

Padrões espaciais de diversidade da Família Emberizidae (Aves: Passeriformes) e seleção de áreas prioritárias para conservação no Cerrado

Guilherme de Oliveira^{1,3}; Bruno de S. Barreto^{1,3}; Miriam P. Pinto²; José A. F. Diniz Filho³ & Daniel Blamires^{4,5}

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia & Evolução, Universidade Federal de Goiás, ICB I, Goiânia, GO, Brasil. ² Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CP 68020, CEP 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese. Universidade Federal de Goiás, Departamento de Biologia Geral, ICB I, C.P. 131, 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.

⁴ Doutorado em Ciências Ambientais (CIAMB), Universidade Federal de Goiás, Campus II - Samambaia, C.P. 131, 74001-970, Goiânia, GO, Brasil. ⁵ Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Quirinópolis, Goiás, Brasil.

Abstract

Spatial patterns of Emberizidae (Aves:Passeriformes) diversity and selection of priority areas for Cerrado conservation. The aim of this work was to design priority areas for conservation in the Cerrado region, Brazil, based on Emberizidae (Aves) diversity. We analyzed the overlap of complementarity networks of areas in the biome needed to represent all the species of the group (irreplaceability), as well as an optimal minimum area network that minimizes socioeconomic cost throughout the region. To identify any possible influence of the species that had a small dimension of occurrence in Cerrado and concern others ecoregions (i.e., that do not have high proportion of ranges within the Cerrado), we performed all the analyses with the total number of species breeding in the Cerrado and also excluding those that are marginally distributed in the biome. The minimum number of the areas selected to build the networks decayed from 6 to 5 cells, when the peripheral ones were excluded. Our results showed that endemic and peripheral species influenced the priorities areas for conservation, we concluded that, although Mato Grosso and W Bahia cells were important to conservation, they lack conservation units.

Keywords: Emberizidae, Cerrado, conservation, priority areas, complementarity, irreplaceability.

Introdução

O trabalho de delinear áreas para a conservação da biodiversidade e estabelecê-las na prática vem sendo feito sob um prisma mais político e econômico do que necessariamente científico (Margules & Pesse, 2000; Scott et al., 2001; Noss et al., 2002; Diniz-Filho et al., 2004a; Anacleto et al., 2005). Regiões destinadas à conservação são freqüentemente constituídas e embasadas em aspectos mais subjetivos, tais como beleza cênica, habitat de espécies-bandeira, habitat de espécies ameaçadas de extinção e riqueza de espécies (Anacleto et al., 2005). Mesmo uma elevada riqueza de espécies, avaliada quantitativamente, pode ser um critério nem sempre ideal já que duas áreas igualmente ricas podem apresentar praticamente a mesma

composição de espécies. Deste modo, não há ganhos reais, em termos de conservação, em preservar essas áreas em conjunto, no sentido de representar as espécies existentes em uma região com o menor esforço possível (Vane-Wright et al., 1991; Pressey et al., 1993).

Nesse contexto, o conceito de complementaridade propõe uma otimização na seleção de áreas não-redundantes, que se complementem de maneira a atingir um objetivo almejado (Vane-Wright et al., 1991; Faith et al., 2003; Williams et al., 2006). Esse procedimento tem tido fundamental importância na definição de métodos quantitativos para o estabelecimento de reservas, em termos de um planejamento sistemático para a conservação (ver Margules & Pressey, 2000).

Com relação a prioridades em escalas geográficas mais amplas, existem análises em escala mundial que estabeleceram "hotspots", ou seja, regiões prioritárias para conservação (i.e., as 25 grandes áreas biogeográficas definidas em Myers et al., 2000). Essas regiões são determinadas com base na diversidade biológica, medida pelo endemismo de espécies, e pelo grau de

Received: 14.II.07

Accepted: 10.XII.07

Distributed: 30.IV.08

urgência de preservação em função de grandes impactos antrópicos. A região do Cerrado no Brasil Central é uma dessas áreas. A cobertura de sua área por pastagens para pecuária de bovinos e por agricultura mecanizada, a promoção de infraestrutura para o uso da terra e a criação de novos municípios (Klink & Moreira, 2002; Klink & Machado, 2005), faz a ameaça ao Cerrado atingir níveis cada vez mais alarmantes. Estimativas de Myers, et al. (2000) sugerem que cerca de 80% do bioma já foi alterado. Neste caso medidas que auxiliem na preservação, de maneira objetiva, necessitam de implementação.

A avifauna do Cerrado é composta por 837 espécies, das quais apenas 3,8% são endêmicas (Silva, 1995a; Klink & Machado, 2005; Marini & Garcia, 2005). A análise da distribuição geográfica (i.e., extensão de ocorrência) dessas espécies possibilita elucidar padrões espaciais de diversidade de aves, enquanto que a composição de espécies nas áreas ao longo do bioma permite utilizar procedimentos que maximizem a complementaridade para delinear redes prioritárias para conservação (Cabeza & Moilanen, 2001).

O Cerrado está entre os biomas brasileiros que mais contém espécies de aves ameaçadas de extinção e espécies endêmicas (Marini & Garcia, 2005). Assim, para estabelecer áreas prioritárias para conservação neste bioma, a família Emberizidae (incluindo as subfamílias Parulinae, Coerebinae, Thraupinae, Emberizinae, Cardinalinae e Icterinae, segundo Sick, 1997) foi escolhida para este trabalho. Sendo os emberizídeos, o grupo de aves que mais possuem espécies endêmicas no bioma (ver listagem em: Silva, 1997; Macedo, 2002).

Material e métodos

Dados básicos e Riqueza de espécies

A partir da lista de 87 espécies de emberizídeos que se reproduzem na região do Cerrado (Silva, 1995a) (Tabela 1) e das suas distribuições geográficas (Ridgely & Tudor, 1989) foram desenhados mapas de extensão de ocorrência sobre uma malha de 1° de latitude por 1° de longitude, de resolução espacial, com 181 células (Diniz-Filho et al., 2004a; b) cobrindo o bioma (Figura 1). De acordo com esses mapas, foi gerada uma matriz de presença (1) e ausência (0) das 87 espécies nas 181 células. A riqueza nas células foi estimada através do número de espécies de emberizídeos cujas áreas de distribuição geográfica se sobrepõem a cada uma das células.

