

## SELEÇÃO DE RESERVAS: ESTUDOS NA AMÉRICA DO SUL E REVISÃO DE CONCEITOS

Miriam Plaza Pinto<sup>1,2</sup> & Carlos E.V. Grelle<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Inst. de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Ilha do Fundão. Caixa Postal: 68020. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. CEP: 21941-590.

<sup>2</sup> Laboratório de Vertebrados, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Caixa Postal: 68020. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. CEP: 21941-590.

E-mails: miriamplazapinto@yahoo.com.br; grellece@biologia.ufrj.br

### RESUMO

A seleção de reservas é uma área da biologia da conservação atualmente merecedora de muita atenção e pesquisa, e é uma ferramenta poderosa para preservar a biodiversidade de espécies. Nesse estudo foi feita uma cienciometria dos trabalhos que fizeram seleção de reservas na América do Sul, e foram encontrados apenas 24 artigos, a partir do ano 2000. O Brasil foi destacadamente o país onde houve o maior número de estudos (12 artigos), e, dentro desse país, o bioma Cerrado (8 artigos). Os dados mais utilizados foram relativos ao grupo das aves, e nenhum trabalho foi realizado usando informações sobre os invertebrados. Os objetivos de cada estudo foram relatados numa descrição sucinta. Vários foram os objetivos dos trabalhos: apenas selecionar áreas prioritárias, avaliar a influência do nível de resolução taxonômica na seleção de reservas, verificar a eficiência de reservas existentes, comparar a performance de dois programas (*softwares*) diferentes, descrever programa, verificar a performance de grupos indicadores, selecionar reservas minimizando custos, usar distribuições modeladas de espécies existentes e hipotéticas, ver influência das bordas das distribuições nas soluções de reservas. Foi feita uma revisão sobre os principais conceitos abordados em seleção de reservas. A pesquisa em seleção de reservas na América do Sul ainda é escassa e muito recente. O número de trabalhos deve aumentar nos próximos anos acompanhando a tendência mundial dessa área de pesquisa.

**Palavras-chave:** algoritmos, cienciometria, complementaridade, distribuição espacial, grupos taxonômicos.

### ABSTRACT

**RESERVE SELECTION: STUDIES IN SOUTH AMERICA AND REVIEW OF CONCEPTS.** Reserve selection is a conservation biology subarea that lately deserves lots of attention and research, and it is a powerful approach to conserve species biodiversity. This is a scientometric study of papers (N = 24) applying reserve selection in South America published since 2000. Brazil was the most frequent focus of these studies (12 articles), and within Brazil, most studies focused on the Cerrado biome (8 articles). Most biological data employed for selecting areas were about birds, and no study used invertebrates' data. The objectives of each study analyzed are briefly presented, most being: selecting priority areas for conservation, evaluating how the level of taxonomic resolution affects the selection of areas for conservation, verifying the efficacy of the existing reserves, comparing the performance of two different softwares, describing a specific software, assessing the performance of indicator groups, minimizing costs in the reserve selection process, using modeled geographical distributions of existent and hypothetical species, and evaluating the influence of the periphery of species' distributions on the reserve networks solutions. Research in reserve selection is still recent and limited in South America. The number of publications in this field should increase in next years, considering the increasing global concern about nature conservation.

**Keywords:** Algorithms, scientometrics, complementarity, spatial distribution, taxonomic groups.

## RESUMEN

**SELECCIÓN DE RESERVAS: STUDIOS EN AMÉRICA DEL SUR Y REVISIÓN DE CONCEPTOS.** La selección de reservas es un área de la biología de la conservación actualmente merecedora de mucha atención e investigación, y es una herramienta poderosa para preservar la biodiversidad de especies. En este estudio se realizó un análisis de cienciometría de los trabajos que hicieron selección de reservas en América del Sur. Fueron encontrados solo 24 artículos, a partir del año 2000. Brasil se destacó, siendo el país donde hubo el mayor número de estudios y, dentro de este, el bioma del Cerrado presentó el mayor número. Los datos más utilizados fueron del grupo de las aves y ningún trabajo fue realizado usando informaciones sobre invertebrados. Los objetivos de cada estudio fueron descritos de manera sucinta. Los objetivos de los trabajos fueron: solo seleccionar áreas prioritarias, evaluar la influencia del nivel de resolución taxonómica en la selección de reservas, verificar la eficiencia de reservas existentes, comparar a performance dos programas (*softwares*) diferentes, describir programas, verificar a performance de grupos indicadores, seleccionar reservas minimizando costos, usar distribuciones modeladas de especies existentes y no-existentes, ver la influencia de los bordes de las distribuciones en las soluciones de reservas. Se realizó una revisión sobre los principales conceptos abordados en selección de reservas. Las investigaciones sobre selección de reservas en América del Sur aún son escasas y muy recientes. El número de trabajos debe aumentar en los próximos años acompañando la tendencia mundial de esta área de investigación.

**Palabras-clave:** Algoritmos, cienciometría, complementaridad, distribución espacial, grupos taxonómicos.

## INTRODUÇÃO

Uma grande onda de extinções globais ocorre nos dias atuais possivelmente sem precedentes similares na história evolutiva (Pimm *et al.* 1995, 2006). Um ponto central para a conservação da diversidade biológica é o estabelecimento de áreas prioritárias que devem ser manejadas para minimizar os riscos de extinção. O planejamento sistemático de conservação consiste no uso de protocolos específicos para identificar áreas prioritárias e separar estas de processos que ameaçam sua persistência (Margules & Sarkar 2007). A seleção (e posterior implantação) de reservas é uma ferramenta poderosa para preservar a biodiversidade de espécies (Kati *et al.* 2004), habitats ameaçados (Myers *et al.* 2000), e processos nos ecossistemas (ver Margules & Pressey 2000). Por isso é uma área da biologia da conservação atualmente merecedora de muita atenção e pesquisa (Pinto & Bini 2008, Pressey & Bottrill 2008). Métodos quantitativos de seleção de reservas buscam maximizar a quantidade de biodiversidade a ser representada em redes de áreas para conservação (Margules & Pressey 2000). Em muitas partes do mundo existem áreas de conservação que foram definidas de maneira oportunista, e que geralmente não representam a biodiversidade regional (Pressey 1994, Margules & Sarkar 2007). Isso ocorre principalmente porque

áreas prioritárias competem com outras formas de uso da terra com maior valor econômico. Assim, essas áreas muitas vezes estão localizadas em áreas improdutivas e inacessíveis, ou em lugares com beleza cênica ou com valor recreativo (Heikkinen 2002). Além disso, áreas para conservação não foram selecionadas de maneira a complementarem umas às outras. Porém, quando a finalidade das áreas é a conservação da biodiversidade, devem ser usadas informações sobre a biodiversidade e critérios explícitos no processo de seleção. As principais consequências, quando essas informações não são utilizadas no processo de seleção de reservas, são vieses na representação das características naturais e custo aumentado para se alcançar um sistema de reservas que contenha a maioria dos elementos da biodiversidade (Pressey 1994).

A pesquisa cienciométrica é dedicada aos estudos quantitativos da ciência e tecnologia (Verbeek *et al.* 2002), proporcionando uma visão sintética sobre a atividade científica. Um campo específico da cienciometria é a bibliometria, que é baseada em dados obtidos da literatura científica ou tecnológica (Van Raan 1997). Considerando o pressuposto de que a atividade científica é representada na literatura científica, as melhores fontes de medidas atualmente são as publicações científicas (Verbeek *et al.* 2002). Também existem trocas e comunicação de idéias em outros meios

informais ou formais (por exemplo, conversas, palestras, cartas), e nem toda publicação escrita está na forma de artigo em revistas científicas, mas podemos assumir que esta literatura fornece uma boa representação do que se estuda e pesquisa nas diferentes áreas do conhecimento.

O campo de pesquisa em seleção de reservas passa por um período de aumento do número de estudos (Pinto & Bini 2008). O objetivo deste trabalho é fazer um levantamento dos trabalhos que aplicaram algoritmos de seleção de reservas na América do Sul ou nos seus países separadamente. Uma cienciometria foi feita sobre os seguintes aspectos: distribuição espacial e temporal dos estudos sobre seleção de reservas, país de vínculo institucional dos autores, investigação da cobertura taxonômica. Também foi feito um relato detalhado sobre os objetivos e aplicações da seleção de reservas de cada trabalho encontrado. Numa segunda parte deste trabalho fizemos uma revisão dos conceitos básicos, tipos de dados mais usados e como são feitos os procedimentos de seleção de reservas. Esse texto constitui o trabalho de revisão elaborado para o processo de qualificação de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFRJ.

## MÉTODOS

Os resultados desse estudo são baseados em dados bibliográficos extraídos da seção *Web of Science* (*WoS*) do *Institute for Scientific Information* (*ISI* – *Thomson Scientific, Philadelphia*; acesso: <http://apps.isiknowledge.com>). As buscas por artigos foram realizadas usando a rotina “*general search*”. Esta base de dados é muito usada em análises cienciométricas e levantamentos bibliográficos (Verbeek *et al.* 2002; ex. Wilson *et al.* 2007, Pyšek *et al.* 2008). Foram realizadas buscas usando as seguintes palavras-chaves: 1) “*reserve\* selection*”; 2) “*priorit\* area\**” AND *selection*; 3) “*reserve\* design\**”; 4) “*systematic conservation planning*”; 5) “*systematic conservation assessment\**”. O símbolo asterisco (\*) colocado no fim das palavras indica que qualquer terminação dessa palavra pode ser encontrada na busca, garantindo a inclusão de formas no plural. Assumi que as buscas usando essas palavras-chaves capturariam uma parte representativa dos artigos importantes para essa avaliação.

Exatamente as mesmas palavras-chave foram usadas para fazer uma busca na base de dados *Scopus* (acesso: <http://www.scopus.com/scopus/home.url>), para complementar os trabalhos encontrados. Essa base de dados indexa mais periódicos do que o *ISI*, porém esta última atinge publicações mais antigas (Falagas *et al.* 2008, Gavel & Iselid 2008).

Os artigos completos foram obtidos usando o Portal Periódicos Capes (<http://www.periodicos.capes.gov.br>), buscas na internet que indicavam páginas institucionais ou pessoais que hospedavam esses artigos, ou diretamente enviados pelos autores por correio ou e-mail após requisição por e-mail. Os artigos completos foram usados para obter as informações de interesse. As seguintes informações foram retiradas dos trabalhos que realizaram algum tipo de seleção de reservas na América do Sul: ano de publicação, periódico de publicação do artigo, país e região em que o estudo foi realizado, os grupos de organismos, outros dados considerados no processo de seleção de reservas, o método e programa usado, a unidade de análise (grão) e a extensão da área de estudo, nomes dos autores e co-autores e país de vínculo institucional dos autores.

