

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Biociências

Departamento de Ecologia

Trabalho de conclusão de curso de bacharelado em Ciências Biológicas

Danielle Franco

Relações entre atributos morfológicos e ecológicos da avifauna em
mosaicos de floresta e campo no sul do Brasil

Porto Alegre, 20 de Junho de 2014.

Relações entre atributos morfológicos e ecológicos da avifauna em mosaicos de floresta
e campo no sul do Brasil

Orientadora: Sandra Cristina Müller

Co-orientadores: Grasiela Casas e Rafael Antunes Dias

Banca examinadora:

Prof. Dr. Gonçalo Ferraz (UFRGS)

Dr. Jan Karel Felix Mähler Junior

Porto Alegre, 20 de Junho de 2014.

AGRADECIMENTOS:

Gostaria primeiramente de agradecer á minha família por todo apoio sempre, especialmente gostaria de agradecer á minha irmã pela compreensão e apoio sempre incondicionais e também por me ensinar ao longo dos anos que sempre vale a pena acreditar nos sonhos que se tem e que a perseverança é uma das qualidades mais lindas do ser humano.

Gostaria de agradecer também á professora Sandra Müller e ao professor Rafael Antunes Dias pelas valiosas orientações durante todo o processo e por toparem essa empreitada junto comigo.

Cabe aqui também um agradecimento mais que especial á orientadora mais “atrapalhada” que já tive. Grasi, esse trabalho certamente é nosso! Desde 2012, quando começamos essa jornada, venho aprendendo que a perseverança, a idoneidade, a amizade, a alegria e principalmente as pessoas com as quais convivemos é o que se leva de qualquer trabalho ou estágio. Ao fim desse trabalho, posso afirmar com certeza que ganhei uma inestimável amizade de uma verdadeira “mestra” em acreditar e lutar por seus sonhos. Certamente é este sentimento e os momentos e ensinamentos dos intermináveis campos e dias de trabalhos que levarei comigo para os próximos anos acadêmicos que ainda virão.

Também gostaria de agradecer á todos os colegas e amigos pelo apoio e amizade. Especialmente a Cristiane Alves da Silva, Pâmela Tavares, Natália Dallagnol Vargas, Aline Rodrigues e Rafaela Radomski da Silva pela amizade e ajuda sempre que necessário. Gurias, vocês são demais! Gostaria de dizer a vocês que a verdadeira amizade não se resume simplesmente ao mundo acadêmico.

Relações entre atributos morfológicos e ecológicos da avifauna em mosaicos de floresta e campo no sul do Brasil

Danielle Franco^{1*}, Grasiela Casas¹, Rafael Antunes Dias² & Sandra Cristina Müller¹.

1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *danielle.franco12@gmail.com .

2. Departamento de Ecologia, Zoologia e Genética, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário Capão do Leão, s/nº, CP 354, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

Resumo:

Atributos funcionais são características dos organismos (morfológicas, fisiológicas ou ecológicas) que refletem respostas dos organismos a variáveis ambientais ou ainda efeitos destes sobre processos ecossistêmicos. Neste sentido, espera-se que algumas características morfológicas sejam correlacionadas com a ecologia da espécie, porém poucos trabalhos tem utilizado medidas morfológicas para avaliar padrões de uso do habitat pelas aves na escala de comunidades. O presente estudo tem por objetivo avaliar relações entre características ecológicas e morfológicas da avifauna presente em áreas de mosaicos de floresta e campo no sul do Brasil. Para tanto, foram utilizados dados de 72 espécies de aves registradas nos ambientes ecótono, floresta e campo na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, no Rio Grande do Sul. Os dados morfológicos foram obtidos com medidas de aves taxidermizadas em museus. Como atributos ecológicos, consideramos as informações da literatura sobre tipo de dieta, substrato e comportamento de forrageio. Avaliamos a relação entre ambos os conjuntos através de correlações e análises de ordenação. Além disso, verificamos qual a proporção média dos atributos considerando a presença das aves nos três ambientes estudados. Os resultados indicaram uma baixa, porém significativa correlação entre os dois conjuntos de atributos – morfológicos vs. ecológicos ($\rho = 0,26$; $P < 0,001$). Nas correlações entre pares de atributos, verificamos algumas relações fortes e significativas, como entre dieta e atributos de massa corpórea e tamanho de bico e unha. Concluimos que determinados atributos morfológicos podem ser bons preditores das características ecológicas das aves e podem expressar diferenças claras entre diferentes tipos de habitats.