Insubstituibilidade das células

O software SITES v. 1.0 (Andelman et al., 1999) foi utilizado a fim de estabelecer o menor número de células capaz de representar todas as espécies ao menos uma vez, com o intuito de otimizar o número e a localização geográfica das áreas a serem conservadas (Cabeza & Moilanen, 2001; Diniz-Filho et al., 2004). Essa meta foi alcançada utilizando-se um *Simulated Annealing*, um algoritmo que aleatoriamente combina diversas possibilidades de soluções que minimizam o custo, e que prevê um esquema de priorização de áreas definidas pelo número de iterações (tentativa e erro) entre os dados de entrada. O custo total do esquema de priorização de áreas é determinado pela soma dos custos de todas as áreas selecionadas mais a soma do custo inerente à perda de uma determinada espécie, dado por:

Tabela 1 - Relação de todas as espécies da família Emberizidae que se reproduzem na região do Cerrado (segundo Silva, 1995).

| | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Zonotrichia capensis</i> | <i>Compsothraupis loricata</i> |
| <i>Ammodramus humeralis</i> | <i>Thlypopsis sordida</i> |
| <i>Poospiza cinerea</i> | <i>Pyrrhocomma ruficeps</i> |
| <i>Sicalis citrina</i> | <i>Hemithraupis guira</i> |
| <i>Sicalis columbiana</i> | <i>Hemithraupis ruficapilla</i> |
| <i>Sicalis flaveola</i> | <i>Hemithraupis flavicollis</i> |
| <i>Sicalis luteola</i> | <i>Nemosia pileata</i> |
| <i>Emberizoides herbicola</i> | <i>Eucometis penicillata</i> |
| <i>Embernagra longicauda</i> | <i>Lanio versicolor</i> |
| <i>Volatinia jacarina</i> | <i>Tachyphonus cristatus</i> |
| <i>Sporophila schitacea</i> | <i>Tachyphonus luctuosus</i> |
| <i>Sporophila plumbea</i> | <i>Tachyphonus coronatus</i> |
| <i>Sporophila collaris</i> | <i>Tachyphonus rufus</i> |
| <i>Sporophila nigricollis</i> | <i>Tachyphonus phoenicis</i> |
| <i>Sporophila caerulescens</i> | <i>Trichothraupis melanops</i> |
| <i>Sporophila leucoptera</i> | <i>Habia rubica</i> |
| <i>Sporophila bouvreuil</i> | <i>Piranga flava</i> |
| <i>Sporophila hypoxantha</i> | <i>Ramphocelus carbo</i> |
| <i>Sporophila ruficollis</i> | <i>Thraupis sayaca</i> |
| <i>Sporophila maximiliani</i> | <i>Thraupis palmarum</i> |
| <i>Sporophila angolensis</i> | <i>Conothraupis mesoleuca</i> |
| <i>Arremon taciturnus</i> | <i>Euphonia chlorotica</i> |
| <i>Arremon flavirostris</i> | <i>Euphonia violacea</i> |
| <i>Charitospiza eucosma</i> | <i>Euphonia laniirostris</i> |
| <i>Coryphospiza melanotis</i> | <i>Euphonia chalybea</i> |
| <i>Coryphospingus pileatus</i> | <i>Euphonia chrysopasta</i> |
| <i>Coryphospingus cucullatus</i> | <i>Euphonia minuta</i> |
| <i>Paroaria dominicana</i> | <i>Euphonia rufiventris</i> |
| <i>Paroaria gularis</i> | <i>Euphonia pectoralis</i> |
| <i>Paroaria baeri</i> | <i>Tangara mexicana</i> |
| <i>Paroaria capitata</i> | <i>Tangara chilensis</i> |
| <i>Saltator grossus</i> | <i>Tangara seledon</i> |
| <i>Saltator maximus</i> | <i>Tangara cyanoventris</i> |
| <i>Saltator similis</i> | <i>Tangara gyrola</i> |
| <i>Saltator coerulescens</i> | <i>Tangara cayana</i> |
| <i>Saltator atricollis</i> | <i>Tangara cyanicollis</i> |
| <i>Cyanocompsa cyanoides</i> | <i>Tangara nigrocincta</i> |
| <i>Chlorophonia cyanea</i> | <i>Dacnis lineata</i> |
| <i>Porphyrospiza caerulescens</i> | <i>Dacnis cayana</i> |
| <i>Schistochlamys ruficapillus</i> | <i>Chlorophanes spiza</i> |
| <i>Schistochlamys melanopsis</i> | <i>Cyanerpes caeruleus</i> |
| <i>Neothraupis fasciata</i> | <i>Cyanerpes cyaneus</i> |
| <i>Cypsnagra hirundinacea</i> | <i>Tersina viridis</i> |
| <i>Cissopis leverianus</i> | |



Figura 1 - Mapa do Brasil, com destaque para a região do Cerrado sobreposta por uma malha quadriculada, com as quadriculas enumeradas de 1 a 181.

$$\text{Custo Total} = \sum_i \text{custo da área } i + \sum_j \text{peso inerente à espécie } j,$$

onde i é a i -ésima área e j é a j -ésima espécie (ver Andelman et al., 1999). Para este trabalho foi dado um peso para a espécie três vezes maior que o peso designado para área, com o intuito de priorizar a preservação das espécies.

O *Simulated Annealing* foi implementado no programa SITES (ver Andelman et al., 1999; Possingham et al., 2000), sendo realizadas 10^6 iterações e 150 rodagens. As 100 primeiras soluções (redes) com um número mínimo de células sem nenhuma espécie perdida foram utilizadas para determinar a

Tabela 2 - Relação das espécies de emberizídeos que foram consideradas marginais na região do Cerrado (espécies que detinham menos de 10% da distribuição geográfica total localizada sobre o bioma Cerrado).

| |
|------------------------------|
| <i>Sporophila schistacea</i> |
| <i>Pyrrhocomma ruficeps</i> |
| <i>Euphonia chalybea</i> |
| <i>Euphonia chrysopasta</i> |
| <i>Euphonia minuta</i> |
| <i>Tangara chilensis</i> |
| <i>Tangara gyrola</i> |
| <i>Tangara cyanoventris</i> |
| <i>Tangara seledon</i> |

insubstituibilidade (Pressey et al., 1993; 1994; Ferrier et al., 2000; Cabeza & Moilanen, 2001) das células. Essa insubstituibilidade foi calculada como a frequência de presença destas nas soluções. Essa frequência proporciona uma medida de importância de uma área, no sentido de satisfazer as metas de conservação (Noss et al., 2002; Tsuji & Tsubaki, 2004).

