, 2002, Marini & Garcia, 2005, Guadagnin & Maltchik, 2007).

A tachã, *Chauna torquata*, é um exemplo de como a dinâmica de uso do solo modifica a paisagem e como esta modificação traz consequências sobre a distribuição das espécies. *C. torquata* é uma espécie de grande porte, com 3.150 g, conspícua e possivelmente não passaria despercebida por Belton (1994), que não a observou na região próximo a Uruguaiana, onde neste estudo ela foi encontrada. Em 1970, quando Belton realizou os seus estudos na região próxima a Uruguaiana, eram plantados 16.841 ha de arroz (IBGE, 1974), em 2009 o valor foi de 79.853 ha (Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio, 2010). A ampliação das áreas manejadas para o cultivo de arroz favoreceu a expansão da área de ocorrência de *C. torquata*. Estas mudanças na paisagem decorrentes do manejo do solo acabam favorecendo algumas espécies em detrimento de outras, como, por exemplo, o pica-pau-do-campo *Colaptes campestris*, que expande a sua ocorrência, quando áreas de floresta são convertidas em campo (Lee *et al.*, 2002, Marini & Garcia, 2005). No geral, as espécies generalistas quanto ao uso de habitat são menos afetadas pelo manejo do solo do que as especialistas (Harris & Reed, 2002).

A maioria das espécies registradas preferencialmente em habitat florestal possivelmente são generalistas quanto ao grau de conservação do habitat. Esta afirmação se sustenta pelo fato de não terem sido amostradas áreas preservadas e, por consequência, não foi aplicado um método específico para investigação destes ambientes, pois este não era o objetivo deste estudo. Mesmo assim foram registradas aves típicas de ambientes florestais. Espécies que são migratórias

latitudinais ou residentes que ocupam o dossel e/ou a borda das florestas (Harris & Reed, 2002) em geral utilizam, além da floresta, vários tipos de ambientes, incluindo as lavouras no seu ciclo de vida (Wunderle & Waide, 1993, Confer & Holmes, 1995, Conway *et al.*, 1995, Johnson & Sherry, 2001). Aliás, as aves que ocupam ambientes florestais já perturbados, como pequenos fragmentos, provavelmente dependem de áreas agrícolas adjacentes a florestas para a sua sobrevivência, pois precisam buscar recursos nestes ambientes (Greenslade, 1983, Southwood, 1988, Stouffere & Bierregaard, 1995). Esta adaptação das aves ao uso de ambientes perturbados possivelmente explique a predominância de espécies no mosaico que compõem a paisagem no RS, cujo habitat preferencial são as florestas.

Sendo assim, o presente estudo evidenciou que os parâmetros de riqueza, abundância e massa corpórea das aves formam dois grupos um ao norte do paralelo 30°S e outro ao sul. Possivelmente as formações vegetacionais distintas entre estas duas regiões contribuam para esta divisão, muito embora o uso e ocupação do solo, que compõem e modificam o mosaico da paisagem, sejam também responsáveis por alterações na distribuição das espécies de aves. A expansão das fronteiras agrícolas sobre as áreas de floresta, por exemplo, reduziu os ambientes naturais a pequenos fragmentos onde sobrevivem as aves florestais adaptadas a utilizar áreas de lavoura para obtenção de recursos. Esta dinâmica no mosaico da paisagem privilegia algumas espécies em detrimento de outras (Lee *et al.*, 2002, Marini & Garcia, 2005).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/PROSUP (Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares) pela concessão da bolsa de doutorado, ao Doutor Marco Aurélio Pizo pela orientação no

desenvolvimento dos estudos e revisão do manuscrito e aos diretores da BioImagens Consultoria Ambiental Ltda. pelo custeio das despesas para a execução das atividades de campo.