## RESULTADOS

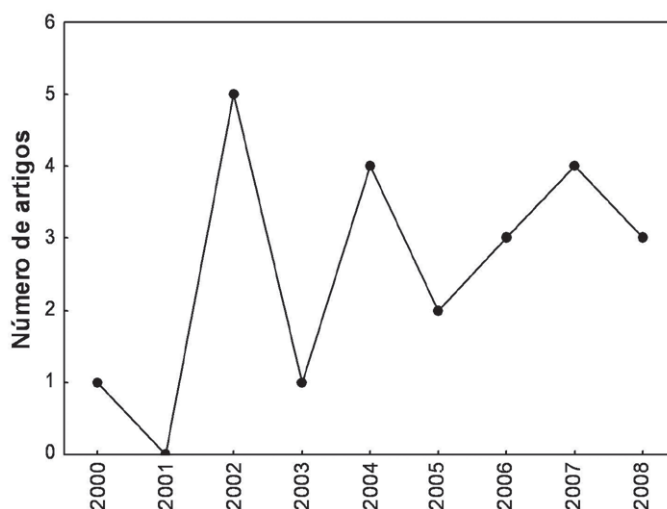
Para cada palavra-chave foram encontrados muitos trabalhos nas diferentes bases de dados (Tabela I). Excluindo-se as repetições, 937 foram encontrados na base *Web of Science* e 1012 trabalhos foram encontrados na base *Scopus*. No entanto, muitos desses trabalhos não fizeram nenhum tipo de seleção de reservas, e se referiam a outros assuntos, eram apenas teóricos ou revisões, ou não foram realizados na América do Sul. Apenas 24 artigos fizeram algum tipo de seleção de reservas na América do Sul e foram considerados nas análises que seguem (Tabela II). O primeiro estudo sobre seleção de reservas na América do Sul foi publicado em 2000 (Fjeldså 2000; Figura 1). Não foi possível detectar um aumento significativo do número de estudos.

Os artigos foram publicados em 13 periódicos diferentes (Figura 2). O periódico com maior número de artigos sobre seleção de reservas na América do Sul é o *Diversity and Distributions* (sete estudos), seguido do *Biodiversity and Conservation* (cinco estudos), e *Biological Conservation* (dois estudos).

**Tabela I.** Palavras-chave usadas na pesquisa nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus* por artigos sobre seleção de áreas prioritárias para conservação publicados. Última atualização dia 01/12/2008. O total se refere à soma dos artigos encontrados com as diferentes palavras-chave em cada base, excluindo-se as repetições.

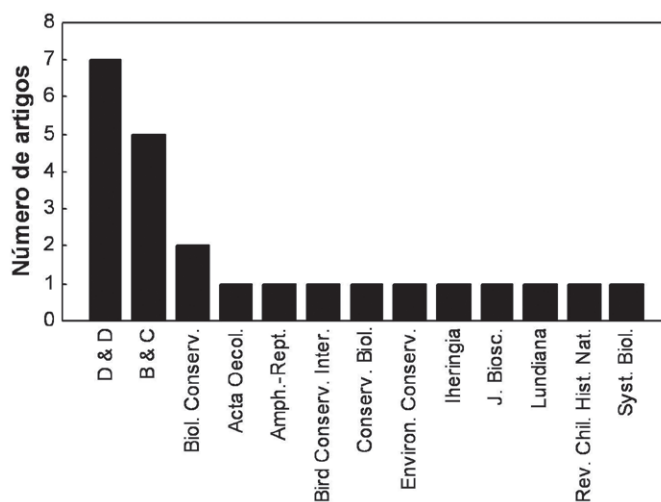
**Table I.** Keywords used in searching *Web of Science* and *Scopus* databases for articles about selection of priority areas for biological conservation published. Last updated in December, 2008. Total number of articles does not include those found more than once using different keywords.

Palavras-chave	Web of Science	Scopus
“priority* area*” AND selection	145	163
“reserve* design*”	411	653
“reserve* selection”	471	174
“systematic conservation assessment*”	7	7
“systematic conservation planning”	73	83
<b>Total (interseção)</b>	<b>937</b>	<b>1012</b>



**Figura 1.** Número de artigos sobre seleção de reservas na América do Sul ao longo dos anos ( $n = 23$ ). O primeiro trabalho foi publicado em 2000. Um trabalho foi excluído dessa figura (Pinto & Grelle 2009) porque na última data de busca (01/12/2008) este era alcançado pela base de dados *Scopus* mas ainda estava no prelo.

**Figure 1.** Number of articles published per year on reserve selection in South America. The first article was published in 2000.



**Figura 2.** Número de artigos sobre seleção de reservas na América do Sul ( $n = 24$ ) publicados nos diferentes periódicos. D & D (*Diversity and Distributions*), B & C (*Biodiversity and Conservation*), Biol. Conserv. (*Biological Conservation*), Acta Oecol. (*Acta Oecologica*), Amph.Rept. (*Amphibia-Reptilia*), Bird Conserv. Inter. (*Bird Conservation International*), Conserv. Biol. (*Conservation Biology*), Environ. Conserv. (*Environmental Conservation*), J. Biosc. (*Journal of Biosciences*), Rev. Chil. Hist. Nat. (Revista Chilena de Historia Natural), Syst. Biol. (*Systematic Biology*).

**Figure 2.** Number of articles published ( $n = 24$ ) on reserve selection in South America by journal.

**Tabela II.** Artigos que fizeram seleção de reservas na América do Sul: referência, periódico e ano de publicação, países de vínculo institucional dos autores, região estudada, dados utilizados no processo de seleção de reservas, outros dados utilizados para outros fins, método usado para selecionar reservas, o programa (*software*) usado, a resolução espacial da unidade de análise e a extensão da área de estudo.

**Table II.** Articles published on reserve selection in South America, including reference, journal, publication year, countries of current affiliation of authors, geographical region, nature of biological data used in the analysis, other information employed, method for selection of areas, software used, spatial resolution of the analytical unit, and size of the study area.

Referência	Periódico*	Ano	Procedência dos autores	Região estudada	Dados utilizados**	Outros dados / uso	Método de seleção	Programa	Resolução espacial (gram)***	Extensão
Fjeldså, J.	<i>Environ. Conserv.</i>	2000	Dinamarca	Andes tropicais (Colômbia, Equador, Peru, Bolívia, Chile e Argentina)	Aves	Mapas topográficos e ecológicos e imagens de satélite / Modelar distribuição	Algoritmos sequenciais baseados em complementaridade	WORLDMAP	Células de 0,25°	2280 células (≈ 1.425.000 km <sup>2</sup> )
Cavieres et al.	<i>B&amp;C</i>	2002	Chile / Argentina	região da Antofagasta (Chile)	Plantas	Sistema de parques e reservas chileno / Comparar com áreas selecionadas	Análise de parcimônia de endemismo	Matriz foi analisada no NONA 1.6	Células de 0,5°	65 células (≈ 162.500 km <sup>2</sup> )
Funk & Richardson	<i>Syst. Biol.</i>	2002	EUA / Canadá	Guiana	Plantas / Animais		Insubstituíbilidade	C-Plan	Células de 8 x 8 km	2403 células (≈ 153.792 km <sup>2</sup> )
Kelley et al.	<i>D &amp; D</i>	2002	EUA	Ilhas Malvinas	Aves		<i>Simulated annealing</i> , algoritmo sequencial baseado na raridade e complementaridade	SITES, ResNet	Células de 10 x 10 km	254 células (≈ 25.400 km <sup>2</sup> )
Sarkar et al.	<i>J. Biosc.</i>	2002	EUA / Austrália / Namíbia	Ilhas Malvinas	Aves		Algoritmos sequenciais baseados na riqueza, complementaridade e raridade	ResNet	Células de 10 x 10 km	254 células (≈ 25.400 km <sup>2</sup> )
Thiollay	<i>B &amp; C</i>	2002	França	Guiana Francesa	Aves		Distúrbios (desmatamento, mineração ou caça) e diversidade de habitats / Ordenar as áreas para seleção		Células de 20 x 20 km	190 células (≈ 76.000 km <sup>2</sup> )
Loisele et al.	<i>Conserv. Biol.</i>	2003	EUA / Brasil / Reino Unido	Mata Atlântica (Brasil)	Cotingídae (Aves)		Algoritmos sequenciais baseados em complementaridade	WORLDMAP	Células de 0,25°	Mata Atlântica
Arzamendia & Giraudo	<i>Rev. Chil. Hist. Nat.</i>	2004	Argentina	Provincia de Santa Fé (Argentina)	Serpentes		Método de Rapoport et al. (1986)		Células de 1°	16 células (≈ 160.000 km <sup>2</sup> )
Diniz-Filho et al.	<i>Amph.-Rept.</i>	2004	Brasil	Cerrado (Brasil)	Anfíbios anuros	População humana / Quantificar nas reservas selecionadas	Algoritmo sequencial baseado na riqueza e complementaridade		Células de 135 x 135 km	82 células (≈ 1.494.450 km <sup>2</sup> )
Sarkar et al.	<i>D &amp; D</i>	2004	EUA	Equador	Tipos de vegetação / Dados simulados		Programação linear inteira, algoritmos sequenciais baseados em complementaridade, raridade e complementaridade, e índices de diversidade α	Dash XPRESS, ILOG CPLEX 7.5 e modificações do programa ResNet	Células de 2 x 2 km	61.554 células (≈ 246.216 km <sup>2</sup> )
Tognelli	<i>Biol. Conserv.</i>	2005	EUA	América do Sul / Brasil	Mamíferos terrestres		Algoritmo sequencial baseado na raridade e complementaridade	ResNet e Surrogacy	Células de 100 x 100 km	1829 células na América do Sul (≈ 18.290.000 km <sup>2</sup> ) / 884 células no Brasil (≈ 8.840.000 km <sup>2</sup> )