Para retirar algum possível efeito das espécies que ocorrem marginalmente no Cerrado, mas que também ocorrem em outras regiões, aplicou-se a mesma metodologia com todas as espécies e excluindo-se as espécies que possuem a proporção de sua ocorrência em até 10% no bioma (Tabela 2).

Custos socioeconômicos e Redes de conservação

Com o objetivo de otimizar uma rede de conservação e ainda levar em consideração o grau de ocupação humana nas áreas prioritárias, foi criado um vetor de custos, como arquivo de entrada para o SITES, baseado em variáveis socioeconômicas compiladas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nos Censos Agropecuários de 1995/96 e no Demográfico de 2000 (ver: <ftp://www.ibge.gov.br>).

Os dados foram referentes a 23 variáveis (Tabela 3) socioeconômicas, e uma análise fatorial (Johnson & Wichern, 1992) foi utilizada para reduzir a dimensionalidade dos dados (23 colunas e 181 linhas) e identificar o menor número de fatores socioeconômicos independentes. Esses eixos foram interpretados como expressando variações espaciais na: a) agricultura moderna; b) agropecuária e c) desenvolvimento humano (para detalhes, ver Rangel et al., 2007). Os valores somados desses 3 eixos (componentes principais da análise fatorial) foram padronizados (de 0 a 1), sendo que 1 é correspondente à célula que possui o maior custo socioeconômico e 0 refere-se à célula de menor custo. Realizou-se uma correlação entre a riqueza de espécies e esse custo, a fim de detectar conflitos de conservação (*sensu* Balmford et al., 2001).

Com esse vetor de custos, foram realizadas 50 rodagens com 2×10^7 iterações para o *Simulated Annealing*. O melhor resultado foi o que apresentou todas as espécies de emberizídeos representadas com o menor número de células, mas que ao mesmo tempo tenha o menor custo socioeconômico total (i.e., soma dos valores de custo nas células selecionadas). Esse protocolo também foi realizado com todas as espécies e excluindo-se as espécies marginais.

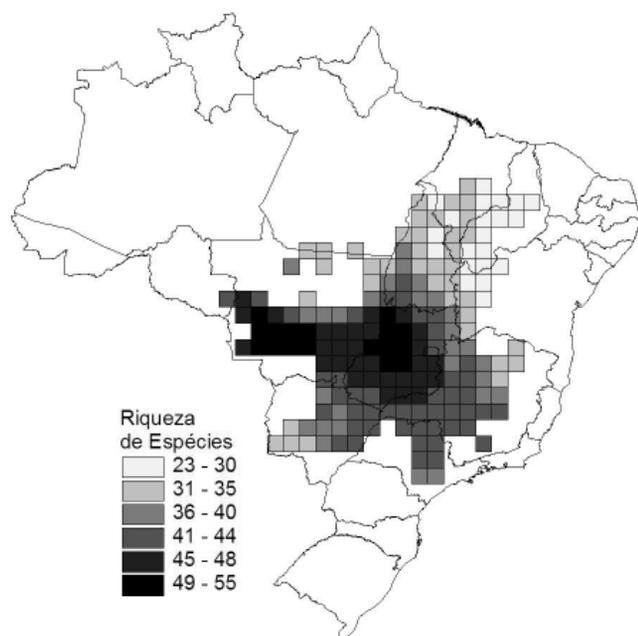
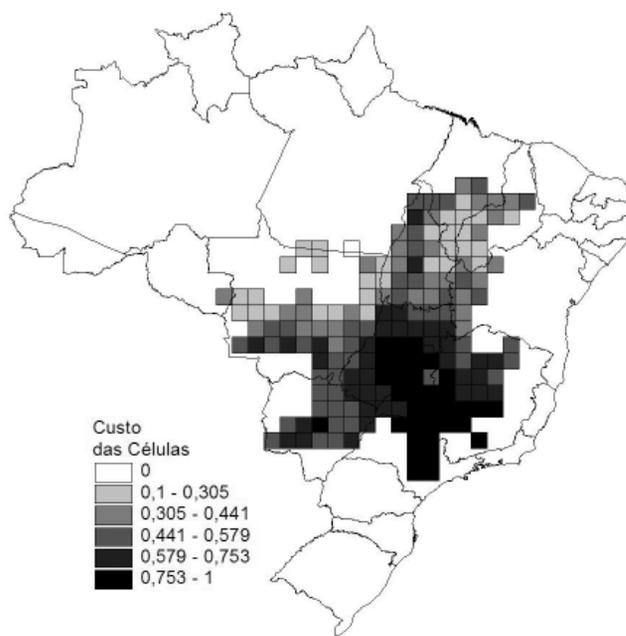
Resultados

A riqueza de espécies da família Emberizidae foi maior na região noroeste do Estado de Goiás e a sudoeste do Estado do Mato Grosso. Riquezas com intervalos de intermediário a alto estão situadas em uma ampla região que ocupa o Mato Grosso, Goiás e algumas células em São Paulo. Em contrapartida, as menores riquezas localizam em células situadas no Piauí, no Maranhão e na Bahia (Figura 2).

As células de maiores custos socioeconômicos, obtidos a partir da análise fatorial (Figura 3) situam-se praticamente em todo o Estado de Goiás, localizadas no Estado de São Paulo. A maioria das células de Minas Gerais, além de algumas células no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e no Tocantins, também possui altos custos. As células localizadas nos Estados situados

Tabela 3 - Relação das variáveis socioeconômicas utilizadas para a formação dos 3 eixos (ver Rangel et al., 2007).

