

Relação entre abundância e tamanho do corpo em uma comunidade de aves no Brasil Central

Daniel Blamires^{1,2}, José Alexandre Felizola Diniz-Filho¹, Carlos Eduardo Ramos de Sant'ana^{1,3,4} e Artur Borba Valgas^{1,2}

¹ Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Goiás, Caixa Postal 131, 74001-970, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: bmeridionalis@bol.com.br

² Programa de Pós-Graduação em Biologia (Ecologia), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

³ Coordenação de Química e Biologia, CEFET-GO, Rua 75, nº 46, Centro, 74055-110, Goiânia, GO, Brasil.

⁴ Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Recebido em 18 de julho de 2001; aceito em 16 de abril de 2002.

ABSTRACT. Abundance and body size relationship in a bird community from Central Brazil. One of the most obvious variables that affect abundance is body size. The purpose of this study was to analyze the abundance - body size relationship in a local bird community from Central Brazil (Bonsucesso Farm, located in Caldazinha City, GO). The effects of the range center index (RCI) and phylogenetic structure on this relationship were evaluated. Linear transection was the methodology used to define checklist and estimate abundances. Body size data and phylogenetic hypothesis were obtained from the literature. The abundance and body size relationship for 124 species followed Brown and Maurer's model, that is defined by a polygonal constraint pattern with a negative relationship between maximum abundance and body size. So, the abundance - body size relationship does not follow a simple energetic equivalence rule. There was also an influence of the geographical distribution patterns, affecting two aspects: the rare species showed high RCI values, and so are more peripheral to the study site. There was a gradient of reduction of RCI values toward the superior limit of the constraint polygon. The influence of phylogeny was also important, and there was a change in the shape of the relationship according to the taxonomic level, with a significant and positive relationship for the Suboscine birds in the community. Thus, in phenotypically similar groups, larger species are more abundant, maybe because they are superior competitively. The constraint polygon was not revealed for data transformed according to phylogenetic independent contrasts and autorregressive method, probably because of the changes in patterns through time. Thus, all effects tested showed significant effects in the abundance and body size relationship but, like in many macroecological studies, the complex observed patterns are not easily explained in terms of their causal evolutionary and ecological mechanisms.

KEY WORDS: abundance and body size relationship, energetic equivalence rule, range center index, phylogenetic structure, bird community, Central Brazil.

RESUMO. O tamanho do corpo é uma das variáveis que mais afetam a abundância dos organismos e diversos mecanismos têm sido propostos para explicar essa relação. O objetivo do presente trabalho foi analisar a relação entre abundância e tamanho do corpo em uma comunidade local de aves no Brasil Central, avaliando como essa relação pode ser explicada pelo índice de centro de distribuição geográfica (RCI) e pela estrutura filogenética. A metodologia utilizada para definir a listagem de espécies foi a transecção linear, sendo os dados de tamanho corporal e a hipótese filogenética obtidos da literatura. A relação entre abundância e tamanho corporal para as 124 espécies amostradas evidencia o modelo de Brown e Maurer, apresentando a forma de um envelope, ou polígono, de restrição, onde a abundância máxima se correlaciona negativamente com o tamanho do corpo. O tamanho do corpo não influenciou na abundância desta avifauna segundo uma simples regra de equivalência energética. Constatou-se também uma influência nos padrões de distribuição geográfica na relação sob dois aspectos: a) as espécies raras exibiram altos valores de RCI, sendo mais periféricas para a área estudada; b) houve um gradiente de redução de RCI rumo ao limite superior do polígono de restrição. Constatou-se também uma mudança na forma da relação quando são analisados níveis taxonômicos mais restritos, evidenciando-se, por exemplo, uma relação positiva entre as variáveis para as aves Suboscines. Assim, em grupos fenotipicamente mais próximos, espécies maiores foram mais abundantes provavelmente porque essas espécies são competitivamente superiores. Não foi evidenciado o envelope segundo os dados transformados pelo método dos contrastes e pelo modelo autorregressivo, provavelmente devido a esse efeito de mudança na forma da relação ao longo do tempo (não-estacionaridade). Assim, todos os efeitos testados possuem efeitos significativos sobre a relação mas, como em diversos estudos dentro da Macroecologia, embora seja possível detectar um padrão, sua explicação em termos de processos ecológicos e evolutivos envolvidos é complexa e dificilmente pode ser resumida a simples relações de causa e efeito.

PALAVRAS-CHAVE: relação entre abundância e tamanho do corpo, regra de equivalência energética, índice de centro de distribuição geográfica, estrutura filogenética, comunidade de aves, Brasil Central.

Nos últimos anos, houve um considerável aumento de estudos encontrados na literatura sobre a relação entre densidade (abundância) e tamanho do corpo (Damuth 1981, Brown e Maurer 1986, Nee *et al.* 1991, Gregory e Blackburn 1995, Murray *et al.* 1998), utilizando dados obtidos a partir de um número restrito de taxa em

comunidades locais (Cotgreave 1994, Kruger e McGavin 2000) e para dados provindos de diferentes habitats e taxa (Damuth 1987, Blackburn *et al.* 1990, Leaper e Raffaelli 1999). Contudo, os métodos estabelecidos para a obtenção de dados e sua análise estatística receberam relevantes críticas (Blackburn e Gaston 1997, Griffiths 1998, Brown

1999) e vários mecanismos ecológicos e evolutivos foram propostos para explicar esses padrões (Lawton 1990, Cotgreave 1993, Blackburn e Gaston 1999).

Uma das variáveis que mais nitidamente afeta a abundância nas diferentes linhagens é o tamanho corporal (Brown 1995). Damuth (1981) obteve dados de massa corporal e “densidade ecológica” (a abundância atingida por uma determinada espécie dentro do habitat que ela ocupa) para consumidores primários mamíferos. Estes dados mostraram uma relação alométrica com coeficiente de $-0,75$. Portanto, a partir destes dados, a densidade populacional de uma espécie mostrou-se proporcional a $C_1 W^{-0,75}$, onde W é a massa corporal e C_1 a uma constante. Considerando que a necessidade metabólica basal é expressa como $C_2 W^{+0,75}$, sendo C_2 outra constante, a taxa de uso energético de uma espécie em uma determinada área parece ser proporcional a: $C_1 W^{-0,75} \cdot C_2 W^{+0,75} = C_3 W^0 = C_3$.

Em outras palavras, a quantidade de fluxo energético para as espécies em uma comunidade é constante (C_3) e independente de seu tamanho corporal. Posteriormente, a descoberta de Damuth (1981) foi denominada “Regra de Equivalência Energética” (Nee *et al.* 1991).

Uma vez que este tipo de estudo pode estar sujeito a tendências amostrais, Brown e Maurer (1987) e Brown (1995) postularam que a relação abundância/tamanho do corpo tenderia a uma distribuição poligonal e que a linha ajustada ao limite superior do polígono possuiria coeficientes alométricos de $-0,75$ a $-1,0$, de modo que os limites do polígono é que seriam determinados por restrições ecológicas e evolutivas. Em aves, verificou-se que até mesmo pequenas densidades podem ser significativamente independentes do tamanho corporal (Lawton 1990), o que pode ser decorrente do elevado número de espécies migrantes que normalmente existem nas assembléias que constituem essa linhagem (Cotgreave 1994).

Análises eficazes da relação abundância-tamanho corporal requerem delimitações ordenadas do espaço geográfico analisado. Posteriormente, Blackburn e Gaston (1997) dividiram as relações em dois diferentes níveis de escala espacial: a) regional, que descreve grupos de indivíduos pertencentes a toda uma unidade geopolítica; b) local, que considera a fauna de um único sítio ou habitat restrito. Maurer (1999) descreve uma escala geográfica, ainda maior, abrangendo a distribuição geográfica de toda uma espécie.

Em escalas locais, é importante considerar um fator que é altamente correlacionado com a distribuição das abundâncias das espécies e que, conseqüentemente, pode afetar sua relação com o tamanho do corpo. Segundo Brown (1984), as densidades populacionais das espécies são normalmente grandes no centro de suas áreas de distribuição e declinam gradualmente rumo às bordas. Assim, uma comunidade local é um misto de populações centrais e periféricas para diferentes espécies e, conse-

quentemente, assumindo um simples modelo Gaussiano de distribuição e abundância ao longo do espaço geográfico, poderia haver variação na abundância local mesmo se todas as espécies tivessem o mesmo tamanho corporal (Maurer 1994, Brown 1995, Enquist *et al.* 1995, Gotelli e Graves 1996). Embora a distribuição das abundâncias no espaço geográfico possa assumir padrões mais complexos, com picos múltiplos de abundância (Brown *et al.* 1995, Maurer 1994), a posição relativa de uma população local em relação ao centro da distribuição geográfica (*range center index* – RCI, Enquist *et al.* 1995) pode dar uma estimativa bruta deste efeito geográfico. Este aspecto, segundo Enquist *et al.* (1995), parece reforçar a interação descrita por Ricklefs (1987) e Ricklefs e Schlutter (1993), entre as escalas locais, regionais e geográficas. De acordo com Brown *et al.* (1995), este tipo de inferência pode ser importante para a delimitação de reservas naturais, por evidenciarem quais localidades em uma área comportam espécies mais (ou menos) abundantes.