Continuação Tabela II

Referência	Periódico*	Ano	Procedência dos autores	Região estudada	Dados utilizados**	Outros dados / uso	Método de seleção	Programa	Resolução espacial (grain)***	Extensão
Tognelli et al.	<i>Biol. Conser.</i>	2005	Chile	Área costeira do Chile	Mamíferos / Aves / Répteis / Peixes	Densidade populacional humana / Usada como custo na seleção de reservas	Algoritmos sequenciais baseados na riqueza e complementaridade	MARXAN	Bandas latitudinais de 0,5° lat./10 km long.	76 latitudinal bands (≈ 38.000 km <sup>2</sup> )
Bini et al.	<i>D &amp; D</i>	2006	Brasil	Cerrado (Brasil)	Anfíbios anuros / Dados simulados	Nº de inventários, temperatura anual média, e evapotranspiração anual / Modelar distribuições hipotéticas	<i>Simulated annealing</i>	SITES	Células de 1°	181 células (≈ 1.810.000 km <sup>2</sup> )
Diniz-Filho et al.	<i>Acta Oecol.</i>	2006	Brasil	Cerrado (Brasil)	Anfíbios anuros	População humana / Relacionar com riqueza e comparar com reservas selecionadas	<i>Simulated annealing</i>	SITES	Células de 1°	181 células (≈ 1.810.000 km <sup>2</sup> )
O'Dea et al.	<i>D &amp; D</i>	2006	Reino Unido	Andes tropicais (Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia)	Aves	Densidade populacional humana, <i>IBA (Important Bird Areas)</i> / Relacionar com riqueza, comparar com reservas selecionadas	Algoritmo sequencial baseado na riqueza e complementaridade	WORLDMAP	Células de 0,25°	6573 células (≈ 4.108.125 km <sup>2</sup> )
Diniz-Filho et al.	<i>B &amp; C</i>	2007	Brasil	Cerrado (Brasil)	Anfíbios anuros	População humana, produção de soja e densidade de bovinos / Usadas como custo na seleção de reservas	<i>Simulated annealing</i>	SITES	Células de 1°	181 células (≈ 1.810.000 km <sup>2</sup> )
Loyola et al.	<i>D &amp; D</i>	2007	Brasil	Brasil	Mamíferos / Aves / Répteis / Anfíbios		Ordenamento por riqueza		Ecoregiões do Brasil	10.050.000 km <sup>2</sup>
Oliveira et al.	<i>Lundiana</i>	2007	Brasil	Cerrado (Brasil)	Aves	Variáveis sócio-econômicas (23 variáveis) / Usadas como custo na seleção de reservas	<i>Simulated annealing</i>	SITES	Células 1°	181 células (≈ 1.810.000 km <sup>2</sup> )
Peralvo et al.	<i>B &amp; C</i>	2007	EUA	Região Pacífica Equatorial (Equador e Peru)	Plantas vasculares / Mamíferos / Aves	Variáveis físicas e bioclimáticas, proporção de habitat remanescente / Modelagem de distribuição, usada como custo	<i>Simulated annealing</i>	SPOT	Hexágonos com 25 km <sup>2</sup>	5900 hexágonos (≈ 147.500 km <sup>2</sup> )
Pinto et al.	<i>Bird Conserv. Int.</i>	2007	Brasil	Cerrado (Brasil)	Psittacidae (Aves)	População humana / Usada como custo na seleção de reservas	<i>Simulated annealing</i>	SITES	Células de 1°	181 células (≈ 1.810.000 km <sup>2</sup> )
Padua et al.	<i>Iheringia</i>	2008	Brasil	Cerrado (Brasil)	Anfíbios anuros		<i>Simulated annealing</i>	SITES	Células de 1°	181 células (≈ 1.810.000 km <sup>2</sup> )
Pinto et al.	<i>D &amp; D</i>	2008	Brasil	Cerrado (Brasil)	Aves		<i>Simulated annealing</i>	SITES	Células de 1°	181 células (≈ 1.810.000 km <sup>2</sup> )
Tognelli et al.	<i>D &amp; D</i>	2008	Chile / Argentina / EUA	Chile	Mamíferos / Aves / Répteis / Anfíbios / Peixes	Rede de áreas protegidas do Chile / Verificar eficiência do sistema	<i>Optimization algorithm</i>	MARXAN	Hexágonos com 100 km <sup>2</sup>	9190 hexágonos (≈ 919.000 km <sup>2</sup> )
Pinto & Grelle	<i>B &amp; C</i>	2009	Brasil	Mata Atlântica (Brasil)	Primates	Rede de áreas protegidas da Mata Atlântica / Verificar eficiência do sistema	<i>Simulated annealing</i>	SITES	Células de 0,25°	1884 células (≈ 1.177.500 km <sup>2</sup> )

\* D&D (Diversity and Distributions); *Acta Oecol. (Acta Oecologia)*; *Biol. Conserv. (Biological Conservation)*; *Amph-Rept. (Amphibia-Reptilia)*; *Conserv. Biol. (Conservation Biology)*; *J. Biosc. (Journal of Biosciences)*; *B & C (Biodiversity and Conservation)*; *Syst. Biol. (Systematic Biology)*; *Environ. Conserv. (Environmental Conservation)*; *Rev. Chil. Hist. Nat. (Revista Chilena de Historia Natural)*; *Bird Conserv. Inter. (Bird Conservation International)*.

\*\* Essa informação encontra-se no menor nível de resolução taxonômica que pôde ser identificado no artigo.

\*\*\* O grão é a unidade de análise.

\*\*\* Information at the lowest level of taxonomic resolution stated in the respective published article.

\*\*\* Grain is the analytical unit used.

Na maior parte dos trabalhos a seleção de reservas foi feita dentro de um país (21 trabalhos). Em três trabalhos a seleção de reservas foi feita em regiões que abrangem mais de um país, e em um trabalho a seleção foi feita em toda a América do Sul. A soma dá mais de vinte e quatro (o número total de trabalhos), porque em um trabalho (Tognelli 2005) a seleção de reservas foi feita separadamente para dois conjuntos de dados diferentes, sendo para toda a América do Sul, e apenas para o Brasil. O Brasil foi destacadamente o país mais estudado da América do Sul em artigos sobre seleção de reservas (12 artigos; Figuras 3 e 4), seguido do Chile e Equador, ambos estudados em quatro trabalhos. O Uruguai, o Suriname e o Paraguai não foram considerados em nenhum trabalho.

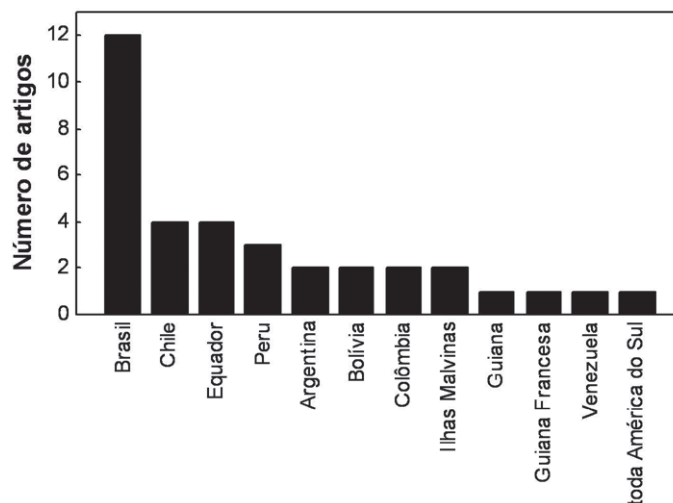
Em regiões dentro de países temos a região do Cerrado brasileiro como a mais estudada, sendo considerada em oito trabalhos sobre seleção de reservas. Dois trabalhos foram realizados na Mata Atlântica brasileira. Ainda dentro de países, um trabalho foi feito na província de Santa Fé, na Argentina, e um trabalho na região de Antofagasta e outro na área costeira do Chile. Entre os trabalhos feitos em países inteiros temos dois no Brasil, um no Chile, um no Equador, um na Guiana e um na Guiana Francesa. Dois trabalhos foram feitos nas Ilhas Malvinas, que estão localizadas no continente sul-americano, e são administradas politicamente pela Inglaterra. Alguns estudos abrangeram mais de um país, sendo os Andes tropicais considerados em dois estudos, um abrangendo

Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru, e outro abrangendo Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela, um estudo na Região Equatorial Pacífica, envolvendo Equador e Peru, e um estudo englobando todos os países da América do Sul.

Entre as informações sobre biodiversidade, conjuntos de dados referentes às informações sobre espécies foram os mais usados nos estudos sobre seleção de reservas na América do Sul (23 trabalhos). Apenas um trabalho considerou outros tipos de informações, usando os dados de tipos de vegetação do Equador. Dois trabalhos usaram dados de simulação. Entre os trabalhos que usaram informações relativas às espécies, 22 usaram dados de espécies animais e apenas três usaram dados de espécies de plantas. Entre os animais, apenas os vertebrados foram considerados, sendo as aves o grupo com maior destaque (13 artigos; Figura 5).

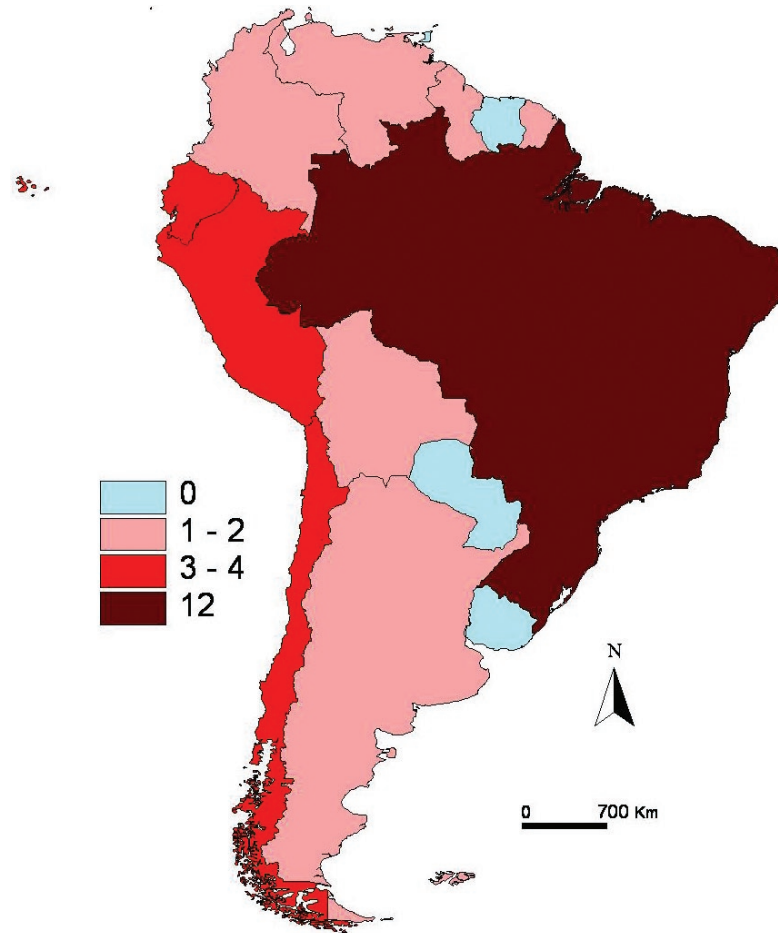
Outros tipos de dados foram usados em alguns artigos (Tabela II), tanto incorporados durante o processo de seleção de reservas como função de custo, ou usados com outros objetivos, como modelagem de distribuição de espécies, ou correlação com riqueza.

No processo de seleção de reservas foram usados principalmente algoritmos heurísticos sequenciais baseados na riqueza, raridade e complementaridade e o algoritmo não-sequencial baseado na complementaridade *simulated annealing*. As áreas também foram selecionadas usando programação linear (otimização), valores de insubstituibilidade, método de Rapoport *et al.* (1986), ordenação por riqueza, e análise de parcimônia.



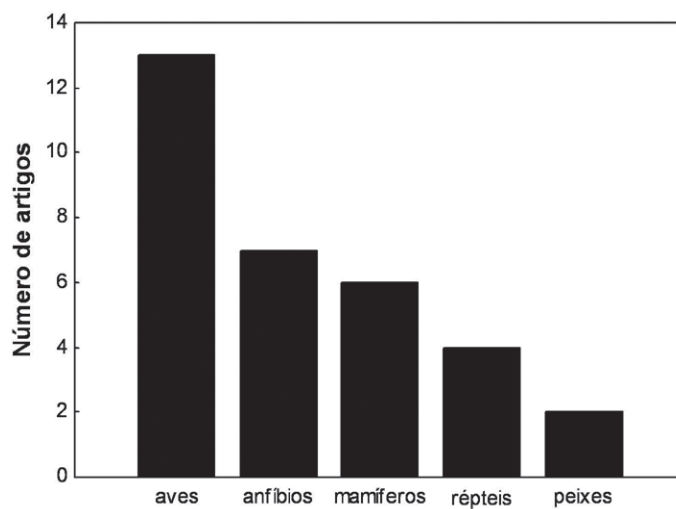
**Figura 3.** Países da América do Sul estudados ( $n = 35$ ) em artigos que fizeram seleção de reservas. A soma é maior que 24 porque muitos artigos estudaram mais de um país.