| Variáveis | Unidades |
|---------------------------|--|
| Ruralização | Número de pessoas vivendo em áreas rurais pelo tamanho da área municipal (ha) |
| Trabalhadores | Número de pessoas empregadas nas unidades rurais |
| Floresta | Percentual de áreas rurais conservadas como mata natural ou artificial |
| Pastos | Percentual de áreas rurais usadas como pastos plantados |
| Lavouras | Percentual de áreas rurais usadas como campos de cultivo |
| Area100 | Percentual de unidades rurais com área igual ou menor que 100 ha |
| Arroz | Toneladas de arroz cultivadas por unidade de área (ha) |
| Milho | Toneladas de milho cultivadas por unidade de área (ha) |
| Soja | Toneladas de soja cultivadas por unidade de área (ha) |
| Irrigação | Percentual de área irrigada |
| Bovinos | Densidade bovina (número de indivíduos por área (ha)) |
| Valor da Produção Animal | Valor da produção animal total (R\$ 1000) |
| Valor da Produção Vegetal | Valor da produção vegetal total (R\$ 1000) |
| Despesas | Percentual de despesas utilizadas com adubos e corretivos, agrotóxicos, medicamento para animais, rações industriais, aluguel de máquinas e equipamentos, combustíveis e lubrificantes e energia elétrica. |
| Maquinário | Densidade de maquinário rural (caminhões, colheitadeiras, tratores e automóveis) por unidade de área (ha) |
| Pragas | Percentual de unidades rurais que utilizam algum tipo de recurso no controle de pragas ou ervas daninha. |
| Fertilizantes | Percentual de unidades rurais que utilizam algum tipo de adubo |
| Energia Elétrica | Percentual de unidades rurais que utilizam energia elétrica |
| Curva | Percentual de unidades rurais que usam curvas de nível |
| Fecundidade | Número esperado de crianças por mulher |
| Rodovias | Tamanho da rede rodoviária (km) |
| Rendimentos | Rendimentos <i>per capita</i> |
| T2000S | População humana total dentro célula |

**Figura 2** - Padrão espacial da riqueza de emberizídeos do Cerrado obtido pela sobreposição das extensões de ocorrência de 87 espécies.**Figura 3** - Padrão espacial do vetor custo, com valores da proporção da ocupação humana para as 181 células que sobrepõe a região do Cerrado.

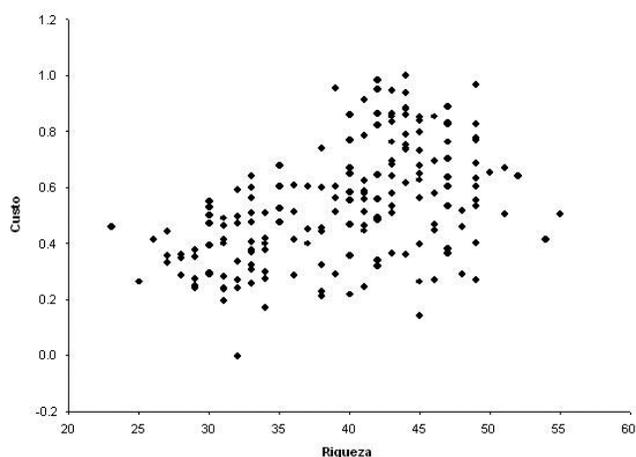


Figura 4 - Relação entre o padrão espacial de riqueza de emberizídeos e o padrão espacial da ocupação humana da terra na região do Cerrado.

na região Norte e Nordeste obtiveram valores de custo de intermediários a baixo. Há uma relação significativa ($r = 0,419$; $p < 0,01$), entre a riqueza de espécies e o custo socioeconômico das células (Figura 4), ao longo do Cerrado.

As maiores insubstituíveis (medidas em porcentagem), para todas as espécies de emberizídeos, englobam a região central do Maranhão, sudeste de Rondônia e nordeste de São

Paulo (Figura 5a). Excluindo-se as espécies marginais, as células mais insubstituíveis situaram a sudoeste da Bahia, centro e norte do Mato Grosso e centro de Minas Gerais (Figura 5b).

A solução com melhor resultado após a incorporação do custo das células, para todas as espécies de emberizídeos, selecionou 6 células (centro do Maranhão; sul do Tocantins; divisa entre Mato Grosso e Pará; oeste e centro de Mato Grosso; e centro de São Paulo) (Figura 6a). Excluindo as espécies marginais, foi obtida uma solução com 5 células (leste da Bahia; oeste e centro do Mato Grosso; divisa entre o Mato Grosso e Pará; e centro de São Paulo) (Figura 6b).

Discussão

O padrão de riqueza de espécies da família Emberizidae no bioma Cerrado indica que regiões centrais que são mais características dessa ecorregião possuem maiores riquezas de espécies. As regiões marginais são configuradas por regiões de ecótonos, ou seja, de transição, entre o Cerrado e outros biomas, como Mata Atlântica, Floresta Amazônica, Caatinga e a Planície Alagada do Pantanal e onde as riquezas das células são menores (ver Figura 2).

Esse padrão se sobrepõe, em parte, à distribuição dos custos socioeconômicos, ou seja, regiões que possuem alta diversidade de espécies também têm um acentuado uso da terra, principalmente no Estado de Goiás e em algumas células no Mato Grosso e em São Paulo (ver Figuras 2 e 3). O cenário acima proposto, usando somente dados de riqueza de espécies, indica uma região de “conflito de conservação” no bioma Cerrado (*sensu* Balmford et al., 2001), podendo ser importante