Estudos macroecológicos abordando a relação entre abundância e tamanho corporal são necessários no cenário atual de destruição ambiental, particularmente em biomas como o Cerrado (M.A.S. Alves com. pess.). No Brasil Central, o Cerrado ocupa uma área de 1,7 a 1,9 milhões de km² de extensão (Ab’Saber 1983), sendo uma das savanas mais biologicamente diversas do mundo (Cavalcanti 1999). Sua paisagem diversificada possui uma rica comunidade de aves com 837 espécies de aves, das quais 3,8% são endêmicas (Silva 1995). Com a mecanização da agricultura e a construção de rodovias no Brasil Central a partir da década de 1950, o impacto antrópico no Cerrado aumentou significativamente (Cavalcanti 1999, 2000). Recentemente, o presente bioma foi classificado como um dos “pontos quentes” de biodiversidade (*hot spots*), adquirindo assim prioridade nos programas conservacionistas, devido a dois importantes aspectos: a) sua excepcional concentração de espécies endêmicas (sobretudo vegetais); b) o acentuado grau de perda de habitats (Myers *et al.* 2000).

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a relação entre abundância e tamanho do corpo em uma comunidade de aves no Brasil Central. Mais especificamente, procurou-se analisar de que forma o tamanho do corpo relaciona-se à abundância das espécies, como essa relação pode ser explicada pelo índice de centro de distribuição (RCI) de suas espécies e como ela é afetada pelas relações filogenéticas entre as espécies na comunidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo. O presente trabalho foi realizado na Fazenda Bonsucesso, situada no município de Caldazinha (16° 42’51”S, 49° 00’07”W, 866m de altitude), Estado de Goiás. Foram estudadas quatro diferentes formações fisionômicas contíguas, cada uma com dimensões entre 6

e 8 hectares, considerando-se, respectivamente, os seus graus de complexidade estrutural e alteração antrópica. As quatro formações estudadas foram: 1) Pastagem com vegetação de cerrado em crescimento secundário (PA), constituída por vegetação exótica (*Brachiaria* sp.) e vegetação arbustiva e arbórea secundária de cerrado *sensu lato*; 2) Cerrado *sensu stricto* alterado (CA), constituído por vegetação alterada de cerrado *sensu stricto*; 3) Floresta galeria (FG), com vegetação ripária a dois corpos hídricos (um sulco natural e um ribeirão) e; 4) Campo cerrado (CC), constituído por densa vegetação herbácea, “escrube aberto” e árvores esparsas (com caules suberosos e retorcidos) de pequeno e médio portes (adaptado de Eiten 1993).

Coleta de dados. Os dados de campo foram coletados quinzenalmente entre os meses de maio e dezembro de 1997, totalizando quinze turnos de observação. Cada turno foi iniciado por volta das 06:00 h e concluído aproximadamente às 14:00 h. Durante os turnos, cada uma das quatro formações fisionômicas foi percorrida em cada um dos blocos de horários em que o dia foi dividido: 6:00 h-8:00 h, 8:00 h-10:00 h, 10:00 h-12:00 h, 12:00 h-14:00 h. Foi estabelecida uma alternância entre as formações fisionômicas no decorrer dos turnos de coleta, em relação aos horários de observação. Não foram feitas mudanças na obtenção de dados devido ao horário de verão, sendo portanto mantido o fuso horário – 3 h GMT.

O procedimento de documentação das espécies foi baseado em Monteiro e Brandão (1995) e Anjos (1996). Foi estabelecida uma transecção nas formações fisionômicas de aproximadamente 2400 m, a fim de analisar o centro e a periferia em PA, CA e CC. A análise em FG foi somente periférica em torno dos mananciais, devido ao reduzido diâmetro desta formação. Os registros foram feitos visualmente com o uso de binóculo 7-15x25 Z e através da vocalização das espécies, tomando o cuidado para não registrar o mesmo indivíduo mais de uma vez em cada bloco de horário. Durante o período de estudo foram realizadas cerca de 30 h de registro para cada formação. A identificação das espécies foi feita de acordo com Pinto (1978), Ridgely e Tudor (1989, 1994) e Sick (1997), sendo consideradas somente aquelas espécies cuja identificação taxonômica foi realizada de forma inequívoca.

Relação abundância/tamanho. Considerou-se a abundância para cada espécie como o total de encontros com os indivíduos registrados ao longo de todos os turnos de coleta. Como o objetivo do presente trabalho foi analisar a relação geral entre abundância e tamanho do corpo ao nível das espécies (e não da comunidade), os diferentes habitats estudados não foram analisados separadamente (ver Blamires *et al.* 2001, para uma análise da diferença na comunidade nos diferentes habitats). Os dados de tamanho corporal para cada espécie (massa, em gramas) foram obtidos de Cavalcanti e Marini (1993), Dunnig (1993) e Marini *et al.* (1997). Esses dados foram inicialmente

logaritimizados e sua relação com a abundância inspecionada a fim de verificar sua linearidade ou a existência preliminar de um envelope de restrição. Embora haja uma variação intraespecífica considerável na massa corpórea das espécies, em estudos macroecológicos essas variações tornam-se, em geral, desprezíveis quando são comparadas espécies que englobam várias ordens de magnitude de variação para esse caráter (Blackburn e Gaston 1998). Assim, pequenas diferenças nos valores utilizados para a massa das espécies (ver tabela 1) não devem afetar qualitativamente as conclusões do presente estudo.

Foi utilizado o método de regressão linear (Sokal e Rohlf 1995) para análise da relação entre as variáveis (abundância e tamanho corporal), considerando o limite superior do envelope a fim de constatar se a densidade relativa das espécies documentadas é função de suas respectivas biomassas. O coeficiente angular obtido foi comparado ao parâmetro ($b = -0,75$) proposto por Damuth (1981) e $b = -1,0$ proposto por Brown (1995).

A relação de abundância e tamanho do corpo para as 124 espécies também foi testada por procedimentos de aleatorização, a fim de testar a existência de um envelope de restrição, utilizando o programa ECOSIM (Gotelli e Entsminger 2000). O envelope triangular foi gerado ligando-se as coordenadas (Xmin, Ymin), (sendo X e Y o tamanho do corpo e a abundância, respectivamente), às coordenadas (Ymax, Xmed) e (Xmax, Ymin), sendo Xmed o valor mediano do tamanho do corpo. Após o estabelecimento da forma básica do envelope, o teste foi feito com base na contagem de quantas espécies situam-se dentro do envelope (NV). Esse valor de NV foi posteriormente comparado a uma distribuição nula dos valores de NV, obtidos após a aleatorização dos dados de tamanho do corpo e de abundância. Este teste foi efetuado com 50000 aleatorizações, para medir o grau de aderência das espécies no espaço bivariado ao padrão inicialmente estabelecido para o envelope triangular.

Populações centrais e periféricas. Também foi definido o Índice de Centro de Distribuição Geográfica (RCI) para cada espécie, segundo Enquist *et al.* (1995). O presente índice foi calculado conforme a fórmula: $RCI_i = |D - S_i| / R_i$. Onde D consiste na localização do município de Caldazinha em graus de latitude sul (-16°), S_i equivale ao ponto médio (*midpoint*) da área de distribuição geográfica da i-ésima espécie e R_i refere-se à amplitude latitudinal total da distribuição dessa espécie. Todos os valores são expressos em graus de latitude. Valores elevados de RCI (próximos a 1,0) indicam populações mais periféricas para a área estudada, ao longo da latitude. Essas populações estariam, portanto, nos limites máximos da tolerância à fatores ambientais associados à latitude, tais como a temperatura, e a princípio tenderiam a valores reduzidos de abundância sob um modelo Gaussiano de distribuição em torno de um pico adaptativo central

(Maurer 1994, 1999; Brown e Lomolino 1997). Extremos latitudinais norte e sul da distribuição geográfica de cada espécie foram obtidos de Sibley e Monroe (1990), Ridgely e Tudor (1989, 1994) e Sick (1997). Os valores de RCI foram interpolados sobre a distribuição bidimensional da relação entre abundância e tamanho do corpo (i.e., sobrepostos ao envelope de restrição), a fim de verificar se há uma influência nos padrões de distribuição geográfica nesta relação.

Efeitos filogenéticos. A relação entre a abundância e tamanho do corpo foi analisada separadamente para todas as espécies de Passeriformes, assim como para os dois clados das sub-ordens de Passeriformes (Suboscines e Oscines), a fim de constatar se, para estas linhagens, são evidenciados efeitos entre as suas histórias filogenéticas e competição interespecífica, respectivamente, conforme pressuposto por Nee *et al.* (1991) e Cotgreave (1993).