**Figure 3.** Countries studied in the reserve selection articles ( $n = 35$ ). The total number of studies exceeds 24 as some articles focused on more than one country.



**Figura 4.** Número de artigos sobre seleção de reservas nos diferentes países da América do Sul ( $n = 35$ ). A soma é maior que 24 porque muitos artigos estudaram mais de um país.

*Figure 4.* Map depicting the number of published articles on prioritization of areas for biological conservation by country in South America ( $n = 35$ ). The total number of articles exceeds 24 as some involved more than one country.



**Figura 5.** Grupos de vertebrados estudados nos trabalhos sobre seleção de reservas na América do Sul ( $n = 32$ ). Alguns trabalhos estudaram mais de um grupo de vertebrados, por isso o número total é maior que 24.

*Figure 5.* Vertebrate groups analyzed in the articles on reserve selection in South America ( $n = 32$ ). Some articles analyzed more than one vertebrate group, thus the total number of articles exceeds 24.



Considerando autoria e co-autoria, 61 autores diferentes publicaram artigos na área pesquisada. Porém, a maioria desses autores publicou apenas um trabalho (49 autores). Os autores que publicaram mais de um trabalho estão listados na Tabela III. Entre os

vinte e quatro trabalhos, quinze tinham pelo menos um autor com vínculo no mesmo país de estudo. Autores com vínculo institucional no Brasil foram os que mais tiveram participação em estudos sobre seleção de reservas na América do Sul (Figura 6).

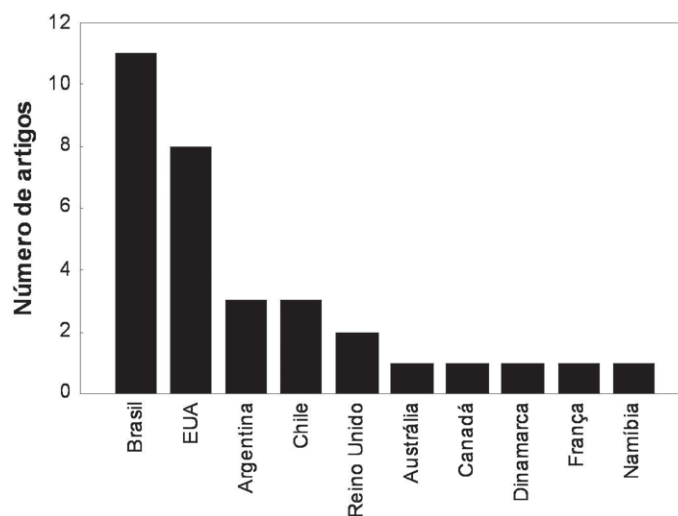
**Tabela III.** Número de trabalhos publicados e vínculo institucional dos diferentes autores e co-autores com mais de um artigo sobre seleção de reservas na América do Sul.

**Table III.** Number of published papers and current affiliations of authors and coauthors of studies on reserve selection in South America that published more than one article.

Autor	nº artigos	Vínculo institucional*
Diniz-Filho, J.A.F.	8	Universidade Federal de Goiás
Pinto, M.P.	8	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Bini, L.M.	6	Universidade Federal de Goiás
Bastos, R.P.	4	Universidade Federal de Goiás
Rangel, T.F.L.V.B.	4	<i>University of Connecticut, EUA</i>
Aggarwal, A.	3	<i>University of Texas at Austin, EUA</i>
Blamires, D.	3	Universidade Estadual de Goiás
Garson, J.	3	<i>University of Texas at Austin, EUA</i>
Sarkar, S.	3	<i>University of Texas at Austin, EUA</i>
Tognelli, M.F.	3	<i>Pontificia Universidad Católica de Chile / IADIZA - CONICET, Argentina</i>
Carvalho, P.	2	Universidade Estadual de Maringá
Marquet, P.A.	2	<i>Pontificia Universidad Católica de Chile / Instituto de Ecología y Biodiversidad, Chile / National Center for Ecological Analysis and Synthesis, EUA</i>

\* Vínculo institucional no último artigo publicado. Em itálico estão nomes de instituições de outros países que não o Brasil.

\* Affiliation stated on last published paper. Names in italics are of institutions outside Brazil.



**Figura 6.** País de vínculo institucional dos autores e co-autores ( $n = 32$ ) que publicaram trabalhos sobre seleção de reservas na América do Sul.

O número total é maior que 24 porque alguns trabalhos tiveram autores procedentes de diferentes países (cooperação internacional).

**Figure 6.** Country of current affiliation of authors and coauthors ( $n = 32$ ) of studies on reserves selection in South America. Total number exceeded 24 as some studies were made by researchers of different countries.

## O QUE FIZERAM OS TRABALHOS REALIZADOS NA AMÉRICA DO SUL?

Fjeldsá (2000) - Explorou o quanto a eficiência do planejamento sistemático é influenciada pelo nível de resolução taxonômica. Usou dados de aves dos Andes organizados de três formas: gênero, espécies de acordo com o conceito biológico e espécies filogenéticas. Selecionou reservas usando esses três conjuntos de dados diferentemente organizados.

Cavieres *et al.* (2002) - Determinaram com a *PAE* (*parsimony analysis of endemism*) áreas prioritárias para conservação com base na concentração de espécies endêmicas de plantas na região de Antofagasta (Chile), e compararam os resultados com o atual sistema de parques nacionais e reservas chilenos.

Funk & Richardson (2002) - Modelaram as distribuições de espécies de plantas e animais da Guiana usando dados de coleção e usaram esses dados para selecionar áreas prioritárias.

Kelley *et al.* (2002) - Compararam as performances de dois programas, *SITES* e *ResNet*, que implementam algoritmos de priorização de áreas diferentes usando quatro conjuntos de dados. Um dos conjuntos era de dados de aves nas Ilhas Malvinas.

Sarkar *et al.* (2002) - Descreveram o procedimento de seleção de reservas implementado pelo *software ResNet*, e aplicaram a dois conjuntos de dados. Um dos conjuntos era de dados de aves nas Ilhas Malvinas.

Thiollay (2002) - Usou diferentes algoritmos para selecionar áreas prioritárias na Guiana Francesa usando a diversidade de aves.

Loiselle *et al.* (2003) - Testaram a sensibilidade da seleção de reservas a diferentes modelos de distribuição de espécies (simples sobreposição, *Bioclim*, *Domain*, regressão logística, *GARP*). Para isso foram usados dados de Cotingidae (Aves) da Mata Atlântica.

Arzamendia & Giraud (2004) - Analisaram os padrões biogeográficos de riqueza das serpentes da província de Santa Fé, Argentina, selecionaram áreas prioritárias para conservação, e verificaram se as reservas existentes coincidiram com as áreas prioritárias.

Diniz-Filho *et al.* (2004) - As regiões mais importantes que deveriam ser incluídas num sistema de reservas para proteger as espécies de anuros do Cerrado foram definidas sequencialmente usando riqueza e complementaridade. Avaliaram os parâmetros

populacionais (tamanho populacional humano e taxa de crescimento) das áreas selecionadas.

Sarkar *et al.* (2004) - Estudaram a performance de dois programas de otimização e cinco algoritmos heurísticos baseados em medidas tradicionais de raridade, complementaridade, e nos índices Shannon e Simpson de diversidade alfa. Usaram dados de tipos de vegetação do Equador e dados hipotéticos.

Tognelli (2005) - Determinou o quanto áreas selecionadas com base em grupos indicadores (espécies ameaçadas, espécies geograficamente raras, espécies-bandeira, e espécies de grande tamanho corporal) representam de toda a diversidade de mamíferos terrestres da América do Sul. Isso foi feito separadamente para toda a América do Sul e para o Brasil.

Tognelli *et al.* (2005) - Usaram as distribuições de espécies de vertebrados marinhos costeiros do Chile e a densidade populacional humana para identificar áreas prioritárias para conservação, e avaliar o grau de congruência espacial entre os diferentes grupos-alvo.

Bini *et al.* (2006) - Modelagem de distribuições de *HUS* (*hypothetical undescribed species*) a partir do pressuposto de que essas estariam restritas a áreas pouco amostradas do Cerrado. Para a modelagem foram usados os padrões de conhecimento da biodiversidade e dados ambientais. As distribuições geradas para as *HUS*, assim como as distribuições de espécies de anfíbios conhecidas, foram usadas no processo de seleção de reservas. Os autores verificaram quantas *HUS* são representadas em redes selecionadas para as espécies existentes.

Diniz-Filho *et al.* (2006) - Analisaram as relações entre riqueza de espécies de anfíbios anuros, insubstituibilidade e tamanho populacional humano no cerrado brasileiro. O tamanho populacional nas redes selecionadas foi comparado àquele de redes selecionadas ao acaso.

O'Dea *et al.* (2006) - Avaliaram o desempenho das *IBAs* (*Important Bird Areas*): se as *IBAs* têm maior riqueza de espécies do que o esperado ao acaso, se as *IBAs* têm maior densidade populacional humana do que o esperado ao acaso. Verificaram o padrão de coincidência entre a riqueza de espécies de aves ameaçadas e a população humana nos Andes tropicais. Compararam o desempenho das *IBAs* definidas por especialistas com procedimentos sistemáticos de seleção de reservas que maximizam a representação das espécies de aves ameaçadas e minimizam conflitos de conservação.

Diniz-Filho *et al.* (2007) - Avaliaram os padrões espaciais de riqueza e endemismo das espécies de anuros no Cerrado, e como esses padrões podem ser representados definindo quais regiões do bioma (usando o conceito de complementaridade) são importantes para representar essas espécies. Também foram selecionadas áreas minimizando o tamanho populacional humano, a produtividade de culturas de soja e a densidade de gado.

Loyola *et al.* (2007) - Usaram dez potenciais grupos indicadores (todas as espécies de vertebrados, mamíferos, aves, répteis, anfíbios, todas as espécies endêmicas, espécies endêmicas dentro de cada classe) para selecionar áreas prioritárias. Avaliaram a performance de áreas prioritárias usando os diferentes grupos indicadores para representar os vertebrados.

Oliveira *et al.* (2007) - Selecionaram áreas prioritárias para conservação na região do Cerrado (Brasil), usando dados de diversidade de embrezeiros (Aves), e tentando minimizar custos sócio-econômicos.

Peralvo *et al.* (2007) - A distribuição de espécies de plantas, aves e mamíferos foi modelada usando dados ambientais na Região Pacífica Equatorial (Equador e Peru). Usando essas distribuições foram identificadas áreas prioritárias para conservação usando diferentes cenários de compactação das áreas e de fragmentação dos habitats remanescentes.