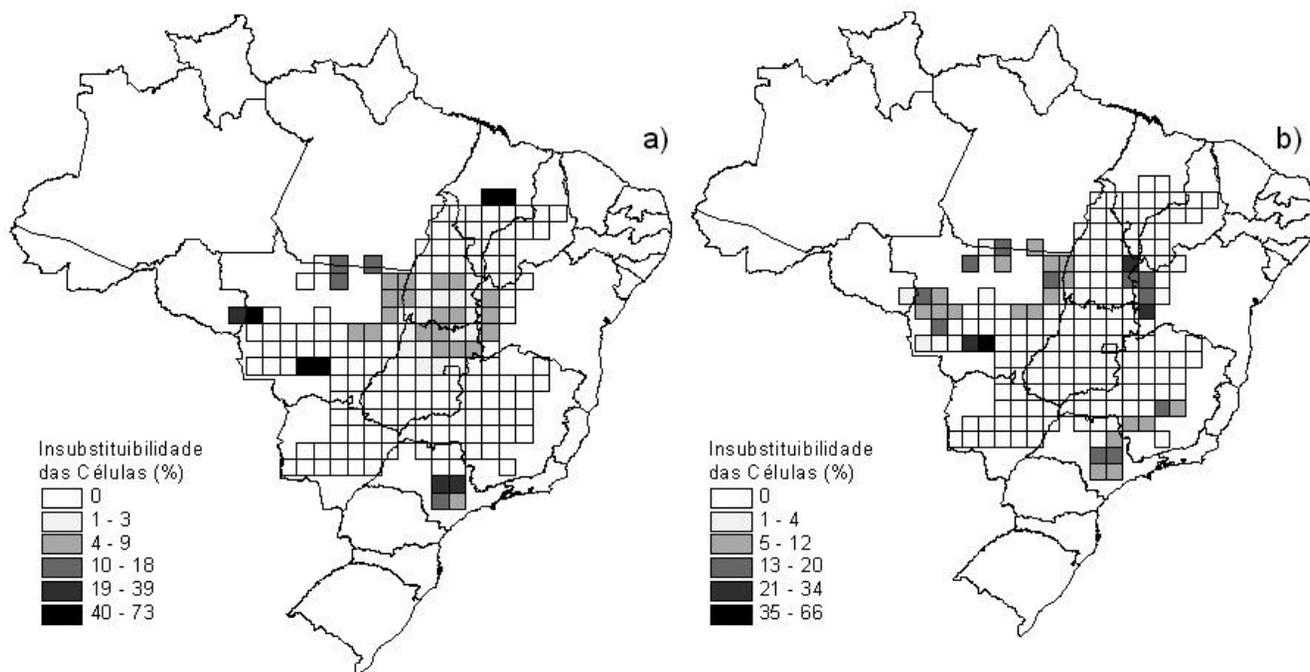


Figura 5 - a) Padrão espacial de insubstituívelidade das células com as 87 espécies de emberizídeos. b) Padrão espacial de insubstituívelidade das células sem as espécies marginais na região do Cerrado (78 espécies).

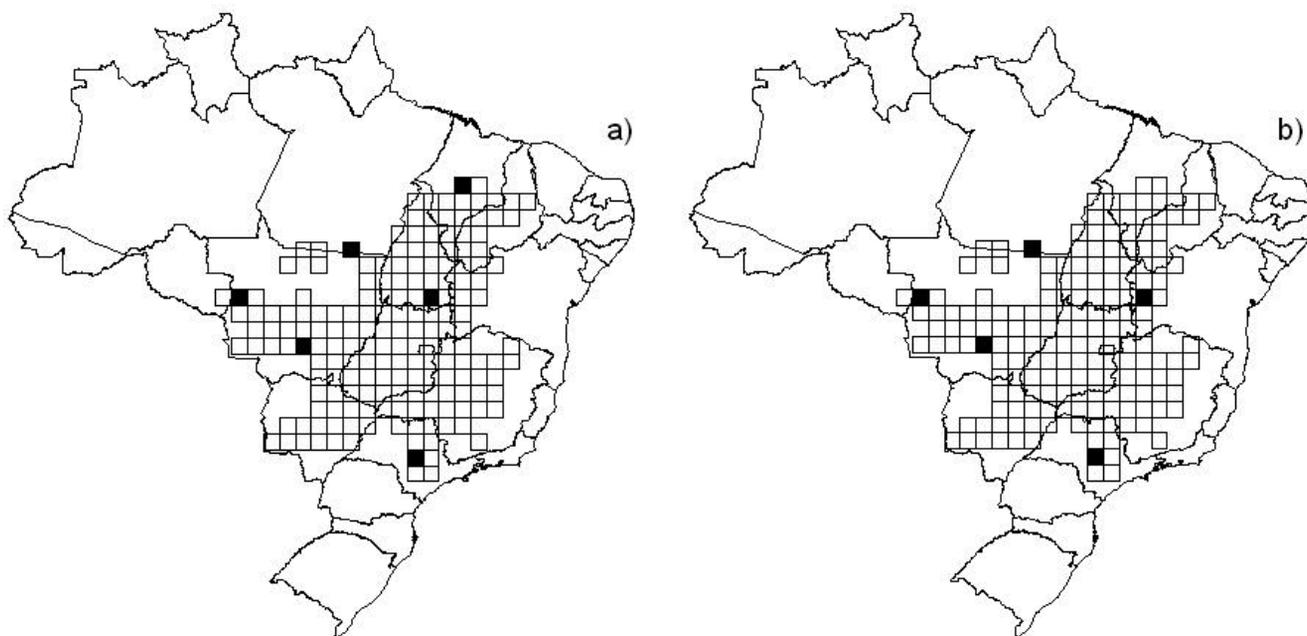


Figura 6 - a) Células selecionadas (em preto) como melhor solução com todas as espécies de emberizídeos (87 espécies). b) Células selecionadas (em preto) como a melhor solução sem as espécies marginais na região do Cerrado (78 espécies).

para avaliar o impacto de futuras alterações do bioma (Klink & Moreira, 2002; Klink & Machado, 2005).

Quanto a insubstituibilidade, as espécies marginais criaram tendências na seleção das áreas nas bordas da região, ocasionadas por endemismos que na realidade não existem (ver Rodrigues & Gaston, 2002), já que essas espécies são mais características de outros biomas (ver Figura 7). Os resultados obtidos nas análises de complementaridade e insubstituibilidade sem as espécies marginais apresentaram um padrão mais coerente. A presença de espécies marginais ao Cerrado alterou a concentração dessas regiões mais insubstituíveis, que antes se apresentaram na periferia do bioma (ver Figura 7). As insubstituibilidades das células na região central do Estado do Maranhão foram dispostas principalmente pela ocorrência da espécie *Sporophila schistacea* (ver Figura 7a), assim como *Euphonia chrysopasta*, *Euphonia minuta*, *Tangara chilensis* e *Tangara gyrola* (Figura 7d, e, f, g), influenciaram na insubstituibilidade da região oeste do Mato Grosso. Sem as espécies marginais, obteve-se um padrão mais esparsos e menos periférico (ver Figura 5). Logicamente as espécies que são, de fato, endêmicas do Cerrado (Figura 8) também influenciam as insubstituibilidades, porém somente aquelas que possuem uma distribuição mais restrita no bioma (Rodrigues & Gaston, 2002), no caso *Embernagra longicauda*, *Paroaria baeri* e *Conothraupis mesoleuca* (ver Figura 8b, d, g) (para verificar a amplitude da distribuição, vide Silva, 1997).