REFERÊNCIAS

- Aleixo, A. & Vielliard, J.M.E. (1995) Composição e dinâmica da avifauna da mata de Santa Genebra, Campinas, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **12**, 493-511.
- Anderson, B.E., Ohmart, R.D. & Rice, J. (1981) Seasonal changes in avian densities and diversities. *Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology* (Ralph, C.J. & Scott, M.), n 6. Cooper Ornithological Society, Lawrence, Kansas.
- Argel-de-Oliveira, M.M. (1987) Aves e vegetação em um bairro residencial da cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Zoologia*, **12**, 81-92.
- Azpiroz, A.B. (2001) *Aves del Uruguay Lista e introducción a su biología y conservación*. Aves Uruguay-Grupo Uruguayo para el Estudio y Conservacion de las Aves, Montevideo.
- Belton, W. (1976) Alguns aspectos da migração e distribuição das aves do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, **5**, 69-80.
- Belton, W. (1994) *Aves do Rio Grande do Sul: distribuição e biologia*. Editora Unisinos, São Leopoldo.
- Bencke, G.A. (2001) *Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul*. Ed. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. (1997) *Bird census techniques*. Academic Press, London.
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., Baudry, J., Bukacek, R., Burel, F., Cerny, M., De Blust, G., De Cock, R., Diekotter, T., Dietz, H., Dirksen, J., Dormann, C., Durka, W., Frenzel, M., Hamersky, R., Hendrickx, F., Herzog, F., Klotz, S., Koolstra, B., Lausch, A., Le
- 93

- Coeur, D., Maelfait, J.P., Opdam, P., Roubalova, M., Schermann, A., Schermann, N., Schmidt, T., Schweiger, O., Smulders, M.J.M., Speelmans, M., Simova, P., Verboom, J., van Wingerden, W.K.R.E., Zobel, M. & Edwards, P.J. (2008) Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology*, **45**, 141-151.
- BirdLife International (2000) *Threatened birds of the world*. Lynx Edicions and BirdLife International, Barcelona and Cambridge.
- Blackburn, T.M. & Gaston, K.J. (1994) The distribution of body size of the world's bird species. *Oikos*, **70**, 127-130.
- Brown, J.H. & Lomolino, M.V. (2006) *Biogeografia*. 2^aed. FUNPEC, Ribeirão Preto.
- Brown, J.H. (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, **124**, 255-279.
- Burke, D.M & Nol, E. (1998) Influence of food abundance, nest-site habitat, and forest fragmentation on breeding ovenbirds. *Auk*, **115**, 96-104.
- Clarke, K.R. (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, **18**, 117-143
- Confer, J.L. & Holmes, R.T. (1995) Neotropical migrants in undisturbed and human-altered forests of Jamaica. *Wilson Bulletin*, **107**, 577-589.
- Conway, C.J., Powell, G.V.N. & Nichols, J.D. (1995) Overwinter survival of Neotropical migratory birds in early-successional and mature tropical forests. *Conservation Biology*, **9**, 855-864.
- Diniz-Filho, J.A.F., Rangel, T.F.L.V.B. & Bini, L.M. 2008. Model selection and information theory in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*. **17**(4): 479-488.
- Dunning, Jr. J.B. (1992) *CRC handbook of avian body masses*. CRC Press, London.
- Evans, A.D. & Green, R.E. (2007) An example of a two-tiered agri-environment scheme designed to deliver effectively the ecological requirements of both localised and widespread bird species in England. *Journal of Ornithology*, **148**, 279-286.