Para correção geral da dependência interespecífica nos dados foram utilizados o método de contrastes independentes (Felsenstein 1985) e o modelo autoregressivo de Cheverud *et al.* (1985). A hipótese filogenética utilizada como base para esses dois métodos foi obtida inicialmente a partir de Sibley e Alquist (1990), cujos estudos consistem no uso de diferentes métodos apoiados em padrões de hibridização de DNA (figura 1). Entretanto, como muitas espécies documentadas no presente trabalho não foram analisadas por Sibley e Alquist (1990), estas foram incorporadas à filogenia como politomias cognitivas dentro dos gêneros (politomias *soft*, ou seja, geradas devido a falta de conhecimento na resolução de um clado – Diniz-Filho, 2000). Gêneros ausentes em Sibley e Alquist (1990) foram incorporados à filogenia de acordo com a classificação tradicional (Sick 1997), conforme o nível taxonômico (gênero, subfamília ou família) mais próximo ao encontrado na filogenia molecular. A filogenia da família Psittacidae foi elaborada segundo informações providas de E.S. Tavares e C. Miyaky (com. pess.).

O método de Felsenstein (1985) estabelece uma comparação entre pares de espécies em cada bifurcação de uma filogenia conhecida, em termos de topologia e tempo de divergência entre N espécies. Foram calculados N-1 contrastes independentes no decorrer da evolução do grupo para as duas variáveis, considerando que o estado ancestral é conhecido (assumindo movimento Browniano) assim como a topologia e os ramos da filogenia. Comparou-se as diferenças entre N espécies e seus valores ancestrais (nós da filogenia). Para o cálculo dos contrastes foi utilizado o programa *PDAP* (*Phenotypic Diversity Analysis Program*) de Jones *et al.* (1993).

O método filogenético autoregressivo de primeira ordem de Cheverud *et al.* (1985) também foi utilizado para correção da independência interespecífica. Este método desdobra a variância fenotípica de um caráter (y) em um componente filogenético da espécie (W_y), e outro não

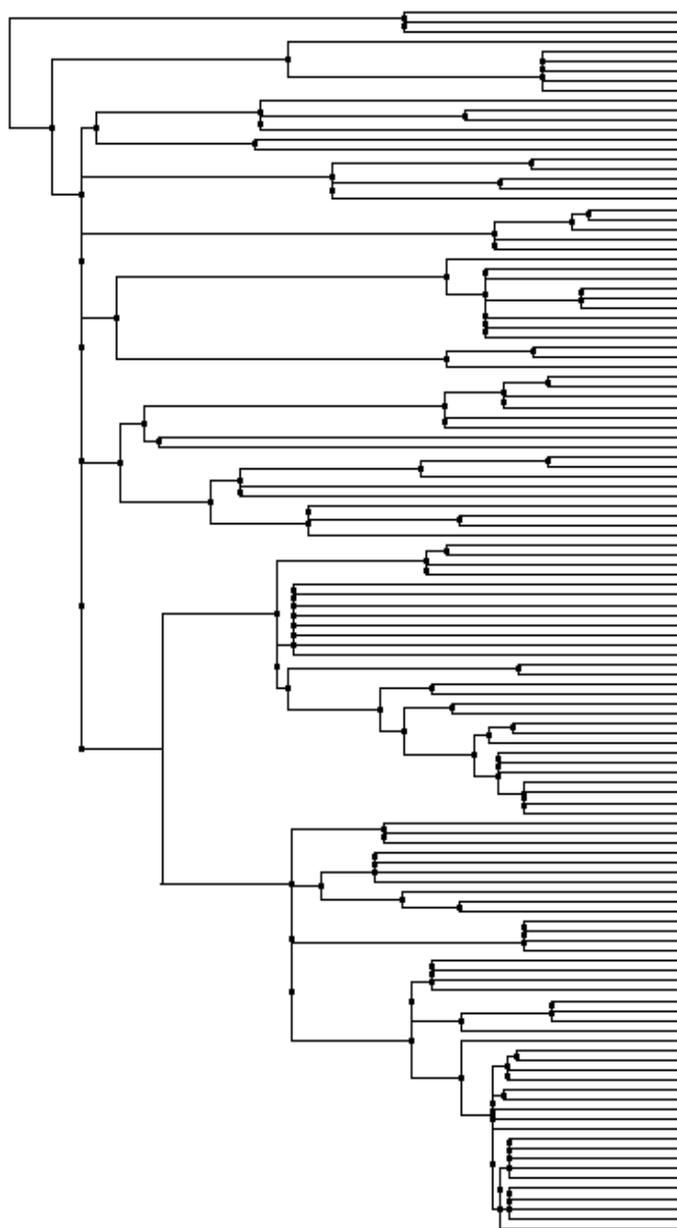


Figura 1. Hipótese filogenética para as 124 espécies registradas na Fazenda Bonsucesso, município de Caldazinha, GO, baseada na filogenia molecular de Sibley e Ahlquist (1990), com modificações (ver texto para detalhes). A ordem das espécies é a mesma apresentada na tabela 1.

filogenético, referente à evolução independente de cada espécie (componente específico ϵ). Esse desdobramento é explicado através da equação $y = rW_y + \epsilon$. O coeficiente de autocorrelação (r) mede a correlação entre o caráter y e a predição puramente filogenética W_y . Este procedimento pode ser utilizado com êxito no presente trabalho, uma vez que ele é robusto somente quando a topologia na árvore filogenética não é bem conhecida e quando o número de espécies é alto (Martins 1996, Polo e Carrascal 1999, Diniz-Filho 2000). Foram confeccionados envelopes de restrição a partir dos dados transformados segundo os

Tabela 1. Espécies de aves registradas na Fazenda Bonsucesso. A sequência taxonômica segue Sibley e Alquist (1990). W: massa em g; Ab: abundância total ; Ls e Li: latitudes superior e inferior da área de distribuição geográfica; S e N: latitudes sul e norte à linha do equador; R: amplitude latitudinal total em graus; RCI: índice de centro de distribuição geográfica.

Espécies	W	Ab	Ls	Li	R	RCI
<i>Rhynchotus rufescens</i>	900,0	8	8S	37S	29	0,315
<i>Crypturellus parvirostris</i>	160,0	8	11S	28S	17	0,171
<i>Nothura maculosa</i>	300,0	5	3S	43S	40	0,329
<i>Ramphastos toco</i>	540,0	17	8N	28S	36	0,403
<i>Veniliornis passerinus</i>	33,5	24	7N	31S	38	0,316
<i>Celeus flavescens</i>	126,3	4	1S	28S	27	0,596
<i>Dryocopus lineatus</i>	183,5	2	27N	26S	53	0,458
<i>Colaptes campestris</i>	150,7	65	3N	41S	44	0,030
<i>Melanerpes candidus</i>	112,7	6	3N	30S	33	0,089
<i>Galbula ruficauda</i>	22,0	57	22N	28S	50	0,248
<i>Chelidoptera tenebrosa</i>	33,5	2	7N	25S	32	0,160
<i>Monasa nigrifrons</i>	87,0	20	3N	22S	25	0,187
<i>Nystalus chacuru</i>	51,0	3	7N	28S	35	0,356
<i>Momotus momota</i>	96,0	12	27N	26S	53	0,275
<i>Chloroceryle amazona</i>	118,0	2	24N	35S	59	0,435
<i>Crotophaga ani</i>	105,0	12	28N	34S	62	0,860
<i>Guira guira</i>	152,0	16	10S	37S	27	0,271
<i>Coccyzus melacoryphus</i>	47,2	5	12N	39S	51	0,365
<i>Piaya cayana</i>	104,0	5	28N	41S	69	0,212
<i>Dromococcyx phasianellus</i>	84,5	11	22N	26S	48	0,372
<i>Brotogeris chiriri</i>	52,5	42	9S	26S	17	0,126
<i>Forpus xanthopterygius</i>	26,0	34	6N	30S	36	0,693
<i>Aratinga leucophthalmus</i>	166,0	10	3N	32S	35	0,261
<i>Diopsittaca nobilis</i>	136,0	1	7N	21S	28	0,325
<i>Aratinga aurea</i>	90,0	5	14S	22S	8	0,094
<i>Phaethornis pretrei</i>	5,5	2	1S	24S	23	0,488
<i>Colibri serrirostris</i>	6,7	1	16S	26S	10	0,557
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	7,0	5	8N	28S	36	0,339
<i>Thalurania furcata</i>	4,5	4	3N	28S	31	0,285
<i>Chlorostilbon aureoventris</i>	3,2	2	10S	27S	17	0,195
<i>Amazilia fimbriata</i>	5,0	2	12N	33S	45	0,630
<i>Lophornis magnifica</i>	2,1	4	9S	33S	24	0,473
<i>Eupetomena macroura</i>	8,7	7	8N	28S	36	0,372
<i>Clytolaema rubricauda</i>	7,2	26	13S	33S	20	0,302
<i>Bubo virginianus</i>	1518,0	2	63N	56S	119	0,276

Continua

Tabela 1. Continuação.