Já na priorização de redes, com soluções mínimas ponderadas pelo custo socioeconômico, a inclusão das espécies marginais na região do Cerrado resultou em um número maior de células selecionadas proporcionando um maior custo, pelo número de unidades (algo já sugerido por Rodrigues & Gaston,

2002). A inclusão de variáveis socioeconômicas, que em resumo indicam o nível espacial da ocupação humana, auxilia na indicação de prioridades para conservação (Gorenflo & Brandon, 2006), mostrando alternativas para seleção de unidades de conservação, principalmente em amplas escalas espaciais (Gaston, 2004). Provavelmente, este esquema de priorização mais arraigado à zonas marginais não é afetado apenas pelas espécies marginais ao bioma, mas também pelo método de complementaridade, que tende a selecionar regiões de transição ecológica (Gaston et al., 2001).

As áreas designadas como prioritárias neste estudo, tanto pela insubstituibilidade quanto pela otimização com o custo socioeconômico, não implicam obviamente que essas áreas, como um todo, devam ser transformadas em reservas ecológicas (Noss et al., 2002), até mesmo pela grande extensão da área configurada para cada célula utilizada neste estudo (110 km x 110 km). Esses resultados são um “ensaio”, ou um delineamento, de quais regiões são mais importantes para conservação de acordo com a complementaridade das áreas, concernido em um único grupo de organismos, no nosso caso, membros da família Emberizidae. Outros grupos de organismos não necessariamente apresentariam o mesmo resultado (ver Diniz-Filho et al., 2004a; 2006; Pinto et al., 2008), sendo que os objetivos e os resultados das insubstituibilidades e das redes de conservação são obtidos de diversas maneiras alternativas a partir de padrões distintos de distribuições geográficas. De qualquer modo, estudos em escalas geográficas amplas são importantes no sentido de fornecer uma visão ampla dos padrões de diversidade biológica e auxiliar na determinação de regiões que merecem estudos mais detalhados, em escalas locais (ver Diniz-Filho et al., 2004a).

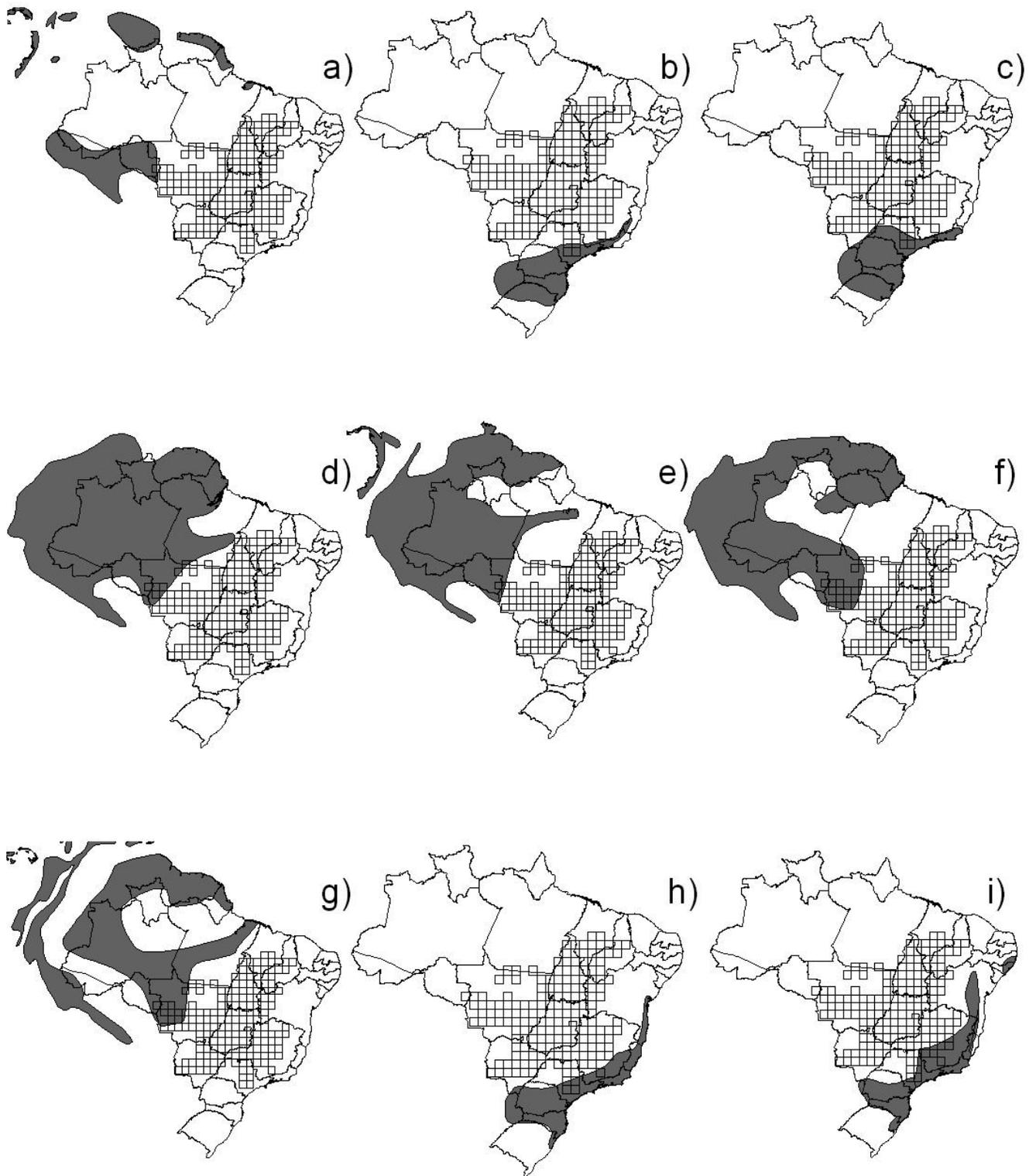


Figura 7 - Padrões de distribuição geográfica (em cinza) das espécies marginais ao Cerrado sobrepondo a malha e evidenciando a influência de “falsos endemismos”: a) *Sporophila schistacea*; b) *Pyrrhocomma ruficeps*; c) *Euphonia chalybea*; d) *Euphonia chrysopasta*; e) *Euphonia minuta*; f) *Tangara chilensis*; g) *Tangara gyrola*; h) *Tangara seledon*; i) *Tangara cyanoventris* (distribuições revisadas do ftp://www.natureserve.org).