- Fontana, C.S., Bencke, G.A. & Reis, R.E. (Eds.) (2003) *Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul*. Edipucrs, Porto Alegre.
- Gotelli, N.J., Anderson, M.J., Arita, H.J., Chao, A., Colwell, R.K., Connolly, S.R., Currie, D.J., Dunn, R.R., Graves, G.R., Green, J.L., Grytnes, J.A., Jiang, Y.H., Jetz, W., Lyons, K.S., McCain, C.M., Magurran, A.E., Rahbek, C., Rangel, T.F.L.V., Soberón, J., Webb, C.O. & Willing, M.R. (2009) Patterns and causes of species richness: a general simulation model for macroecology. *Ecology Letters*, **12**, 873-886.
- Greenslade P.J.M. (1983) Adversity selection and the habitat templet. *American Naturalist*, **122**, 352-365.
- Guadagnin, D.L. & Maltchik, L. (2007) Habitat and landscape factors associated with neotropical waterbird occurrence and richness in wetland fragments. *Biodiversity and Conservation*, **16**, 1231-1244.
- Hammer, O., Harper, D.A. & Ryan, P.D. (2001) Palaeontological statistics software package for education and data analysis (PAST). *Palaeontología Electrónica*, **4**, 1-9.
- Harris, R.J. & Reed, J.M. (2002) Behavioral barriers to non-migratory movements of birds. *Annales Zoologici Fennici*, **39**, 275-290.
- Herzon, I., Ainārs, A., Jaanus, E. & Zydrunas, P. (2008) Intensity of agricultural land-use and farmland birds in the Baltic States. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **125**, 93-100.
- Hinsley, S.A., Bellamy, P.E., Newton, I. & Sparks T.H. (1995) Habitat and landscape factors influencing the presence of individual breeding bird species in woodland fragments. *Journal of Avian Biology*, **26**, 94-104.
- Huhta, E., Jokimaki, J. & Helle, P. (1998) Predation on artificial nests in a forest dominated landscape the effects of nest type, patch size and edge structure. *Ecography*, **21**, 464-471.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE. (1974) *Censo agropecuário*. 3 volume. IBGE, Rio de Janeiro.

- Johnson, M.D. & Sherry, T.W. (2001) Effects of food availability on the distribute its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, **111**, 1169-1194.
- Jones, M. (1998) *Study designs. Expedition field techniques bird surveys* (Bibby, C., Jones, M. & Marsden, S.) Published by the Expedition Advisory Center, London.
- Krebs, C.J. (1999) *Ecological methodology*. Ed. Menlo Park, Benjamin and Cummings.
- Lee, M., Fahrig, L., Freemark, M. & Currie D.J. (2002) Importance of patch scale vs landscape scale on selected forest birds. *Oikos*, **96**(1), 110-118.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998) *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam.
- Marini, M.Â. & Garcia, F.I. (2005) Bird Conservation in Brazil. *Conservation Biology*, **19**(3), 665-671.
- Naka, L.N. & Rodrigues, M. (2000) *As aves da Ilha de Santa Catarina*. Ed. da UFSC, Florianópolis.
- Rambo, B. (1994) *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. 3ªed. Ed. Unisinos, São Leopoldo.
- Roberts, C. & Norment, C.J. (1999) Effects of plot size and habitat characteristics on breeding success of scarlet tanagers. *Auk*, **116**, 73-82.
- Sánchez, L.E. (2006) *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. Oficina de textos, São Paulo.
- Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio, 2010 Disponível: <http://www.saa.rs.gov.br/servicos.php?cod=76>
- Secretaria de Minas e Energia (2002) *Rio Grande do Sul: Atlas eólico*. Porto Alegre: SEMC, Disponível: <http://www.semc.rs.gov.br>.
- Sick, H. (1997) *Ornitologia Brasileira*. Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- Southwood, T.R.E. (1988) Tactics, strategies and templets. *Oikos*, **52**, 3-18.