Espécies	W	Ab	Ls	Li	R	RCI
<i>Otus choliba</i>	135,0	3	9N	34S	43	0,358
<i>Speotyto cunicularia</i>	155,0	39	51N	53S	104	0,372
<i>Geotrygon montana</i>	115,0	1	23N	28S	51	0,504
<i>Leptotila rufaxilla</i>	178,0	18	8N	32S	36	0,125
<i>Columba picazuro</i>	402,0	26	8S	41S	33	0,380
<i>Columba cayennensis</i>	240,0	12	22N	30S	52	0,296
<i>Columbina talpacoti</i>	46,5	125	27N	41S	68	0,442
<i>Scardafella squammata</i>	46,0	90	12N	28S	40	0,613
<i>Cariama cristata</i>	1400,0	22	8S	32S	24	0,354
<i>Vanellus chilensis</i>	327,0	47	12N	34S	46	0,649
<i>Polyborus plancus</i>	893,5	6	32N	52S	84	0,481
<i>Milvago chimachima</i>	330,0	7	10N	35S	45	0,576
<i>Falco sparverius</i>	111,0	27	64N	55S	119	0,548
<i>Rupornis magnirostris</i>	277,0	6	24N	34S	58	0,194
<i>Ictinia plumbea</i>	217,0	2	24N	27S	51	0,105
<i>Ardea coccoi</i>	3200,0	1	9N	44S	53	0,372
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	670,0	1	11N	27S	38	0,247
<i>Theristicus caudatus</i>	1550,0	19	4N	34S	38	0,163
<i>Coragyps atratus</i>	2172,0	21	32N	42S	74	0,649
<i>Synalaxis frontalis</i>	15,0	1	2S	34S	32	0,096
<i>Furnarius rufus</i>	56,5	97	4S	39S	35	0,245
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	29,5	1	5S	36S	31	0,474
<i>Lepidocolaptes fuscus</i>	21,8	8	3S	28S	25	0,565
<i>Colonia colonus</i>	16,1	1	15N	28S	43	0,259
<i>Casiornis rufa</i>	24,7	10	13N	30S	17	0,562
<i>Griseotyrannus aurantioatrocristatus</i>	27,2	2	10S	38S	28	0,939
<i>Lathrotriccus euleri</i>	12,0	3	12N	35S	47	0,628
<i>Legatus leucophaius</i>	24,4	1	20N	27S	47	0,738
<i>Serpophaga subcristata</i>	5,0	4	3S	40S	37	0,370
<i>Suiriri suiriri</i>	21,5	3	16S	39S	23	0,362
<i>Xolmis cinerea</i>	54,4	55	3N	35S	38	0,527
<i>Formicivora melanogaster</i>	9,3	2	3S	21S	18	0,081
<i>Thamnophilus doliatus</i>	25,0	9	24N	26S	50	0,274
<i>Hemitricus margaritaceiventer</i>	8,0	1	10N	32S	42	0,522
<i>Todirostrum cinereum</i>	6,4	1	20N	23S	43	0,046
<i>Schiffornis virescens</i>	24,8	1	15S	28S	13	0,150

Continua

Tabela 1. Continuação.

Espécies	W	Ab	Ls	Li	R	RCI
<i>Pachiramphus viridis</i>	21,0	2	7N	29S	36	0,529
<i>Elaenia flavogaster</i>	22,0	25	20N	28S	48	0,037
<i>Capsiempis flaveola</i>	7,7	13	11N	26S	37	0,221
<i>Camptostoma obsoletum</i>	7,0	5	9N	33S	42	0,521
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	14,4	26	34N	40S	74	0,224
<i>Tyrannus melancholicus</i>	38,0	140	33N	40S	73	0,277
<i>Tyrannus savana</i>	28,5	40	22N	52S	74	0,606
<i>Pitangus sulphuratus</i>	50,7	42	28N	42S	70	0,497
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	25,9	1	9N	23S	32	0,317
<i>Megarynchus pitangua</i>	55,0	6	23N	29S	52	0,271
<i>Myiarchus ferox</i>	28,3	13	4N	32S	36	0,707
<i>Vireo chivi</i>	13,8	1	61N	38S	47	0,282
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	178,3	19	5S	23S	18	0,076
<i>Cyanocorax cyanopogon</i>	159,5	4	2S	21S	19	0,472
<i>Turdus amaurochalinus</i>	60,0	16	14S	42S	28	0,318
<i>Turdus leucomelas</i>	67,0	4	12N	27S	39	0,400
<i>Turdus rufiventris</i>	70,5	5	1S	35S	34	0,056
<i>Mimus saturninus</i>	58,0	3	3N	41S	44	0,428
<i>Polioptila dumicola</i>	6,4	36	8S	35S	27	0,321
<i>Troglodytes aedon</i>	10,9	8	52N	52S	104	0,356
<i>Donacobius atricapillus</i>	34,8	1	9N	30S	41	0,807
<i>Tachycineta albiventer</i>	17,7	3	12N	29S	41	0,807
<i>Phaeoprogne tapera</i>	36,1	8	6N	37S	43	0,300
<i>Progne chalybea</i>	42,9	94	29N	35S	64	0,094
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	15,5	15	16N	35S	51	0,547
<i>Saltator similis</i>	43,3	2	11S	33S	22	0,688
<i>Carduelis magellanicus</i>	11,0	1	8N	40S	48	0,081
<i>Basileuterus culicivorus hypoleucus</i>	10,5	4	27N	35S	62	0,029
<i>Basileuterus flaveolus</i>	12,0	1	6N	27S	33	0,410
<i>Gnorimopsar chopi</i>	79,5	217	2S	34S	32	0,321
<i>Cacicus cela</i>	91,4	11	10N	19S	29	0,376
<i>Molothrus bonariensis</i>	45,0	1	23N	53S	76	0,356
<i>Euphonia chlorotica</i>	9,9	6	4N	36S	40	0,805
<i>Piranga flava</i>	39,4	1	38N	34S	72	0,389
<i>Dacnis cayana</i>	15,0	13	15N	28S	43	0,474
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	12,8	4	23N	21S	44	0,841

Continua

Tabela 1. Continuação.

Espécies	W	Ab	Ls	Li	R	RCI
<i>Thraupis palmarum</i>	39,0	5	15N	33S	48	0,730
<i>Thraupis sayaca</i>	32,0	56	8S	35S	27	0,274
<i>Tersina viridis</i>	35,5	17	9N	28S	37	0,027
<i>Tangara cayana</i>	21,3	14	6S	30S	24	0,130
<i>Conirostrum speciosum</i>	8,7	12	10N	28S	38	0,045
<i>Ramphocelus carbo</i>	27,5	2	12N	22S	34	0,405
<i>Volatinia jacarina</i>	9,7	47	28N	35S	63	0,121
<i>Zonotrichia capensis</i>	21,0	3	18N	55S	73	0,030
<i>Arremon flavirostris</i>	30,9	11	9S	28S	19	0,482
<i>Poospiza cinerea</i>	15,2	1	10S	21S	11	0,108
<i>Coryphospingus cucullatus</i>	14,9	5	3N	35S	38	0,519
<i>Charitospiza eucosma</i>	14,0	3	8S	28S	20	0,035
<i>Sporophila plumbea</i>	11,6	4	6S	28S	22	0,037
<i>Sporophila colaris</i>	13,5	8	14S	34S	20	0,218
<i>Sporophila caerulescens</i>	11,0	35	4S	39S	35	0,189
<i>Sporophila bouvreuil</i>	8,5	11	1S	29S	28	0,143
<i>Sicalis flaveola</i>	19,7	7	7N	39S	46	0,419

métodos de contrastes independentes e o modelo autorregressivo. Os envelopes obtidos a partir das variáveis transformadas filogeneticamente pelos dois métodos também foram testados segundo o método de aleatorização do ECOSIM, previamente descrito (Gotelli e Entsminger 2000).

RESULTADOS

Relação abundância/tamanho corporal. Foi listado um total de 124 espécies de aves pertencentes a 31 famílias e uma abundância total de 2165 encontros com aves (tabela 1). As distribuições de frequência evidenciam uma assimetria tanto para os dados de massa corporal (figura 2a) quanto para abundância (figura 2b). Esses padrões de assimetria são de fato esperados para essas variáveis (Brown 1995), de modo que essas distribuições indicam que eventuais problemas de amostragem e identificação taxonômica não devem ter interferido qualitativamente na definição da relação entre as variáveis.

O gráfico que relaciona abundância e tamanho corporal evidencia que as variáveis estudadas assumem o modelo de Brown e Maurer (1987), apresentando a forma de um envelope de restrição triangular onde a abundância máxima relaciona-se negativamente com o tamanho do corpo

(figura 3). De fato, essa relação foi confirmada pelo modelo nulo proposto por Gotelli e Entsminger (2000). De um total de 124 espécies analisadas, 91 se encontram dentro do envelope de restrição definido no ECOSIM. A chance de se obter essa proporção de espécies dentro do envelope, após 50000 aleatorizações dos dados originais, é de 0,050.