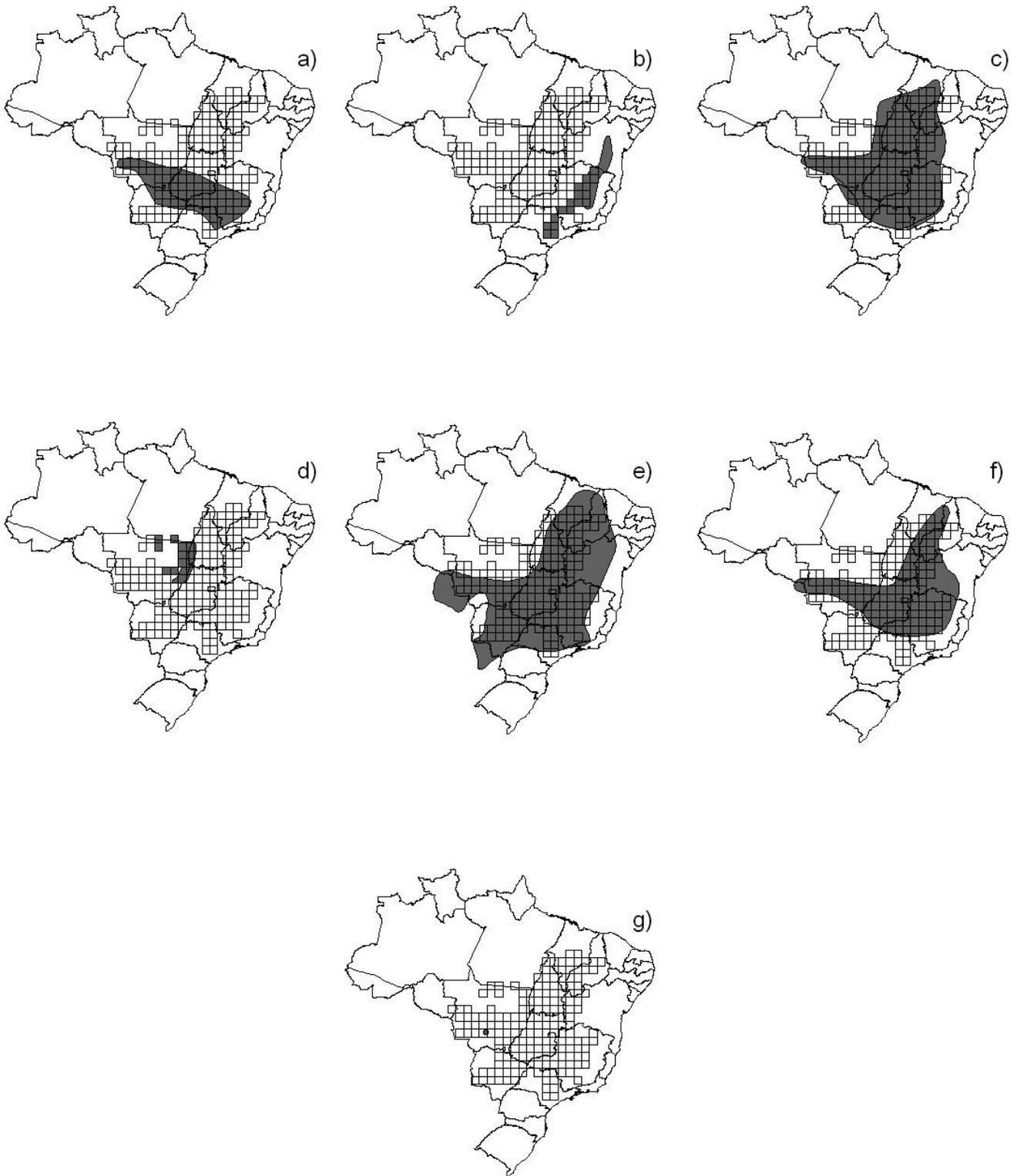


Figura 8 - Padrões de distribuição geográfica (em cinza) das espécies endêmicas que ocorrem no Cerrado: a) *Poospiza cinerea*; b) *Embernagra longicauda*; c) *Charitospiza eucosma*; d) *Paroaria baeri*; e) *Saltator atricollis*; f) *Porphyospiza caeruleascens*; g) *Conothraupis mesoleuca* (segundo Silva, 1997 e distribuições revisadas do <ftp://www.natureserve.org>).



Figura 9 - Unidades de conservação (em cinza) determinadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais renováveis (IBAMA/MMA) (adaptado do ftp: www.ibama.gov.br). As setas indicam as regiões prioritárias para conservação baseado em nossas análises que não possuem unidades.

Comparando os resultados propostos pela rede de conservação ponderada pelo nível de ocupação humana, sem as espécies marginais (Figura 6b), com as unidades de conservação já estabelecidas no bioma Cerrado (Figura 9), há evidências que estas não cooptam toda a diversidade de emberizídeos. As regiões do oeste da Bahia e da divisa entre o Pará e o Mato Grosso não possuem áreas destinadas à conservação, e em nossas análises há prioridades para conservação dessas regiões (ver Figura 9).

Certamente, a diversidade biológica pode ser conservada relevando fatores socioeconômicos (Silva, 1995b; Bini & Diniz-Filho, 2005). Nossos resultados propõem uma solução mínima com cinco células, que minimizam os conflitos entre conservação e desenvolvimento, selecionando regiões onde o custo socioeconômico, definido por uma combinação complexa de variáveis, é mínimo, para representar toda a riqueza de espécies de um grupo de aves. Apesar do nosso estudo não resultar em ações práticas em um primeiro plano, ele está incluso em um contexto de biogeografia da conservação, (ver Whittaker et al., 2005) e possibilita indicar alvos (p.ex. áreas dentro das nossas unidades amostrais que contêm remanescentes de vegetação característica de Cerrado) relevantes em escalas espaciais amplas, onde sejam conservados o máximo possível de espécies.

Agradecimentos

Guilherme de Oliveira agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo

apoio financeiro, através de bolsa de iniciação científica. Este trabalho está inserido no programa PRONEX (CNPq/SECTEC-GO, proc. 23234156) para estabelecimento de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade no Cerrado e em Goiás. Nós agradecemos os comentários do Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior e de dois revisores anônimos nas versões anteriores do manuscrito.