Pinto *et al.* (2007) - Selecionaram redes de áreas prioritárias para conservar Psittacidae no Cerrado, incorporando o tamanho populacional humano como uma restrição, avaliando, assim, a possibilidade de minimizar conflitos de conservação.

Padua *et al.* (2008) - Verificaram como a periferia das distribuições das espécies influencia na seleção de áreas para conservação de anuros no Cerrado. Foram usados dois conjuntos de dados, um contendo a distribuição original das espécies e outro excluindo a periferia das distribuições.

Pinto *et al.* (2008) - Selecionaram áreas prioritárias para diferentes grupos (ordens e famílias) de aves do Cerrado e verificaram o quanto essas áreas representam da diversidade de outros grupos e da diversidade total de aves, tentando identificar grupos indicadores. Avaliaram quais características dos grupos podem explicar melhor sua eficiência como grupos indicadores.

Tognelli *et al.* (2008) - Fizeram uma análise de lacunas para as espécies de vertebrados do Chile e identificaram áreas para conservação para complementar a rede de reservas existente.

Pinto & Grelle (2009) - Verificaram a performance do sistema de reservas existente na Mata Atlântica para representação de primatas e selecionaram áreas para complementar o sistema atual. O sistema de reservas considerado levou em conta a área mínima para populações viáveis da maior espécie de primata endêmico desse bioma.

## DISCUSSÃO

O estudo e aplicação de diferentes métodos de seleção de reservas na América do Sul é recente, uma vez que o primeiro trabalho foi publicado em 2000. Não foi possível detectar um aumento significativo do número de estudos, mas isso provavelmente ocorreu porque a faixa de tempo analisada é muito pequena. As revistas que concentram o maior número de artigos dessa sub-área são de circulação internacional sobre conservação, *Diversity and Distributions* e *Biodiversity and Conservation*. O fator de impacto dessas revistas é 2,965 (*Diversity and Distributions*) e 1,421 (*Biodiversity and Conservation*) (acesso através do portal Periódicos Capes – [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br) – no dia 06/03/2009). Devemos lembrar que a base de dados fornece uma boa representação da literatura de grande circulação, porém não engloba revistas de circulação local.

Existem muitos vieses geográficos e taxonômicos na pesquisa em ecologia (Wilson *et al.* 2007) e em trabalhos sobre seleção de reservas (Pinto & Bini 2008). Os diferentes grupos de organismos atraem o interesse humano de forma distinta por diferentes razões. Existe uma tendência contra organismos que não são populares (Bonnet *et al.* 2002). A Biologia da Conservação é vista principalmente do ponto de vista macroscópico de grandes organismos (ver Clark & May 2002, Seddon *et al.* 2005). Em pesquisas com espécies exóticas invasoras, os vieses taxonômicos são menores do que os geográficos (Pyšek *et al.* 2008). Neste levantamento nenhum estudo utilizou informações sobre algum grupo de invertebrados para selecionar reservas. Grande parte das informações utilizadas foi de vertebrados terrestres, especialmente aves. O número de estudos sobre seleção de reservas desenvolvidos no Brasil foi claramente mais alto do que em outros países da América do Sul. Os vieses geográficos podem ser explicados parcialmente pela diferentes quantidades de recursos financeiros dispo-

níveis para pesquisas em diferentes regiões do mundo (Leimu & Koricheva 2005, Pyšek *et al.* 2006). O desenvolvimento econômico de um país afeta a prioridade em pesquisa não apenas diretamente, com mais ou menos recursos investidos, mas também historicamente, uma vez que maior desenvolvimento econômico em geral implica em melhor desenvolvimento da ciência e educação (Pyšek *et al.* 2008). O Brasil, além de ser o país mais estudado, é também aquele com pesquisadores que mais publicam sobre esse tema. No entanto, também é o maior país da América do Sul em extensão territorial e possui uma ampla variedade de biomas. Assim, existem restrições quanto à conclusão e afirmação de que existem vieses geográficos e taxonômicos, uma vez que os trabalhos desenvolvidos nessa área são poucos e recentes.

Entre as regiões estudadas, o destaque para o Cerrado brasileiro considerado em um grande número de artigos é muito positivo, uma vez que esse bioma é considerado um *hotspot* de biodiversidade (Myers *et al.* 2000). Outros *hotspots* da América do Sul são a Mata Atlântica, os Andes tropicais, a região central do Chile e o Oeste do Equador (Myers *et al.* 2000), e todos estes também foram estudados em algum trabalho sobre seleção de reservas na América do Sul.

Os trabalhos desenvolvidos na América do Sul seguem a tendência mundial de utilização maior de dados de espécies do que de outros tipos de dados (Pinto & Bini 2008), como tipos de vegetação e dados climáticos, para selecionar reservas. Muitas vezes outros dados são utilizados, não como fonte de informação da biodiversidade para a seleção de reservas, mas em procedimentos anteriores, como modelagem de distribuição geográfica de espécies. Outros dados também podem ser usados durante o processo de seleção de reservas, como dados de população humana, com o objetivo de minimizar custos das redes selecionadas, ou após a seleção de reservas, como dados de localização de unidades de conservação existentes, que podem ser comparados às áreas escolhidas como reservas.

## CONCEITOS BÁSICOS E DIFERENTES ABORDAGENS

### COMPLEMENTARIDADE E CONCEITOS ASSOCIADOS

O conceito chave que sustenta o planejamento sistemático de conservação é o de complementaridade

(Vane-Wright *et al.* 1991). Complementaridade é uma medida da contribuição de uma área em uma região para a representação das características da biodiversidade, sejam estas espécies, comunidades, processos ecológicos. (Margules & Sarkar 2007). É impossível representar todos os componentes da biodiversidade, por isso geralmente são usadas medidas ou conjuntos parciais de dados. Devem ser atribuídos objetivos explícitos ou metas de representação numa rede de reservas a esses conjuntos para a região de interesse no processo de seleção de áreas (Pressey & Logan 1998, Warman *et al.* 2004, Justus *et al.* 2008). Alguns exemplos de objetivos usados são populações de determinados tamanhos, um número específico de populações das espécies, uma porcentagem do total das distribuições das espécies, ou da distribuição de classes ambientais. Assim, a complementaridade é medida como a contribuição de uma área para as metas de conservação. Uma área tem maior valor de complementaridade que outra se esta tem mais características biológicas (consideradas num determinado trabalho) que ainda não alcançaram o objetivo de representação na rede de reservas. Esse processo é iterativo, de modo que, a cada área escolhida, a contribuição das áreas restantes para atingir as metas, muda. Além disso, áreas com alto valor de complementaridade não são necessariamente aquelas com maior riqueza de espécies. Duas áreas podem ter alta riqueza, mas possuírem exatamente o mesmo conjunto de espécies. O valor de complementaridade de uma área que possui poucas espécies, mas que não ocorrem amplamente na região estudada é maior do que aquele de áreas com muitas espécies, mas que estão amplamente distribuídas por toda região. Assim, o conceito de complementaridade está relacionado à diversidade beta, a diferença na composição entre duas áreas (Bini *et al.* 2004). A introdução do conceito de complementaridade (Kirkpatrick 1983, Margules *et al.* 1988, Rebelo & Siegfried 1990) foi uma das principais inovações em seleção de reservas. Atualmente ele tem sido usado em praticamente todos os algoritmos de seleção de reservas.

A raridade também é um conceito muito usado em procedimentos de seleção de reservas (Williams *et al.* 1996). Nesta área de pesquisa, a raridade geralmente é definida pelo tamanho da distribuição geográfica, e isso pode funcionar como uma forma de dar prioridade às espécies endêmicas.

Se existem várias soluções alternativas que são igualmente adequadas para a representação dos alvos de conservação, a flexibilidade é alta, e isso pode ser interessante economicamente (Bedward *et al.* 1992, Pressey *et al.* 1993, Church *et al.* 1996). Um conceito associado à flexibilidade do sistema é o de insubstituibilidade (Pressey *et al.* 1994), que indica se uma área pode ser substituída por outra. Uma determinada área que contenha um espécie endêmica à ela é totalmente insubstituível, uma vez que aquela espécie só pode ser representada naquele lugar. A insubstituibilidade de uma área só pode ser definida em relação à um conjunto de soluções.

### BIODIVERSIDADE E TIPOS DE DADOS

Biodiversidade é variedade biológica resultante de processos evolutivos ao longo de milênios. O reino biológico é caracterizado por variabilidade e complexidade em cada nível de organização estrutural, taxonômica e funcional. No entanto, para se tornar operacional, o termo biodiversidade é usado geralmente para se referir a apenas um nível de organização. Nos trabalhos sobre seleção de reservas esse termo é muito usado para se referir à diversidade de espécies (Araújo *et al.* 2001), diversidade filogenética (Faith 2002, Rodrigues & Gaston 2002a), diversidade de habitats (Araújo *et al.* 2001, Cowling & Heijnis 2001). No entanto, um fator que limita os estudos em seleção de reservas é a disponibilidade de dados (Prendergast *et al.* 1999).

Muitas vezes são usados indicadores (*surrogates*) de biodiversidade (Margules & Pressey 2000) que podem ser quantificados. Alguns trabalhos tentam estimar o quanto determinado conjunto da biodiversidade pode funcionar como indicador de outros conjuntos (Pharo *et al.* 1999, Lombard *et al.* 2003, Sætersdal *et al.* 2003, Chiarucci *et al.* 2005, Lawler & White 2008, Pinto *et al.* 2008). Subconjuntos taxonômicos, variáveis ambientais e classes ambientais, espécies ou outras características em risco de extinção, espécies raras ou endêmicas, espécies carismáticas, espécies com valor comercial são alguns exemplos de subconjuntos escolhidos nos processos de seleção de reservas (veja a revisão recente Rodrigues & Brooks 2007). A escolha do conjunto de dados sempre estará restrita por quais dados existem disponíveis ou podem ser obtidos num

determinado espaço de tempo (Margules & Sarkar 2007) e com determinadas restrições de custo.

Alguns critérios são usados para identificar grupos indicadores. Entre eles temos os papéis funcionais das espécies, escolhendo espécies-chave, que são muito importantes nos processos ecológicos. Espécies bandeira são espécies grandes e carismáticas, cuja conservação indiretamente conserva outras espécies que compartilham o seu habitat (Hess *et al.* 2006). Táxon guarda-chuva precisaria de áreas tão grandes (predadores de topo) que outras espécies também estariam protegidas (Hager *et al.* 2006). Espécies com importância comercial às vezes são usadas (Andelman & Fagan 2000). Espécies ou grupos taxonômicos indicadores são aqueles cuja presença e diversidade está associada com níveis gerais de diversidade. O planejamento de conservação pode se basear em espécies ameaçadas de extinção, usando critérios baseados no risco de conservação. A diferença filogenética também é usada, uma vez que espécies mais distintas filogeneticamente estariam contribuindo para a diversidade genética e morfológica (Vane-Wright *et al.* 1991, Faith 1992, Weitzman 1993). Independente do critério usado, a performance dos grupos indicadores deve ser sempre testada. A performance dos grupos indicadores pode depender da escala espacial. Se toda a região é considerada uma área (a menor resolução possível), essa área irá conter os indicadores e os alvos de conservação. Assim, os indicadores seriam perfeitos. Por outro lado, se as áreas são muito pequenas, pode ser que nenhuma área tenha em comum indicadores e alvos de conservação.