Theristicus caudatus, *Coragyps atratus* e *Cariama cristata* aparecem como *outliers* que posicionam-se acima da linha de restrição principal do envelope (figura 3), devido às suas grandes abundâncias em relação à sua massa corporal. O coeficiente de regressão da reta de restrição superior ($b = -1,375 \pm 0,054$) mostra-se significativamente diferente de zero ($p < 0,05$), embora diferente de $b = -0,75$ ($t = 3,94$; $p < 0,01$) e $b = -1,0$ ($t = 6,57$; $p < 0,01$), evidenciando que o tamanho do corpo não influencia na abundância da avifauna estudada segundo uma simples regra de equivalência energética.

Populações centrais e periféricas. A distribuição dos valores de RCI (figura 4) é bimodal e indica que o local de estudo em Caldazinha é mais central para a maioria das espécies, enquanto um número relativamente pequeno de espécies situa-se na periferia. Menos de 50% das espécies possuem valores de RCI acima de 0,5, indicando portanto que a área estudada distancia-se pouco do centro da área de distribuição geográfica para a maioria das espécies.

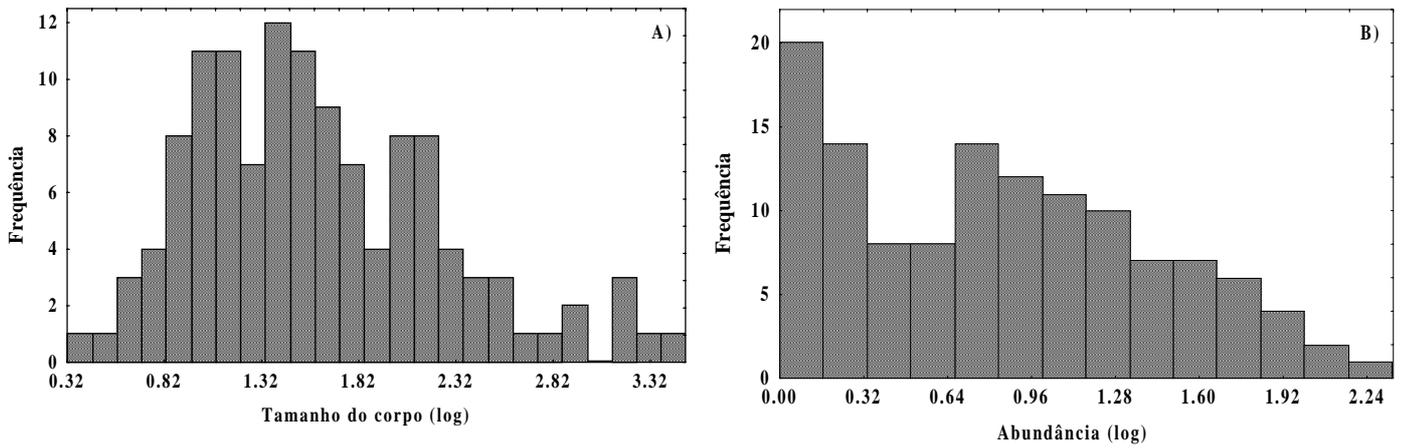


Figura 2. Distribuição de frequência para os dados de massa corporal (A) e abundância (B), para as 124 espécies estudadas na Fazenda Bonsucesso, município de Caldazinha, GO.

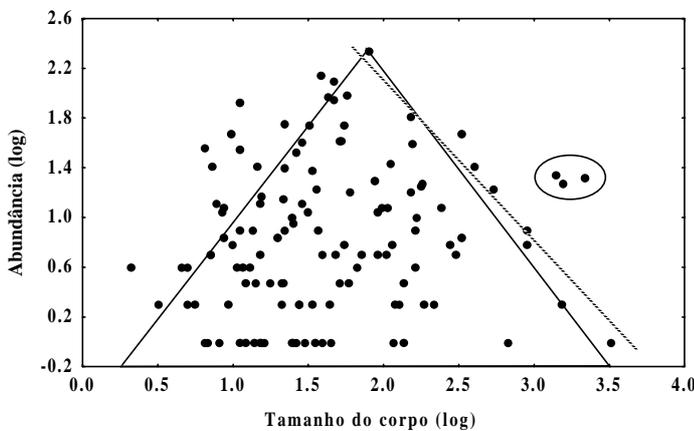


Figura 3. Relação entre as variáveis logaritmizadas de abundância e tamanho do corpo para a avifauna da Fazenda Bonsucesso, município de Caldazinha, GO. *T. caudatus*, *C. atratus* e *Cariama cristata* são representados por três pontos envolvidos em um círculo acima do limite superior direito do envelope. A linha pontilhada indica a reta de restrição superior ajustada aos limites superiores do envelope, enquanto que as linhas cheias indicam o polígono definido pelo ECOSIM.

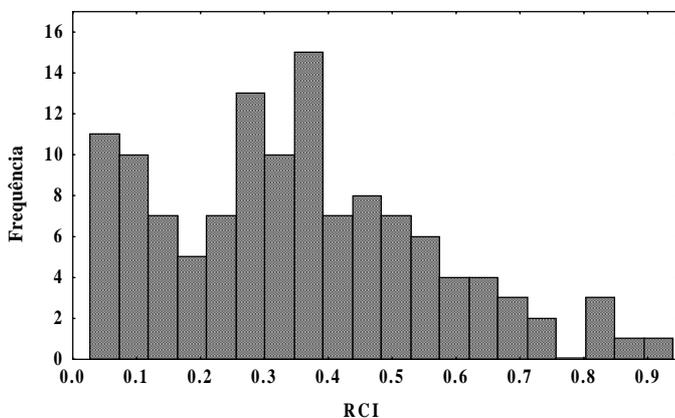


Figura 4. Distribuição dos valores de índice de centro de distribuição geográfica (RCI) para a comunidade de 124 aves da Fazenda Bonsucesso, município de Caldazinha, GO.

Os valores de RCI sobrepõem-se à relação de abundância-tamanho do corpo de forma padronizada, o que indica uma influência dos padrões periférico/centrais de distribuição geográfica latitudinal sobre a mesma (figura 5). Assim, as espécies pelas quais o local estudado situa-se na periferia de suas distribuições (com altos valores de RCI) dispõem-se, respectivamente, acima do limite superior esquerdo ou no centro do polígono de restrição. Com exceção de *Ardea coccoi* ($\log W = 3,5$), todas as espécies raras apresentaram altos valores de RCI, sendo portanto mais periféricas para o local de estudo. Verifica-se também um gradiente de redução dos valores de RCI rumo ao limite superior direito do envelope, evidenciando que grandes abundâncias para classes de tamanho corporal superiores à média só serão possíveis com baixos valores de RCI (ou seja, populações mais centrais).

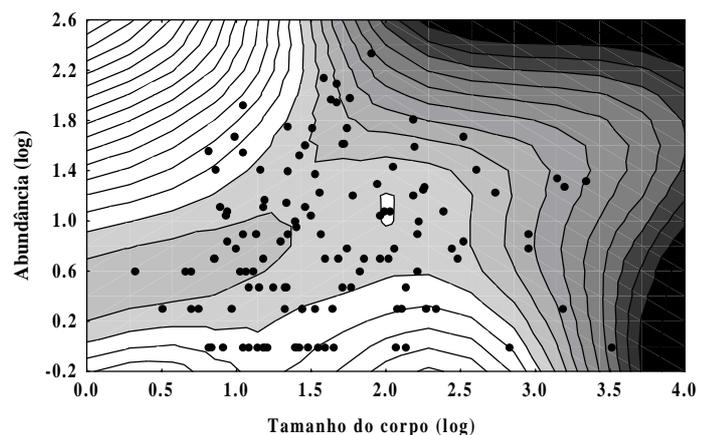


Figura 5. Relação entre abundância e tamanho do corpo e os valores de RCI para a comunidade de aves da Fazenda Bonsucesso. As áreas do espaço bivariado formado pela abundância e pelo tamanho do corpo tornam-se mais escuras à medida que as populações periféricas são encontradas (RCI tendendo a 1,0). Embora não existam espécies no quadrante superior/direito da relação entre abundância e tamanho do corpo, a interpolação dos valores de RCI indicam que estas populações, caso existissem, seriam extremamente periféricas.

Efeitos filogenéticos. A análise da relação em algumas linhagens mostrou de forma mais detalhada o efeito da hierarquia filogenética. A mudança na forma da relação em função da análise em diferentes níveis da hierarquia taxonômica detectada no presente estudo dá suporte ao modelo proposto por Cotgreave (1993). Assim, foi constatada uma mudança na forma da relação entre abundância e tamanho do corpo em diferentes níveis da filogenia. Analisando separadamente os dados de Passeriformes e da subordem Oscines (figuras 6a e 6c), verifica-se a ausência do envelope de restrição e de qualquer relação funcional ($r = 0,22$, $p = 0,009$; $r = 0,079$, $p = 0,620$, respectivamente). Em um nível um pouco mais alto da hierarquia, evidencia-se uma relação positiva significativa para os Suboscines (figura 6b, $r = 0,457$, $p = 0,016$).