Referências

- Anacleto, T. C. S.; Ferreira, A. A. & Diniz-Filho, J. A. F. 2005. Seleção de áreas de interesse ecológico através de sensoriamento remoto e de otimização matemática: um estudo de caso no município de Cocalinho, MT. *Acta Amazonica*, **35**: 437-444.
- Andelman, S.; Ball, I.; Davis, F. & Stoms, D. 1999. **SITES v.1.0 An Analytical Toolbox For Designing Ecoregional Conservation Portfolios. A Manual Prepared For The Nature Conservancy**. <http://www.biogeog.ucsb.edu/projects/tnc/toolbox.htm/>
- 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.
- Bini, L. M. & Diniz-Filho, J. A. F. 2005. Conservation does not compromise social development in Brazilian Cerrado. *Science*. Published E – Letter responses to, **306**: 1146 – 1149, 24/05/2005.
- Cabeza, M. & Moilanen, A. 2001. Design of reserve networks and the persistence of biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**: 242 – 248.
- Diniz-Filho, J. A. F.; Bini, L. M.; Vieira, C. M.; Souza, M. C.; Bastos, D. & Oliveira, L. G. 2004a. Spatial patterns in species richness and priority areas for conservation of anurans in the Cerrado region, Central Brazil. *Amphibia-Reptilia*, **25**: 63 – 75.
- Diniz-Filho, J. A. F.; Bastos, R. P.; Vieira, C. M.; Souza, M. C.; Motta, J. A. O.; Pombal, J. P. Jr. & Peixoto, J. C. 2004b. Anurans from a local assemblage in central Brazil: linking local processes with macroecological patterns. *Brazilian Journal of Biology*, **64**: 1 – 12.
- 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.
- Faith, D. P.; Carter, G.; Cassis, G.; Ferrier, S. & Wilkie, L. 2003. Complementarity, biodiversity viability analysis, and policy-based algorithms for conservation. *Environmental Science and Policy*, **6**: 311-328.
- Ferrier, S.; Pressey, R. L. & Barrett, T. W. 2000. A new predictor of the irreplaceability of areas for achieving a conservation goal, its application to real-world planning, and a research agenda for further refinement. *Biological Conservation*, **93**: 303-325.
- Gaston, K. J.; Rodrigues, A. S. L.; van-Resburg, B. J.; Koleff, P. & Chown, S. L. 2001. Complementary representation and zones of ecological transition. *Ecology Letters*, **4**: 4-9.

- Gaston, K. J. 2004. Macroecology and people. **Basic and Applied Ecology**, **5**: 303-307.
- Gorenflo, L. J. & Brandon, K. 2006. Key human dimensions of gaps in global biodiversity conservation. **BioScience**, **56**: 723-730.
- Johnson, R. A. & Wichern, D. W. 1992. **Applied multivariate statistical analysis**. 3^a. Ed. 642 pp.
- Klink, C. A. & Moreira, A. G. 2002. **Past and current human occupation, and land use**. In: Oliveira, M. S. & Marquis, R. J. (Ed.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of Neotropical savanna*. 398 pp.
- Klink, C. A. & Machado, R. B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, **19**: 707-713.
- Margules, C. R. & Pressey, R. L. 2000. Systematic conservation planning. **Nature**, **405**: 243-253.
- Macedo, R. H. F. 2002. **The Avifauna: Ecology, Biogeography, and Behavior**. In: Oliveira, M. S. & Marquis, R. J. (Ed.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of Neotropical savanna*. 398 pp.
- Marini, M. A. & Garcia, F. I. 2005. Bird Conservation in Brazil. **Conservation Biology**, **19**: 665-671.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B.; Kents, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, **403**: 853-858.
- Noss, R. F.; Carrol, C.; Vance-Borland, K.; Wuerthner, G. 2002. A Multicriteria assessment of the irreplaceability and vulnerability of sites in the Greater Yellowstone ecosystem. **Conservation Biology**, **16**: 895-908.
- Pinto, M. P.; Diniz-Filho, J. A. F.; Bini, L. M.; Blamires, B.; Rangel, T. L. F. V. B. 2008. Biodiversity surrogate groups and conservation priority areas: birds of the Brazilian Cerrado. **Diversity and Distributions**, (no prelo).
- Possingham, H. P.; Ball, I. & Andelman, S. 2000. **Mathematical methods for identifying representative reserve networks**. In: Ferson, S. & Bugman, M. (Ed.) *Quantitative methods for conservation biology*. 322 pp.
- Pressey, R. L.; Humphries, C. J.; Margules, C. R.; Vane-Wright, R. I. & Williams, P. H. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. **Trends in Ecology and Evolution**, **8**: 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.
- Rangel, T. L. F. 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.
- Ridgely, R. & Tudor, G. 1989. **The birds of South America (vol. II – the suboscine passerines)**. 814 pp.
- Rodrigues, A. S. L. & Gaston, K. J. 2002. Rarity and conservation planning across geopolitical Units. **Conservation Biology**, **16**: 674-682.
- Scott, M.; Davis, F. W.; McGhie, R. G.; Wright, R. G.; Groves, C. & Estes, J. 2001. Nature reserves: do they capture the full range of America's biological diversity? **Ecological Issues in Conservation: Ecological Applications**, **11**: 999-1007.
- Sick, H. 1997. **Ornitologia brasileira** 2^a Ed. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 862 pp.
- Silva, J. M. C. 1995a. Birds of Cerrado region, South America. **Streestrupia**, **21**: 69-92.
- Silva, J. M. C. 1995b. Avian inventory of the Cerrado region, South America: implications for biological conservation. **Bird Conservation International**, **5**: 291-304.
- Silva, J. M. C. 1997. Endemic bird species and conservation in the Cerrado Region, South America. **Biodiversity and Conservation**, **6**: 435 – 450.
- Tsuji, N. & Tsubaki, Y. 2004. Three new algorithms to calculate the irreplaceability index for presence/absence data. **Biological Conservation**, **119**: 487 – 494.
- Williams, P.; Faith, D.; Manne, L.; Sechrest, W. & Preston, C. 2006. Complementarity analysis: Mapping the performance of surrogates for biodiversity. **Biological Conservation**, **128**: 253-264.
- 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.
- Whittaker, R. J.; Araújo, M. B.; Jepson, P.; Ladle, R. J.; Watson, J. E. M. & Willis, K. J. 2005. Conservation biogeography: assessment and prospect. **Diversity and Distribution**, **11**: 3-23.