Garson *et al.* (2002) estudou a performance de aves como indicadores de espécies ameaçadas e verificou que esta melhora com o aumento da área até uma área de 100 km<sup>2</sup>. Mas a partir daí, em escalas maiores, a performance não era muito melhor. Sarkar *et al.* (2005) também realizou o mesmo tipo de estudo mas não encontrou nenhum padrão claro. Outros trabalhos avaliaram o quanto redes de reservas selecionadas para determinados conjuntos de organismos são eficientes para representar a diversidade de outros grupos de organismos (Williams *et al.* 2000, Lund & Rahbek 2002, Sætersdal *et al.* 2003, Pinto *et al.* 2008), o que é uma forma de avaliar a eficiência desses grupos como indicadores.

Informações sobre muitas espécies são escassas e enviesadas. O primeiro problema, de existirem pouco

dados sobre as espécies, pode ser aliviado através da modelagem espacial baseada nas localidades das espécies. Mas a maioria dos planejamentos conservacionistas vai ter que lidar e aceitar o problema dos vieses espaciais (Margules & Sarkar 2007), em que os dados existentes não são bem distribuídos no espaço e estão associados com existência de cidades, estradas e rios.

Uma rede de reservas que represente uma variedade de combinações ambientais de uma região provavelmente também representa espécies desconhecidas e espécies conhecidas com padrões de distribuição não conhecidos. Além disso, os dados necessários para delinear tipos de ambientes muitas vezes estão mais disponíveis em amplas escalas geográficas do que registros de ocorrência das espécies (Margules & Sarkar 2007; veja Balmford & Gaston 1999, Brooks *et al.* 2004, Cowling *et al.* 2004, Higgins *et al.* 2004, Pressey 2004). Porém, as relações entre as classes ambientais e os padrões de distribuição e abundância das espécies geralmente não são claras e é difícil de quantificar, e algumas espécies podem ocorrer numa combinação de variáveis ambientais não reconhecidas por uma classificação.

#### PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO DE RESERVAS

Existem duas classes principais de problemas que são resolvidos em procedimentos de seleção de reservas. O problema de minimização da área (Pressey *et al.* 1997) é aquele onde o conjunto de áreas deve ter a área mínima total e todos os alvos de conservação devem ser representados. Não existe restrição quanto ao número total de áreas que podem ser selecionadas.

No problema da maximização da representação (Church *et al.* 1996), dada uma área máxima, deve-se maximizar o número de representações dos alvos (atingindo os objetivos de conservação ou não) dentro dessa área. Existe uma restrição limitando quantas áreas podem ser adquiridas. Qualquer tipo de custo, e não apenas área, pode ser incorporado nesses dois problemas.

Uma abordagem para seleção de reservas é a escolha de *hotspots*, áreas com grande concentração de espécies, tanto utilizando como critério todas as espécies (riqueza), espécies raras ou endêmicas (Reid 1998). No entanto, os métodos baseados em

complementaridade geralmente minimizam o número de áreas necessárias para representar o maior número de espécies (Pressey *et al.* 1993, Williams *et al.* 1996, Reyers *et al.* 2000, Turpie *et al.* 2000), enquanto a seleção de *hotspots* de riqueza de espécies não fornece a melhor representação de todas as espécies (Gaston 1996, Williams *et al.* 1996, Reid 1998).

Algoritmos heurísticos são os mais usados nos procedimentos de seleção de reservas. Esses são algoritmos passo-a-passo, que executam uma seqüência de passos a cada vez. Um exemplo seria um algoritmo passo-a-passo baseado na riqueza e na complementaridade. A primeira área escolhida seria aquela com maior número de espécies. A próxima área seria aquela com maior número de espécies complementares à área já escolhida. E assim por diante até que todos os objetivos de representação tenham sido satisfeitos. Também são usados algoritmos ótimos em seleção de reservas. Esses são eficientes para atingir eficiência da rede em termos de custo, mas não são os melhores quando se fala em eficiência computacional quando são usados grandes conjuntos de dados. Existem muitas comparações entre algoritmos heurísticos e algoritmos ótimos, e os principais argumentos são que os ganhos em termos de custo dos algoritmos ótimos não compensam as perdas em termos de eficiência computacional (Pressey *et al.* 1996), além de serem menos transparentes, uma vez que não sabemos exatamente os procedimentos executados pelo algoritmo (Csuti *et al.* 1997, Pressey *et al.* 1997). Existem outros debates sobre esses dois tipos de algoritmos na literatura (Rodrigues & Gaston 2002b).

Uma terceira classe de algoritmos, chamada meta-heurísticos, pode alcançar a mesma eficiência em termos de custo que os algoritmos ótimos e serem tão computacionalmente eficientes quanto os heurísticos. Estes funcionam com um controle da execução passo-a-passo, até que algum critério de saída seja satisfeito, como um número estabelecido de iterações. Por exemplo, várias áreas são selecionadas, e depois áreas são trocadas para ver se existe alguma diminuição numa função de custo (representar os alvos de conservação e minimizar a área), e esse procedimento se repete até que não tenha mais diminuição no custo ou se esgote o número de iterações pré-determinado. Dentro dessa categoria está o algoritmo *simulated annealing* (Kirkpatrick *et al.* 1983) muito usado em procedimentos de seleção de reservas. Este é um

algoritmo não sequencial que encontra soluções ótimas (número mínimo de células), comparando conjuntos inteiros de áreas. Inicialmente, o algoritmo seleciona uma rede aleatória de células e a cada iteração muda o sistema também aleatoriamente adicionando, excluindo, e/ou trocando células (Possingham *et al.* 2000), e compara as mudanças resultantes na equação de custo (Kelley *et al.* 2002). O aumento de custo aceitável diminui no decorrer de cada iteração (Andelman *et al.* 1999).

#### ANÁLISE DE LACUNAS (GAP ANALYSIS)

Em muitas regiões do mundo já existem áreas para conservação. Muitas vezes estas não foram definidas usando informações sobre a biodiversidade e por isso talvez não forneçam uma boa representação desta. O planejamento sistemático de conservação geralmente tem como objetivo transformar essas áreas já existentes em redes mais representativas, complementando estas com novas áreas que irão trazer maiores contribuições (Rodrigues *et al.* 2004, O'Dea *et al.* 2006, Tognelli *et al.* 2008, Pinto & Grelle 2009). O objetivo principal da análise de lacunas é determinar o quanto os objetivos de conservação foram alcançados em redes de reservas existentes e identificar lacunas que têm que ser preenchidas com novas áreas prioritárias.

#### ATRIBUINDO CUSTO ÀS ÁREAS

Os lugares e recursos que serão destinados à conservação são restritos. Existem outros tipos de uso aos quais é destinada a terra, como recreação, habitação humana, agricultura, desenvolvimento industrial, extração de recursos, pecuária. Em muitos casos não seria ético ignorar esses fatos, e na maioria das vezes é politicamente imprudente (Margules & Sarkar 2007). Por isso é importante incorporar custos econômicos durante o processo de seleção de áreas, de maneira que os escassos recursos sejam mais eficientemente direcionados (Pressey *et al.* 1993). Algumas medidas de complementaridade também incorporam informação de custo das áreas.

Um conjunto de áreas prioritárias pode ser selecionado de maneira a otimizar custos de oportunidades, mas mantendo como objetivo principal atingir as metas de conservação. Algumas informações usadas como custo são agricultura, desmatamento,

recreação, desenvolvimento industrial e urbanização, ou o próprio custo monetário para aquisição das áreas (Brandon *et al.* 2005, Strange *et al.* 2006, Peralvo *et al.* 2007, Rangel *et al.* 2007). O tamanho populacional humano também é usado muitas vezes como custo (Pinto *et al.* 2007, Valenzuela-Galván & Vázquez 2008). Essa medida é interessante, uma vez que, além de potencial indicador de custo econômico, também é indicador de alteração de habitat. Então, os custos atribuídos às áreas podem não ser econômicos ou indicadores de valor econômico, mas outras variáveis cujo objetivo é minimizar durante o processo de seleção de reservas.

Muitas outras variáveis indicadoras de valor econômico podem também ser indicadores de alteração de habitat, como agricultura, pecuária e urbanização. Os indicadores de alteração de habitat são muito usados como custos nesses estudos para que as redes não contenham áreas muito degradadas. Existem variáveis mais diretas de alteração de habitat, como quantidade de remanescentes florestais, ou grau de fragmentação, mas estas podem ser mais difíceis de obter. Informações como agricultura, pecuária, tamanho populacional humano podem ser usadas com o objetivo de minimizá-las porque competem pelo uso da terra com outros objetivos, como aqueles conservacionistas.

Entramos numa classe de problemas que tem sido chamada no planejamento sistemático de conservação como conflitos de conservação. Os conflitos de conservação são investigados através da correlação em amplas escalas espaciais entre a riqueza de espécies e a densidade populacional humana (Balmford *et al.* 2001, Araújo 2003, Chown *et al.* 2003, Gaston & Evans 2004, Luck *et al.* 2004). No entanto, essa medida pode não ser a mais adequada uma vez que áreas pobres em espécies podem ter altos valores de complementaridade (Faith 2001). A relação entre os valores de complementaridade e a densidade de populações também são usados, assim como a minimização direta dos conflitos através dos procedimentos de seleção de reservas (Diniz-Filho *et al.* 2006).

#### CONCLUSÃO

A pesquisa sobre seleção de reservas na América do Sul ainda é muito recente. No entanto, essa é uma área de pesquisa de grande interesse e aumento do

número de publicações em todo o mundo. A utilização de informações sobre a biodiversidade é fundamental tanto no processo de escolha de regiões importantes para conservação, quanto em estudos de seleção de reservas sobre utilização de diferentes tipos de dados, de diferentes unidades de análise, estudo da representação da biodiversidade nas unidades de conservação, conflitos de conservação, estudo dos padrões espaciais de biodiversidade. Provavelmente, na América do Sul, o número de trabalhos deve aumentar nos próximos anos, acompanhando a tendência mundial. Além disso, essa área de pesquisa deve trazer importantes contribuições para seleção e implementação de reservas na prática, e incentivar a utilização de informações espaciais da diversidade.

**AGRADECIMENTOS:** Esse estudo contou com apoio da FAPERJ, através de bolsa de doutorado concedida a Míriam Plaza Pinto.