Não foi evidenciado o envelope de restrição utilizando o modelo nulo do ECOSIM, para as variáveis abundância e tamanho do corpo transformadas segundo o método de contrastes filogenéticos (figura 7a) ($r = 0,093$; $p = 0,307$) e segundo o método autoregressivo de primeira-ordem (figura 7b) (correlação entre os componentes específicos S das duas variáveis igual a 0,068; $p = 0,453$), embora neste último método a reta de restrição superior, observada nos dados originais, tenha sido parcialmente mantida.

De acordo com o método autorregressivo, a variável tamanho do corpo está bastante estruturada na filogenia, com um coeficiente autorregressivo r igual a 0,776. O R^2 do modelo foi igual a 0,602, indicando que as espécies próximas filogeneticamente tendem a ser semelhantes para esse caráter. Para a abundância, por outro lado, o modelo autorregressivo não foi bem ajustado ($r = -0,071$, $R^2 = 0,005$), indicando portanto a ausência de efeitos filogenéticos para essa variável.

DISCUSSÃO

Relação abundância/tamanho corporal. Constatou-se que o tamanho do corpo não influenciou na abundância das espécies nessa comunidade de aves segundo uma simples regra de equivalência energética. Segundo Brown (1995), há uma grande variação em torno de uma relação negativa entre densidade populacional e tamanho do corpo, impossibilitando portanto a sua análise a partir de uma simples equação alométrica. A regra de equivalência energética também foi contestada por Brown e Maurer (1986), cujos resultados evidenciam que as elevadas densidades populacionais das espécies de pequeno porte não são suficientes para compensar suas baixas taxas de uso energético por indivíduo, de forma que as espécies grandes apresentam diversas vantagens ecológicas. Portanto, observa-se uma tendência evolutiva rumo ao aumento do tamanho corporal em várias linhagens animais. Em aves, a tendência não aleatória para a evolução das massas corporais foi de fato evidenciada por Maurer (1998).

No presente estudo, observa-se uma distribuição poligonal das espécies. De fato, segundo Blackburn e Gaston (1997), estudos realizados em escalas locais mostram padrões mais poligonais, em relação aos estudos desenvolvidos em escalas regionais. Resultado semelhante foi obtido por Kruger e McGavin (2000), a partir de comunidades locais de insetos. Por outro lado, Leaper e Rafaelli (1999) e Schmid *et al.* (2000) constataram distribuições lineares para os dados analisados e obtidos em escala regional. Entretanto, um importante aspecto a ser considerado neste trabalho consiste no fato que o programa ECOSIM (Gotelli e Entsminger 2000) delimita o envelope a partir dos pontos máximos e mínimos em um espaço amostral, não havendo uma definição exata da posição das retas de restrição em função de modelos ecológicos e/ou evolutivos. Esse aspecto ainda exige maiores estudos, de modo que os testes de significância obtidos a partir do modelo nulo utilizado podem ser considerados excessivamente conservativos.

Os três *outliers* da figura 2 (*Coragyps atratus*, *Cariama cristata* e *Theristicus audatus*), são espécies características de habitats abertos, segundo Andrade (1997) e Sick (1997). *Coragyps atratus* e *Cariama cristata* tendem a aumentar sua expansão geográfica juntamente com a ocupação humana e o desmatamento, respectivamente (Sick 1997). Provavelmente *Theristicus caudatus* também encontra-se sobre o mesmo condicionamento, decorrente das atividades de antropização. Assim, o impacto humano que o bioma cerrado tem sofrido nas últimas décadas (Cavalcanti 1999, 2000) pode ter afetado os padrões macroecológicos de abundância e distribuição da avifauna, em relação a essas espécies.

Entretanto, o posicionamento contrastante de *T. caudatus*, *C. atratus* e *Cariama cristata* no envelope de restrição pode ser decorrente também de desavenças referentes à obtenção dos dados em campo. Por serem grandes, estas espécies são fáceis de serem documentadas e, portanto, podem apresentar erroneamente maior abundância em relação a espécies pequenas, cuja monitoração é mais difícil (Blackburn e Gaston 1998). Outro aspecto é decorrente da metodologia utilizada, a transecção linear, a partir da qual provavelmente podem ser obtidos valores subestimados para a densidade das espécies de aves em uma assembléia (Carrascal e Telleria 1991). Outra possibilidade a ser considerada para explicar esses *outliers* é que provavelmente sua abundância não seja restrita pelos fatores ecológicos que regulam as abundâncias na comunidade local analisada, mas sim por fatores em uma escala geográfica mais regional e /ou biogeográfica.

Populações centrais e periféricas. Evidenciou-se também uma influência nos padrões periférico/centrais de distribuição geográfica na relação de abundância-tamanho do corpo, para a comunidade estudada. Assim, em geral

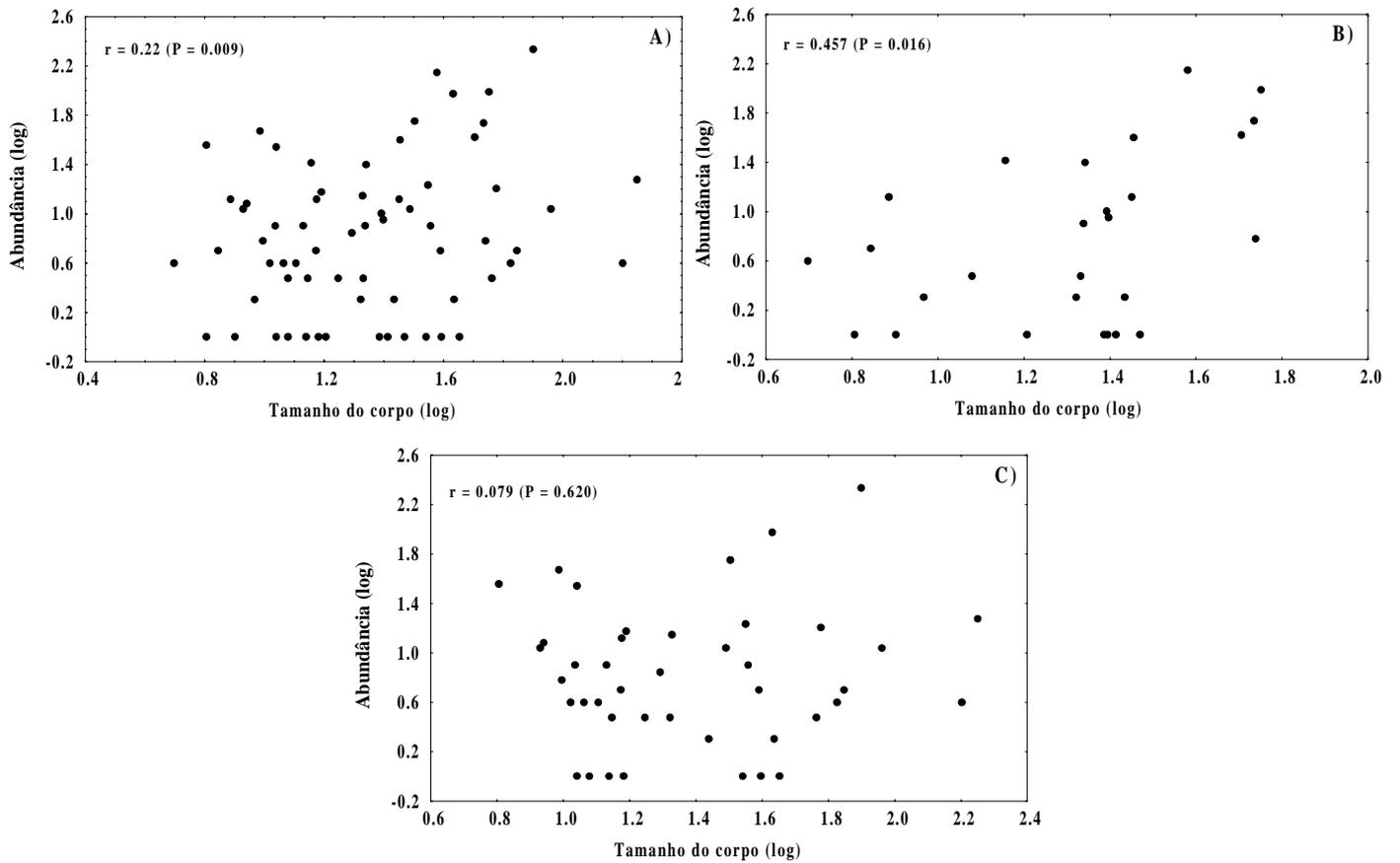


Figura 6. Relação entre abundância e tamanho do corpo para a ordem Passeriformes (A) e para as subordens Suboscines (B) e Oscines (C), respectivamente, com base nos dados originais de abundância e tamanho corpóreo.