- Stotz, D.G., Fitzpatrick, J.W, Parker III, T.A. & Moscovits, D.K. (1996) *Neotropical birds: Ecology and conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Stouffer, P.D. & Bierregaard Jr., R.O. (1995) Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology*, **9**, 1085-1094.
- Villard, M.A., Trzcinski, M.K. & Merriam, G. (1999) Fragmentation effects on forest birds: relative influence of woodland cover and configuration on landscape occupancy. *Conservation Biology*, **13**, 774-783.
- Vitousek, P, Mooney, H.A., Lubchenco, J. & Melillo, J.M. (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, **277**(5325), 494-499.
- Waechter, J.L. 2002. Padrões geográficos na flora atual do Rio Grande do Sul. *Ciência & Ambiente*, **24**, 93-108.
- Wiens, J.A. (1989) *The ecology of bird communities: foundations and patterns*. Cambridge University Press, New York.
- Wunderle, Jr. J.M. & Waide, R.B. (1993) Distribution of overwintering nearctic migrants in the Bahamas and Greater Antilles. *The Condor*, **95**, 904-933.

CONCLUSÕES GERAIS

CAPÍTULO 1

DECOMPOSIÇÃO DA RIQUEZA PARA COMPREENDER A DISTRIBUIÇÃO DAS AVES NO MOSAICO DE AMBIENTES QUE COMPÕEM A PAISAGEM NO RIO GRANDE DO SUL

No Rio Grande do Sul a decomposição da riqueza de espécies permite compreender os fatores que apresentam uma relação significativa com a distribuição da riqueza de aves. O uso da terra é o fator determinante para a distribuição da riqueza de aves em todas as guildas, exceto para as generalistas que são mais tolerantes quanto ao uso de habitat, o que torna mais difícil identificar quais fatores afetam a sua distribuição. A relação do uso do solo com a riqueza de aves atesta que a sua distribuição é um reflexo do mosaico que constitui a paisagem. Mostrando, portanto, que quaisquer medidas de manejo visando a conservação da riqueza de aves terão que contemplar o uso do solo.

CAPÍTULO 2

RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS, DE RELEVO E DE USO DO SOLO COM A DISTRIBUIÇÃO DA ABUNDÂNCIA E DA MASSA CORPÓREA DAS AVES NO RIO GRANDE DO SUL

No mosaico da paisagem formando principalmente por áreas com solo manejado pelo homem algumas espécies são dominantes, pois se favorecem, ou deixam de ser prejudicadas na exploração de recursos, em detrimento de outras. Neste contexto de paisagem as aves de porte corpóreo mediano são predominantes, formando, assim como no padrão mundial, uma curva de distribuição da massa corpórea deslocada para a esquerda. Tanto que as aves de grande porte se refugiam nas áreas com alta ??? em relação ao nível do mar, onde dada as dificuldades físicas de usos e ocupação do solo ainda existem fragmentos florestais mais extensos. Também, as extensas áreas com cultivo de arroz favorecem a

ocorrência de algumas espécies aquáticas de grande porte, porém estas se tornaram dominantes em detrimento de outras. Desta forma, assim como constatado para outras regiões, também no Rio Grande do Sul as espécies de grande porte são vulneráveis aos impactos da expansão humana. As medidas de manejo para proteger as espécies de grande porte, que acabam beneficiando a biodiversidade no geral, devem se concentrar no uso e ocupação do solo, pois em escala regional estas variáveis afetam mais a distribuição da abundância e da massa de aves do que as variáveis climáticas e de relevo.

CAPÍTULO 3

DISTRIBUIÇÃO DA RIQUEZA, ABUNDÂNCIA E MASSA CORPÓREA DAS AVES NO RIO GRANDE DO SUL

Os parâmetros de riqueza, abundância e massa corpórea das aves formam dois grupos similares entre si, um ao norte do paralelo 30°S e outro ao sul. Possivelmente as formações vegetacionais contribuam para esta divisão, muito embora o uso e ocupação do solo, os quais compõem e modificam o mosaico da paisagem, sejam os responsáveis também por alterações na distribuição das espécies de aves. A expansão das fronteiras agrícolas sobre as áreas de floresta, por exemplo, reduziram os ambientes naturais a pequenos fragmentos onde sobrevivem as aves florestais adaptadas a utilizar áreas de lavoura para obtenção de recursos. Esta dinâmica no mosaico da paisagem privilegia algumas espécies em detrimento de outras.

Anexos