## REFERÊNCIAS

- ANDELMAN, S.; BALL, I.; DAVIS, F. & STOMS, D. 1999. SITES v 1.0 - An analytical toolbox for designing ecoregional conservation portfolios. Technical report, The Nature Conservancy. <http://www.biogeog.ucsb.edu/projects/tnc/toolbox.html>
- ANDELMAN, S.J. & FAGAN, W.F. 2000. Umbrellas and flagships: efficient conservation surrogates, or expensive mistakes? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97: 5954-5959.
- ARAÚJO, M.B. 2003. The coincidence of people and biodiversity in Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 12: 5-12.
- ARAÚJO, M.B.; HUMPHRIES, C.J.; DENSHAM, P.J.; LAMPINEN, R.; HAGEMEIJER, W.J.M.; MITCHELL-JONES, A.J. & GASC, J.P. 2001. Would environmental diversity be a good surrogate for species diversity? *Ecography*, 24(1): 103-110.
- ARZAMENDIA, V. & GIRAUDO, A.R. 2004. Using biodiversity patterns for assessment and design protected areas: snakes of Santa Fe province (Argentina) as example. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77: 335-348.
- BALMFORD, A. & GASTON, K.J. 1999. Why biodiversity surveys are good value? *Nature*, 398: 204-205.
- BALMFORD, A.; MOORE, J.L.; BROOKS, T.; BURGESS, N.; HANSEN, L.A.; WILLIAMS, P. & RAHBEK, C. 2001. Conservation conflicts across Africa. *Science*, 291: 2616-2619.
- BEDWARD, M.; PRESSEY, R.L. & KEITH, D.A. 1992. A new approach for selecting fully representative reserve networks: addressing efficiency, reserve design, and land suitability with an iterative analysis. *Biological Conservation*, 62: 115-125.
- BINI, L.M.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; PINTO, M.P.; SILVA, M.S.D.; CARVALHO, P.; RANGEL, T.F.L.V.B. & BASTOS, R.P. 2004. Estabilidade dos algoritmos de seleção de unidades de conservação em relação à diversidade beta de anfíbios anuros no Cerrado. Pp. 234-240. *In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. Curitiba, PA. Vol. I. 718 p.
- BINI, L.M.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; RANGEL, T.F.L.V.B.; BASTOS, R.P. & PINTO, M.P. 2006. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. *Diversity and Distributions*, 12: 475-482.
- BONNET, X.; SHINE, R. & LOURDAIS, O. 2002. Taxonomic chauvinism. *Trends in Ecology and Evolution*, 17: 1-3.
- BRANDON, K.; GORENFLO, L.J.; RODRIGUES, A.S.L. & WALLER, R.W. 2005. Reconciling biodiversity conservation, people, protected areas, and agricultural suitability in Mexico. *World Development*, 33(9): 1403-1418.
- BROOKS, T.; FONSECA, G.A.B. & RODRIGUES, A.S.L. 2004. Species, data, and conservation planning. *Conservation Biology*, 18: 1682-1688.
- CAVIERES, L.A.; ARROYO, M.T.K.; POSADAS, P.; MARTICORENA, C.; MATTHEI, O.; RODRÍGUEZ, R.; SQUEO, F.A. & ARANCIO, G. 2002. Identification of priority areas for conservation in an arid zone: Application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1301-1311.
- CHIARUCCI, A.; D'AURIA, F.; DOMINICIS, V.; LAGANÀ, A.; PERINI, C. & SALERNI, E. 2005. Using vascular plants as a surrogate taxon to maximize fungal species richness in reserve design. *Conservation Biology*, 19(5): 1644-1652.
- CHOWN, S.L.; VAN RENSBURG, B.J.; GASTON, K.J.; RODRIGUES, A.S.L. & VAN JAARSVELD, A.S. 2003. Energy, species richness, and human population size: conservation implications at a national scale. *Ecological Applications*, 13: 1233-1241.
- CHURCH, R.L.; STOMS, D.M. & DAVIS, F.W. 1996. Reserve selection as a maximal covering location problem. *Biological Conservation*, 76: 105-112.
- CLARK, J.A. & MAY, R.M. 2002. Taxonomic bias in conservation research. *Science*, 297 (5579): 191-192.
- COWLING, R.M. & HEIJNIS, C.E. 2001. The identification of Broad Habitat Units as biodiversity entities for systematic



- conservation planning in the Cape Floristic Region. *South African Journal of Botany*, 67: 15-38.
- COWLING, R.M.; KNIGHT, A.T.; FAITH, D.P.; FERRIER, S.; LOMBARD, A.T.; DRIVER, A.; ROUGET, M.; MAZE, K. & DESMET, P.G. 2004. Nature conservation requires more than a passion for species. *Conservation Biology*, 18: 1674-1676.
- CSUTI, B.; POLASKY, S.; WILLIAMS, P.H.; PRESSEY, R.L.; CAMM, J.D.; KERSHAW, M.; KIESTER, A.R.; DOWNS, B.; HAMILTON, R.; HUSO, M. & SAHR, K. 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation*, 80: 83-97.
- DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M.; PINTO, M.P.; RANGEL, T.F.L.V.B.; CARVALHO, P. & BASTOS, R.P. 2006. Anuran species richness, complementarity and conservation conflicts in Brazilian Cerrado. *Acta Oecologica*, 29: 9-15.
- DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M.; PINTO, M.P.; RANGEL, T.F.L.V.B.; CARVALHO, P.; VIEIRA, S.L. & BASTOS, R.P. 2007. Conservation biogeography of anurans in Brazilian Cerrado. *Biodiversity and Conservation*, 16: 997-1008.
- DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M.; VIEIRA, C.M.; SOUZA, M.C.; BASTOS, R.P.; BRANDÃO, D. & OLIVEIRA, L.G. 2004. Spatial patterns in species richness and priority areas for conservation of anurans in the Cerrado region, Central Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 25: 63-75.
- FAITH, D.P. 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*, 61: 1-10.
- FAITH, D.P. 2001. Overlap of species richness and development-opportunity does not imply conflict. *Science*, 293: 1591-1592.
- FAITH, D.P. 2002. Quantifying biodiversity: a phylogenetic perspective. *Conservation Biology*, 16(1): 248-252.
- FALAGAS, M.E.; PITSOUNI, E.I.; MALIETZIS, G.A. & PAPPAS, G. 2008. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weakness. *The FASEB Journal*, 22: 338-342.
- FJELDSÅ, J. 2000. The relevance of systematics in choosing priority areas for global conservation. *Environmental Conservation*, 27(1): 67-75.
- FUNK, V.A. & RICHARDSON, K.S. 2002. Systematic data in biodiversity studies: use it or lose it. *Systematic Biology*, 51(2): 303-316.
- GARSON, J.; AGGARWAL, A. & SARKAR, S. 2002. Birds as surrogates for biodiversity: an analysis of a data set from southern Québec. *Journal of Biosciences*, 4(suppl. 2): 347-360.
- GASTON, K.J. 1996. Biodiversity – congruence. *Progress in Physical Geography*, 20: 105-112.
- GASTON, K.J. & EVANS, K.L. 2004. Birds and people in Europe. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 271: 1649-1655.
- GAVEL, Y. & ISELID, L. 2008. Web of Science and Scopus: a journal title overlap study. *Online Informative Review*, 32(1): 8-21.
- HAGER, H.A.; GORMAN, R.M. & NUDDS, T.D. 2006. The relative performance of umbrella species for biodiversity conservation in island archipelagos of the Great Lakes, North America. *Ecoscience*, 13(4): 475-484.
- HEIKKINEN, R.K. 2002. Complementarity and other key criteria in the conservation of herb-rich forests in Finland. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1939-1958.
- HESS, G.R.; BARTEL, R.A.; LEIDNER, A.K.; ROSENFELD, K.M.; RUBINO, M.J.; SNIDER, S.B. & RICKETTS, T.H. 2006. Effectiveness of biodiversity indicators varies with extent, grain, and region. *Biological Conservation*, 132: 448-457.
- HIGGINS, J.V.; RICKETTS, T.H.; PARRISH, J.D.; DINERSTEIN, E.; POWELL, G.; PALMINTERI, S.; HOEKSTRA, J.M.; MORRISON, J.; TOMASEK, A. & ADAMS, J. 2004. Beyond Noah: saving species is not enough. *Conservation Biology*, 18: 1672-1673.
- JUSTUS, J.; FULLER, T. & SARKAR, S. 2008. Influence of representation targets on the total area of conservation-area networks. *Conservation Biology*, 22(3): 673-682.
- KATI, V.; DEVILLERS, P.; DUFRÊNE, M.; LEGAKIS, A.; VOKOU, D. & LEBRUN, P. 2004. Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. *Conservation Biology*, 18(3): 667-675.
- KELLEY, C.; GARSON, J.; AGGARWAL, A. & SARKAR, S. 2002. Place prioritization for biodiversity reserve network design: a comparison of the SITES and ResNet software packages for coverage and efficiency. *Diversity and Distributions*, 8: 297-306.
- KIRKPATRICK, J.B. 1983. An iterative method for establishing priorities for the selection of nature reserves: an example from Tasmania. *Biological Conservation*, 25: 127-134.
- KIRKPATRICK, S.; GELATT, C.D. & VECCHI, M.P. 1983. Optimisation by simulated annealing. *Science*, 220: 671-680.
- LAWLER, J.J. & WHITE, D. 2008. Assessing the mechanisms behind successful surrogates for biodiversity in conservation planning. *Animal Conservation*, 11 (4): 270-280.