Palavras-chave: Atributos funcionais; mosaico; avifauna; forrageio.

Abstract:

Functional traits are features (morphological, physiological or ecological) that reflect organism's answers to environmental variables or still their effects on ecosystem processes. Thus, the relationship between some morphological and ecological traits is expected, but few studies are quantifying morphological traits to evaluate patterns of species assembly according to bird habitat preferences. This study aims to verify the relationships between ecological and morphological traits of birds that were registered in mosaic areas of forest-grassland, in Southern Brazil. We used data of 72 species of birds registered in areas of ecotone, grassland, and forest in the Campos de Cima da Serra region, northeast of Rio Grande do Sul state. Measures of morphological traits were taken on taxidermied birds in museums. Ecological traits were obtained in the literature, being considered categories of diet, foraging substratum and foraging behavior. We assessed the relationship between both trait sets by correlation analyses and multivariate ordination analysis. Furthermore, we estimate the proportion of each trait considering the presence/absence of birds in the three environments (forest, ecotone, grassland). The results indicated a low but significant correlation between the two sets of traits - morphological vs. ecological ($\rho= 0.26$, $P < 0.001$). Considering the correlations between pairs of traits, we found some strong and significant relationships, such as between diet and body mass and size of beak and nail. We conclude that certain morphological traits can be good predictors of ecological characteristics of birds and can also express clear differences between different types of habitats.

Keywords: functional traits; mosaic; avifauna; foraging

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
MATERIAL E MÉTODOS	12
RESULTADOS.....	19
DISCUSSÃO	25
BIBLIOGRAFIA	29

INTRODUÇÃO

O termo “atributo” tem sido bastante utilizado em estudos de ecologia, e em geral se refere a caracteres mensuráveis de indivíduos ou espécies. Desde a publicação da teoria da origem das espécies pela seleção natural (Darwin 1859), atributos são utilizados como preditores do desempenho dos organismos em um ambiente. Porém, nas últimas décadas, estudos em ecologia de comunidades e de ecossistemas ampliaram o uso e a aplicação do conceito de atributos, podendo ir desde o nível de organismo até comunidades ou ecossistemas (Violle *et al.* 2007). Atualmente, atributos funcionais podem ser entendidos como características dos organismos (morfológicas, fisiológicas ou ecológicas) relacionadas com sua aptidão (*fitness*) (Vandewalle *et al.* 2010), que refletem respostas dos organismos a variáveis ambientais ou ainda efeitos destes sobre processos ecossistêmicos. Neste sentido, atributos funcionais podem também ser uma ferramenta bastante eficaz em estudos de monitoramento e avaliação de impactos ou mudanças ambientais, uma vez que ampliam a visão e interpretação baseada em dados puramente taxonômicos (Hodgson *et al.* 2005, Gaucherand & Lavorel 2007).

As aves, em geral, podem ser bons modelos em trabalhos relacionados a alterações ambientais dos ecossistemas, devido à sua estreita relação com o tipo, a estrutura e o estado de conservação do habitat (Karr & Freemark 1983). Frequentemente se observam mudanças na composição de espécies de aves relacionadas com a estrutura da vegetação, sendo esta um importante indicativo de padrões estruturais da assembleia de aves, tendo em vista a seleção de habitats por aves (Mac Arthur & Mac Arthur 1961, Orians 1969, Terborgh & Weske 1969, Karr & Roth 1971, Pearson 1975, Roth 1976). Portanto, mudanças na qualidade dos habitats, sejam elas ao longo de gradientes ambientais naturais ou resultado de alterações antrópicas, também refletem em mudanças na comunidade de aves.