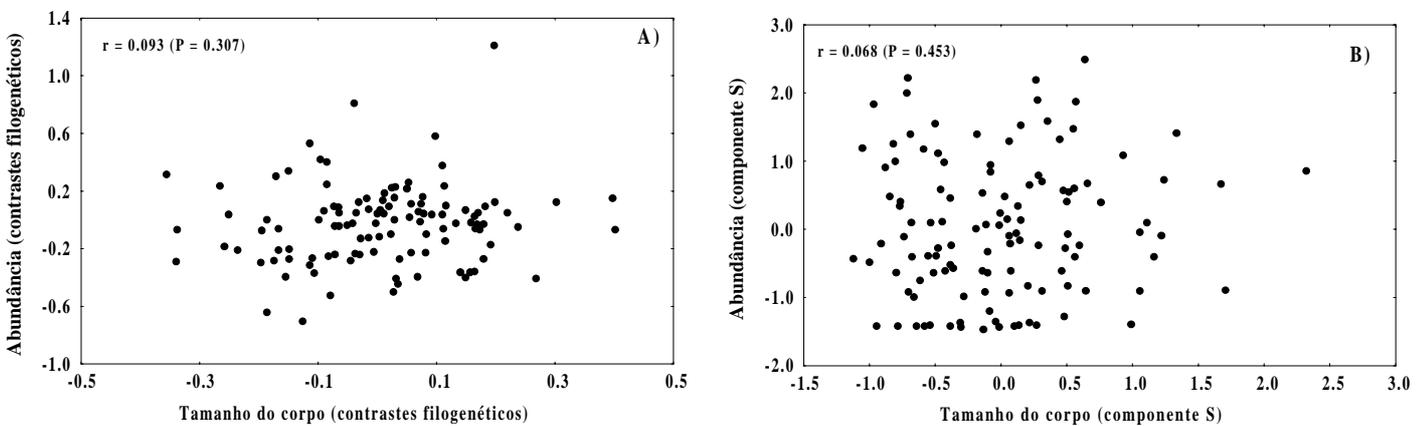


Figura 7. Relação das variáveis abundância e tamanho do corpo transformadas para as 124 espécies, segundo o método de contrastes filogenéticos (A) e o modelo autorregressivo de primeira ordem (B).

as espécies raras apresentaram altos valores de RCI, situando-se portanto na periferia das suas distribuições. Segundo Brown (1984), as espécies que são localmente raras em geral possuem baixas densidades. Entretanto, podem haver casos onde espécies localmente raras constituem populações características em quaisquer localidades das suas áreas de distribuição geográfica (Enquist *et al.* 1995). Brown *et al.* (1995) supõem que

espécies raras teriam baixas abundâncias por amostras, embora poderiam conservar-se extremamente agregadas sobre grandes escalas espaciais.

O gradiente de redução dos valores de índice de centro de distribuição rumo ao limite superior direito do envelope evidencia que, para a área de estudo, as espécies só atingem grandes abundâncias próximas ao limite superior do envelope se elas possuírem altos valores de RCI, ou seja,

se elas forem mais centrais em relação à latitude. Isso pode estar sugerindo que efeitos adaptativos ligados à esta dimensão latitudinal (i.e. temperatura) regulem, pelo menos em parte, a abundância relativa das espécies. Assim, a sobreposição dos valores de RCI com o envelope de restrição para a relação entre abundância e tamanho do corpo pode apresentar resultados mais significativos em relação aos valores do índice de centro de distribuição analisados independentemente, o que pode ser ainda mais importante para a demarcação de reservas naturais.

Efeitos filogenéticos. A mudança da forma da relação em função da análise em diferentes níveis da hierarquia taxonômica detectado no presente estudo dá suporte ao modelo proposto por Cotgreave (1993). Assim, foi constatada uma relação positiva tendendo à linearidade para as espécies de Suboscines. Uma vez que a maioria das espécies nesta linhagem são insetívoras (Sick 1997) elas podem de fato competir na comunidade local analisada pelos mesmos recursos tróficos. Vários estudos teóricos sugerem que análises com linhagens animais relativamente próximas filogeneticamente (tribos, por exemplo) mostram uma relação linear positiva entre as variáveis abundância e tamanho corporal, onde espécies grandes são mais abundantes pois o maior tamanho pode ser vantajoso em termos de competição interespecífica (Nee *et al.* 1991, Damuth 1991, Cotgreave e Harvey 1991, Cotgreave 1993). Este fato foi comprovado por Cotgreave (1994), a partir dos dados de Bock *et al.* (1992) para uma comunidade local de aves no hemisfério norte. No presente estudo, a ausência de relação positiva tanto para a ordem Passeriformes quanto para a sub-ordem Oscines pode portanto ser decorrente de uma maior variedade de nichos tróficos entre as diferentes espécies que constituem estas linhagens (Sick 1997), o que possivelmente leva a uma competição interespecífica menos intensa.

O fato de não haver sido evidenciado o polígono de restrição pelos dados transformados segundo a metodologia de contrastes filogenéticos de Felsenstein (1985) pode ser decorrente dos pressupostos da mesma, ou seja, de que a evolução das espécies ocorreu por movimento Browniano e que a filogenia é bem conhecida. O fato de ter sido evidenciada uma mudança na forma da relação em diferentes níveis da filogenia (não-estacionaridade) também afeta os resultados dos contrastes. Recentemente, muitas análises comparativas que envolvem movimento Browniano, que consiste na evolução aleatória das espécies de uma linhagem por deriva genética, estão sendo questionadas (Martins *et al.* 2002). Além disso, embora a história filogenética da linhagem aves seja relativamente bem conhecida (Sibley e Alquist 1990), a filogenia utilizada no presente trabalho apresentou várias politomias cognitivas (*soft*), o que pode perturbar o uso do método (Diniz-Filho e Sant'Anna 1998). Segundo Diniz-Filho (2000), quando as politomias são apenas cognitivas, há

uma tendência de aumento da probabilidade de erro tipo I dos contrastes filogenéticos, uma vez que existe menos informação disponível do que realmente deveria haver.

A manutenção da reta de restrição superior, a partir dos dados modificados segundo o método autorregressivo de Cheverud *et al.* (1985) (embora o envelope não tenha sido significativo pelo modelo nulo), pode ser uma consequência da omissão do movimento Browniano como pressuposto para explicar a evolução fenotípica. Entretanto, recentes trabalhos apontam desavenças quanto a esse método comparativo e, de acordo com Martins e Hansen (1996), os pressupostos evolutivos do método autorregressivo ainda não foram nitidamente esclarecidos. Outro aspecto consiste no fato de o componente específico rWY ser definido linearmente por um produto de matrizes, de modo que quanto mais distantes filogeneticamente forem duas espécies, mais diferentes elas serão para o caráter estudado (Diniz-Filho 2000). Martins (1996) concluiu, a partir de simulações para duas diferentes filogenias, que o método de contrastes independentes foi superior ao modelo autorregressivo, ressaltando que este último deve ser aplicado com cautela durante as análises.

CONCLUSÕES

O presente estudo evidenciou a relação negativa poligonal para os dados de abundância e tamanho do corpo da comunidade de aves em uma localidade no município de Caldazinha-GO. Embora o padrão seja claro e de acordo com o observado para comunidades locais em todo o mundo, um dos aspectos a ser destacado é a multicausalidade para sua explicação, como observado por Blackburn e Gaston (1997). Todos os efeitos testados, incluindo a distribuição espacial da abundância (RCI) e a estruturação filogenética, possuem efeitos significativos sobre a relação. Assim, como em diversos estudos dentro da macroecologia, embora seja possível detectar esse padrão, sua explicação em termos de processos ecológicos e evolutivos envolvidos é complexa, e dificilmente pode ser resumida a simples relações de causa e efeito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a João Cardoso Rodrigues, proprietário da Fazenda Bonsucesso, pelo entusiasmo e auxílio durante a realização do trabalho, e a Henrique Luís Passos, pela ajuda na identificação das aves durante a atividade de campo. Agradecemos também a R. Caparroz pelo auxílio referente à filogenia da família Psittacidae, a F.C. Straube, J.C. Roma, Miguel Marini e Tim Blackburn, por vários auxílios e comentários. A Divino Brandão, Maria Alice S. Alves e a dois consultores anônimos por críticas relevantes a versões anteriores deste manuscrito. O apoio