- LEIMU, R. & KORICHEVA, J. 2005. What determines the citation frequency of ecological papers? *Trends in Ecology and Evolution*, 20(1): 28-32.
- LOISELLE, B.A.; HOWELL, C.A.; GRAHAM, C.H.; GOERCK, J.M.; BROOKS, T.; SMITH, K.G. & WILLIAMS, P.H. 2003. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology*, 17(6): 1591-1600.
- LOMBARD, A.T.; COWLING, R.M.; PRESSEY, R.L. & REBELO, A.G. 2003. Effectiveness of land classes as surrogates for species in conservation planning for the Cape Floristic Region. *Biological Conservation*, 112: 45-62.
- LOYOLA, R.D.; KUBOTA, U. & LEWINSOHN, T.M. 2007. Endemic vertebrates are the most effective surrogates for identifying conservation priorities among Brazilian ecoregions. *Diversity and Distributions*, 13: 389-396.
- LUCK, G. W.; RICKETTS, T. H.; DAILY, G. C. & IMHOFF, M. 2004. Alleviating spatial conflicts between people and biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 101: 182-186.
- LUND, M.P. & RAHBEEK, C. 2002. Cross-taxon congruence in complementarity and conservation of temperate biodiversity. *Animal Conservation*, 6: 163-171.
- MARGULES, C. & SARKAR, S. 2007. *Systematic conservation planning*. Cambridge, Cambridge University Press. 270p.
- MARGULES, C.R.; NICHOLLS, A.O. & AUSTIN, M.P. 1988. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. *Biological Conservation*, 43: 63-76.
- MARGULES, C.R. & PRESSEY, R.L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, 405: 243-253.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- O'DEA, N.; ARAÚJO, M.B. & WHITTAKER, R. J. 2006. How well do Important Bird Areas represent species and minimize conservation conflict in the tropical Andes? *Diversity and Distributions*, 12: 205-214.
- OLIVEIRA, G.; BARRETO, B.D.S.; PINTO, M.P.; DINIZ-FILHO, J.A.F. & BLAMIRE, D. 2007. Padrões espaciais de diversidade da Família Emberezidae (Aves: Passeriformes) e seleção de áreas prioritárias para conservação no Cerrado. *Lundiana*, 8(2): 97-106.
- PADUA, G.C.C.; PINTO, M.P. & DINIZ-FILHO, J.A.F. 2008. Escolha de áreas prioritárias de conservação de anfíbios anuros do Cerrado através de um modelo de populações centrais-periféricas. *Iheringia*, 98(2): 200-204.
- PERALVO, M.; SIERRA, R.; YOUNG, K.R. & ULLOA-ULLOA, C. 2007. Identification of biodiversity conservation priorities using predictive modeling: an application for the equatorial pacific region of South America. *Biodiversity and Conservation*, 16: 2649-2675.
- PHARO, E.J.; BEATTIE, A.J. & BINNS, D. 1999. Vascular plant diversity as a surrogate for bryophyte and lichen diversity. *Conservation Biology*, 13(2): 282-292.
- PIMM, S.; RAVEN, P.; PETERSON, A.; ŞEKERCIOĞLU, Ç.H. & EHRLICH, P.R. 2006. Human impacts on the rates of recent, present, and future bird extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(29): 10941-10946.
- PIMM, S.L.; RUSSELL, G.J.; GITTLEMAN, J.L. & BROOKS, T.M. 1995. The future of biodiversity. *Science*, 269: 347-350.
- PINTO, M.P. & BINI, L.M. 2008. Vieses geográficos e taxonômicos nas pesquisas sobre seleção de reservas: uma análise quantitativa de 1992 a 2004. *Natureza & Conservação*, 6(1): 35-45.
- PINTO, M.P.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M.; BLAMIRE, D. & RANGEL, T.F.L.V.B. 2008. Biodiversity surrogate groups and conservation priority areas: birds of the Brazilian Cerrado. *Diversity and Distributions*, 14: 78-86.
- PINTO, M.P. & GRELE, C.E.V. 2009. Reserve selection and persistence: complementing the existing Atlantic Forest reserve system. *Biodiversity and Conservation*, 18: 957-968.
- PINTO, M.P.; MATHIAS, P.V.C.M.; BLAMIRE, D.; DINIZ-FILHO, J.A.F. & BINI, L.M. 2007. Selecting priority areas to conserve Psittacines in the Brazilian cerrado: minimizing human-conservation conflicts. *Bird Conservation International*, 17: 13-22.
- POSSINGHAM, H.; BALL, I. & ANDELMAN, S. 2000. Mathematical methods for identifying representative reserve networks. Pp. 291-306. In: S. Ferson & M. Burgman (eds.) *Quantitative methods for conservation biology*. Springer, New York. 322 p.
- PRENDERGAST, J.R.; QUINN, R.M. & LAWTON, J.H. 1999. The gaps between theory and practice in selecting nature reserves. *Conservation Biology*, 13(3): 484-492.
- PRESSEY, R.L. 1994. *Ad hoc* reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems? *Conservation Biology*, 8(3): 662-668.
- PRESSEY, R.L. 2004. Conservation planning and biodiversity: assembling the best data for the job. *Conservation Biology*, 18: 1677-1681.

- PRESSEY, R.L. & BOTTRILL, M.C. 2008. Opportunism, threats, and the evolution of systematic conservation planning. *Conservation Biology*, 22 (5): 1340-1345.
- PRESSEY, R.L.; HUMPHRIES, C.J.; MARGULES, C.R.; VANE-WRIGHT, R.I. & WILLIAMS, P.H. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserves selection. *Trends in Ecology and Evolution*, 8(4): 124-128.
- PRESSEY, R.L.; JOHNSON, I.R. & WILSON, P.D. 1994. Shades of irreplaceability: towards a measure of the contribution of sites to a reservation goal. *Biodiversity and Conservation*, 3: 242-262.
- PRESSEY, R.L. & LOGAN, V.S. 1998. Size of selection units for future reserves and its influence on actual vs target representation of features: a case study in western New South Wales. *Biological Conservation*, 85: 305-319.
- PRESSEY, R.L.; POSSINGHAM, H.P. & DAY, J.R. 1997. Effectiveness of alternative heuristic algorithms for identifying indicative minimum requirements for conservation reserves. *Biological Conservation*, 80: 207-219.
- PRESSEY, R.L.; POSSINGHAM, H.P. & MARGULES, C.R. 1996. Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much? *Biological Conservation*, 76: 259-267.
- PYŠEK, P.; RICHARDSON, D.M.; PERGL, J.; JAROŠÍK, V.; SIXTOVÁ, Z. & WEBER, E. 2008. Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 23(5): 237-244.
- PYŠEK, P.; RICHARDSON, D.M. & JAROŠÍK, V. 2006. Who cites who in the invasion zoo: insights from an analysis of the most highly cited papers in invasion ecology. *Preslia*, 78: 437-468.
- RANGEL, T.F.L.V.B.; BINI, L.M.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; PINTO, M.P.; CARVALHO, P. & BASTOS, R.P. 2007. Human development and biodiversity conservation in Brazilian Cerrado. *Applied Geography*, 27: 14-27.
- RAPOPORT, E.H.; BORIOLO, G.; MONJEAU, J.A.; PUNTIERI, J.G. & OVIEDO, R. 1986. The design of nature reserves: a simulation trial assessing the specific conservation value. *Biological Conservation*, 37: 269-290.
- REBELO, A.G. & SIEGFRIED, W.R. 1990. Protection of fynbos vegetation: ideal and real-world options. *Biological Conservation*, 54: 15-31.
- REID, W.V. 1998. Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology and Evolution*, 13: 275-280.
- REYERS, B.; VAN JAARSVELD, A.S. & KRUEGER, M. 2000. Complementarity as a biodiversity indicator strategy. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 267: 505-513.
- RODRIGUES, A.S.L.; ANDELMAN, S.J.; BAKARR, M.L.; BOITANI, L.; BROOKS, T.M.; COWLING, R.M.; FISHPOOL, L.D.C.; FONSECA, G.A.B.; GASTON, K.J.; HOFFMANN, M.; LONG, J.S.; MARQUET, P.A.; PILGRIM, J.D.; PRESSEY, R.L.; SCHIPPER, J.; SECHREST, W.; STUART, S.N.; UNDERHILL, L.G.; WALLER, R.W.; WATTS, M.E.J. & YAN, X. 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, 428: 640-643.
- RODRIGUES, A.S.L. & BROOKS, T.M. 2007. Shortcuts for biodiversity conservation planning: the effectiveness of surrogates. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 38: 713-737.
- RODRIGUES, A.S.L. & GASTON, K.J. 2002a. Maximising phylogenetic diversity in the selection of networks of conservation areas. *Biological Conservation*, 105: 103-111.
- RODRIGUES, A.S.L. & GASTON, K.J. 2002b. Optimisation in reserve selection procedures – why not? *Biological Conservation*, 107: 123-129.
- SÆTERSDAL, M.; GJERDE, I.; BLOM, H.H.; IHLEN, P.G.; MYRSETH, E.W.; POMMERESCHE, R.; SKARTVEIT, J.; SOLHØY, T. & AAS, O. 2003. Vascular plants as a surrogate species group in complementarity site selection for bryophytes, macrolichens, spiders, carabids, staphylinids, snails, and wood living polypore fungi in a northern forest. *Biological Conservation*, 115: 21-31.
- SARKAR, S.; AGGARWAL, A.; GARSON, J.; MARGULES, C.R. & ZEIDLER, J. 2002. Place prioritization for biodiversity content. *Journal of Biosciences* (Suppl. 2), 27: 339-346.
- SARKAR, S.; JUSTUS, J.; FULLER, T.; KELLEY, C.; GARSON, J. & MAYFIELD, M. 2005. Effectiveness of environmental surrogates for the selection of conservation area networks. *Conservation Biology*, 19: 815-825.
- SARKAR, S.; PAPPAS, C.; GARSON, J.; AGGARWAL, A. & CAMERON, S. 2004. Place prioritization for biodiversity conservation using probabilistic surrogate distribution data. *Diversity and Distributions*, 10: 125-133.
- SEDDON, P.J.; SOORAE, P.S. & LAUNAY, F. 2005. Taxonomic bias in reintroduction projects. *Animal Conservation*, 8: 51-58.
- STRANGE, N.; RAHBEK, C.; JEPSEN, J.K. & LUND, M.P. 2006. Using farmland prices to evaluate cost-efficiency of national versus regional reserve selection in Denmark. *Biological Conservation*, 128: 455-466.

- THIOLLAY, J.-M. 2002. Bird diversity and selection of protected areas in a large neotropical forest tract. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1377-1395.
- TOGNETTI, M.F. 2005. Assessing the utility of indicator groups for the conservation of South American terrestrial mammals. *Biological Conservation*, 121: 409-417.
- TOGNETTI, M.F.; ARELLANO, P.I.R. & MARQUET, P.A. 2008. How well do the existing and proposed reserve networks represent vertebrate species in Chile? *Diversity and Distributions*, 14: 148-158.
- TOGNETTI, M.F.; SILVA-GARCÍA, C.; LABRA, F.A. & MARQUET, P.A. 2005. Priority areas for the conservation of coastal marine vertebrates in Chile. *Biological Conservation*, 126: 420-428.
- TURPIE, J.K.; BECKLEY, L.E. & KATUA, S.M. 2000. Biogeography and the selection of priority areas for conservation of South African coastal fishes. *Biological Conservation*, 92: 59-72.
- VALENZUELA-GALVÁN, D. & VÁZQUEZ, L.-B. 2008. Prioritizing areas for conservation of Mexican carnivores considering natural protected areas and human population density. *Animal Conservation*, 11: 215-223.
- VAN RAAN, A.F.J. 1997. Scientometrics: state-of-art. *Scientometrics*, 38(1): 205-218.
- VANE-WRIGHT, R.I.; HUMPHRIES, C.J. & WILLIAMS, P.H. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation*, 55: 235-254.
- VERBEEK, A.; DEBACKERE, K.; LUWEL, M. & ZIMMERMANN, E. 2002. Measuring the progress and evolution in science and technology - I: The multiple uses of bibliometric indicators. *International Journal of Management Reviews*, 4(2): 179-211.
- WARMAN, L.D.; SINCLAIR, A.R.E.; SCUDDER, G.G.E.; KLINKENBERG, B. & PRESSEY, R.L. 2004. Sensitivity of systematic reserve selection to decisions about scale, biological data, and targets: case study from southern British Columbia. *Conservation Biology*, 18(3): 655-666.
- WEITZMAN, M.L. 1993. What to preserve? An application of diversity theory to crane conservation. *Quarterly Journal of Economics*, 108: 157-186.
- WILLIAMS, P.H.; GIBBONS, D.; MARGULES, C.R.; REBELO, A., HUMPHRIES, C.J. & PRESSEY, R.L. 1996. A comparison of richness hotspots, rarity hotspots and complementarity areas for conserving diversity using British birds. *Conservation Biology*, 10: 155-174.
- WILLIAMS, P.H.; BURGESS, N.D. & RAHBK, C. 2000. Flagship species, ecological complementarity and conserving the diversity of mammals and birds in sub-Saharan Africa. *Animal Conservation*, 3: 249-260.
- WILSON, J.R.U.; PROCHES, S.; BRASCHLER, B.; DIXON, E.S. & RICHARDSON, D.M. 2007. The (bio)diversity of science reflects the interests of society. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(8): 409-414.

Submetido em 05/05/2008.

Aceito em 20/07/2008.