financeiro para a realização deste estudo foi fornecido pela PRPPG/UFG (bolsa de mestrado a D. Blamires, durante parte do trabalho) e pelo CNPq (bolsa de produtividade em pesquisa concedida a J. A. F. Diniz-Filho).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A.N. (1983) O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. *Rev. Serv. Púb. Brasília* 111:41-55.
- Andrade M. A. (1997) *Aves silvestres- Minas Gerais*. Belo Horizonte: Conselho Internacional para a Preservação das aves.
- Anjos, L. (1996) Levantamento quantitativo de comunidades de aves, p.145-150. *Em: Anais do V Congresso Brasileiro de Ornitologia*, Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- Blackburn, T. M. e K. J. Gaston (1997) A critical assessment of the form of the interspecific relationship between abundance and body size in animals. *J. Animal Ecol.* 66:233-249.
- _____ e _____ (1998) Some methodological issues in macroecology. *Amer. Nat.* 151:68-83.
- _____ e _____ (1999) The relationship between animal abundance and body size: a review of the mechanisms. *Advances Ecol. Res.* 28:181-210.
- _____, T. M., P. H. Harvey e M. D. Pagel (1990) Species number, population density, and body size relationships in natural communities. *J. Animal Ecol.* 59:335-345.
- Blamires, D., A. B. Valgas e P. C. Bispo (2001) Estrutura de comunidades de aves da "Fazenda Bonsucesso" no município de Caldazinha (Goiás, Brasil). *Tangara* 1:101-113.
- Bock, C. E., A. Cruz, M. C. Grant, C. S. Aid e T. R. Strong (1992) Field experimental evidence for diffuse competition among southwestern riparian birds. *Amer. Nat.* 140:815-128.
- Brown, J. H. (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *Amer. Nat.* 124:255-279.
- _____ (1995) *Macroecology*. Chicago: University of Chicago Press.
- _____ (1999) The legacy of Robert MacArthur: from Geographical Ecology to Macroecology. *J. Mammal.* 80:333-344.
- Brown, J. M. e B. Maurer (1986) Body size, ecological dominance and Cope's rule. *Nature* 324:248-250.
- _____ e _____ (1987) Evolution of species assemblages: effects of energetic constraints and species dynamics on the diversification of the North American avifauna. *Amer. Nat.* 130:1-17.
- _____ e M. Lomolino (1997) *Biogeography*, 2nd ed. Sunderland: Sinauer Press.
- _____, D.W. Mehlman e G.C. Stevens (1995) Spatial variation in abundance. *Ecology* 76:2028-2043.
- Carrascal, L. M. e J. L. Telleria (1991) Bird size and density: a regional approach. *Ame. Nat.* 138:777-784.
- Cavalcanti, R.B. (1999) Birds species richness and conservation in the cerrado region. *Studies in Avian Biology* 19:244-249.
- _____ (2000) Modelagem e monitoramento da estrutura da avifauna em ambientes fragmentados-exemplos de cerrado, p. 17-24. *Em: M.A.S Alves, J.M.C. Silva, M. van Sluys, H.G. Bergallo, C.F.D. Rocha (orgs.). A Ornitologia no Brasil- pesquisa atual e perspectivas*. Rio de Janeiro: Ed.UERJ.
- _____ e M. A. Marini (1993) Body masses of birds of the cerrado region, Brazil. *Bull. British Ornithol. Club* 113:209-212.
- Cotgreave, P. (1992) Relationships between body size, abundance and phylogeny in bird communities. *Functional Ecology* 6:248-256.
- _____ (1993) The relationship between body size and population abundance in animals. *Tree* 8:244-248.
- _____ (1994) The relation between body size and abundance in a bird community: the effects of phylogeny and competition. *Proc. R. Soc. Lond. B* 256:147-149.
- _____ e P. H. Harvey (1991) Bird community structure. *Nature* 353:123.
- Cheverud, J. M., M. M. Dow, W. Leutenegger (1985) The quantitative assessment of phylogenetic constraints in comparative analyses: sexual dimorphism among primates. *Evolution* 39:1335-1351.
- Damuth, J. (1981) Population density and body size in mammals. *Nature* 290:699-700.
- _____ (1987) Interspecific allometry of population density in mammals and other animals: the independence of body mass and population energy-use. *Biol. J. Linnean Soc.* 31:193-246.
- _____ (1991) Of size and abundance. *Nature* 351:268-269.
- Diniz-Filho, J. A. F. (2000) *Métodos Filogenéticos Comparativos*. Ribeirão Preto: Holos.
- _____ e C. E. R. Sant'Anna (1998) Macroecological analysis of South American owls (strigiformes) using phylogenetic independent contrasts. *J. Comp. Biol.* 3:27-32.
- Dunning, J. B. (1993) *Handbook of Avian Body Masses*. Newtown Square: Library of Congress.
- Eiten, G. (1993) Vegetação, p. 17-73. *Em: M. N. Pinto (Ed.) Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*, 2^a ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- Enquist, B. J., M. A. Jordan e J. H. Brown (1995) Connections between ecology, biogeography, and paleobiology: relationship between local abundance and geographic distribution in fossil and recent mollusks. *Evolutionary Ecology* 9:586-604.

- Felsenstein J. (1985) Phylogenies and the comparative method. *American Naturalist* 125:1-15.
- Gotelli, N. J. e G. R. Graves (1996) *Null models in Ecology*. Newtown Square: Library of Congress.
- _____ e G. L. Entsminger (2000) *Ecosim: null models software for ecology (version 5.0)*. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear.
- Gregory, R. D. e T. M. Blackburn (1995) Abundance and body size in British birds: reconciling regional and ecological densities. *Oikos* 72:151-154.
- Griffiths, D. (1998) Sampling effort, regression method, and the shape and slope of size abundance relations. *J. Animal Ecol.* 67:795-804.
- Jones, J. A., A. W. Dickerman e T. Garland (1993) *PDAP: phenotypic diversity analysis program*. Madison: University of Wisconsin.
- Kruger, O. e G. C. McGavin (2000) Macroecology of local insect communities. *Acta Oecologica* 21:21-28.
- Lawton, J. H. (1990) Species richness and population dynamics of animal assemblages. Patterns in body size: abundance space. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 330:283-291.
- Leaper, R. e D. Rafaelli (1999) Defining the abundance body-size constraint space: data from a real food web. *Ecology Letters* 2:191-199.
- Marini, M. A., J. C. Motta-Júnior, L. A. S. Vasconcellos e R. B. Cavalcanti (1997) Avian body masses from the cerrado region of Central Brazil. *Ornit. Neotrop.* 8:93-99.
- Martins, E. P. (1996) Phylogenies, spatial autoregression and the comparative method: a computer simulation test. *Evolution* 50: 750-1765.
- _____ e T. F. Hansen (1996) The statistical analyses of interspecific data: a review and evaluation of phylogenetic comparative methods, p.22-103. *Em*: E. P. Martins (ed.) *Phylogenies and the comparative method in animal behavior*. Oxford: Oxford University Press.
- Martins, E., J. A. F. Diniz-Filho, E. A. Housworth (2002) Adaptive constraints and the phylogenetic comparative method: a computer simulation test. *Evolution (no prelo)*.
- Maurer, B. A. (1994) *Geographical Population Analysis*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- _____ (1998) The evolution of body size in birds, I: evidence for nonrandom diversification. *Evolutionary Ecology* 12:925-934.
- _____ (1999) *Untangling Ecological Complexity: the macroscopic perspective*. Chicago: University of Chicago Press.
- Monteiro, M. P. e D. Brandão (1995) Estrutura de comunidade de aves do “Campus Samambaia” da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil. *Ararajuba* 3:21-26.
- Murray, B. R., C. Fonseca e M. Westoby (1998) The macroecology of Australian frogs. *J. Animal Ecol.* 67:567-579.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Fonseca e J. Kent (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Nee, S., A. F. Read, J. J. D. Greenwood e P. H. Harvey (1991) The relationship between abundance and body size in British birds. *Nature* 351:312-313.
- Pinto, O. M. O. (1978) *Novo catálogo de aves do Brasil (primeira parte): aves não passeriformes e não oscines, com exclusão da família Tyrannidae*. São Paulo: Empresa Gráfica da Revista dos Tribunais S.A.
- Polo, V. e L. M. Carrascal. (1999) Shaping the body mass distribution of Passeriformes: habitat use and body mass are evolutionary and ecologically related. *J. Animal Ecol.* 68:324-337.
- Ricklefs, R. E. (1987) Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* 235:167-171.
- _____ e D. Schlutter (1993) Species diversity: regional and historical influences, p. 350-363. *Em*: R. E. Ricklefs, D. Schluter (ed.) *Species diversity in Ecological Communities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ridgely, R. S. e G. Tudor (1989) *The birds of South America*, v. 1. Austin: University of Texas Press.
- _____ e G. Tudor (1994) *The birds of South America*, v. 2. Austin: University of Texas Press.
- Schmid, P. E., M. Tokeshi e J. M. Schmid-Araya (2000) Relation between population density and body size in stream communities. *Science* 289:1557-1560.
- Sibley, C. e J. E. Alquist (1990) *Phylogeny and classification of birds*. New Haven: Yale University Press.
- _____ e B. L. Monroe (1990) *Distribution and taxonomy of birds of the world*. New Haven: Yale University Press.
- Sick, H. (1997) *Ornitologia Brasileira*, 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.
- Silva, J. M. C. (1995) Birds of the cerrado region, South America. *Steenstrupia* 21:69-92.
- Sokal, R. R. e F. J. Rohlf (1995) *Biometry*, 3rd ed. New York: W.H. Freeman and Co.