A associação entre morfologia e características ecológicas, tais como tipo de dieta e habitat preferencial, de aves tem sido utilizada por muitos estudos de morfologia funcional (*e.g.*, Grant *et al.* 1976, Partridge 1976, Ricklefs & Cox 1977, Norberg 1979, Fitzpatrick 1985, Winkler & Leisler 1985). Tem-se verificado que características morfológicas são correlacionadas com a ecologia da espécie, sendo a grande maioria dos trabalhos focada em ecossistemas da América do Norte e da Europa (Sekercioglu 2006). Embora seja esperado que características morfológicas podem prever interações ecológicas em aves, sugere-se também que correlações “ecomorfológicas” não podem ser generalizadas entre localidades ou entre estudos (Miles *et al.* 1987).

Muitos estudos associam as características ecológicas das aves, como o uso do substrato para forrageio e tipo de dieta, com o uso do habitat, porém essas classificações ecológicas possuem grande variação e discrepâncias na literatura (Anjos 2001). Medidas morfológicas dos organismos são mais exatas e podem, portanto, ser mais indicadas para análises de atributos funcionais que venham relacionar espécies ou comunidades a condições abióticas e/ou bióticas do ambiente, se comparadas com o uso de classificações ecológicas feitas *a priori* (*e.g.* guildas). Alguns trabalhos têm utilizado categorias funcionais das aves para caracterizar comunidades (Barbaro & Halder 2009, Hausner *et al.* 2003, Clearly *et al.* 2007, Batalha *et al.* 2010), porém nenhum destes emprega atributos de morfometria baseados em medidas diretas de indivíduos das espécies.

Regiões de ecótonos (zonas de transição entre tipos de formações vegetacionais distintas) têm sido consideradas importantes para fins de conservação por abrigarem uma maior diversidade local de espécies (Risser 1995, Leopold 1933, Petts 1990, Odum 1983). Ecótonos entre sistemas florestais e campestres são observados em diferentes

regiões do país, como por exemplo, em áreas do Cerrado e na região dos Campos no Sul do Brasil. Processos de adensamento de espécies lenhosas sobre áreas campestres e de expansão florestal junto às bordas com as florestas ou via nucleação são frequentemente observados nestas zonas de transição (Dadalt 2007, Müller *et al.* 2007, Dadalt 2010). Tais processos estão associados a mudanças climáticas em larga escala (Bond & Midgley 2000, Behling *et al.* 2005) e também a mudanças locais relacionadas aos regimes de manejo, especialmente com pastejo e fogo nas áreas campestres (Dadalt 2010, Müller *et al.* 2007, Overbeck *et al.* 2007). Desta forma, padrões de estrutura vertical e horizontal da vegetação, assim como de diversidade de espécies de plantas, tendem a ser extremamente dinâmicos nestas áreas de ecótono, sendo ainda pouco conhecidos, especialmente em relação à fauna associada a estes ambientes de transição. Levando em consideração as respostas das aves ao habitat, espera-se uma fauna diversificada em áreas de mosaicos de vegetação, com diferenças na composição de espécies de aves entre os ambientes de floresta, campo, e ecótono, que por sua vez devem refletir diferenças em suas características adaptativas. Assim, esperamos também encontrar diferenças nos valores médios da comunidade quanto aos atributos funcionais das aves que habitam cada um destes ambientes, aqui denominados ‘comunidades’.

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo verificar a relação entre características ecológicas e morfológicas da avifauna presente em áreas de mosaicos de floresta e campo, abrangendo habitats de campo, de floresta e ecótono no sul do Brasil. Para tanto, a partir de uma lista de espécies de aves amostradas em diferentes áreas de transição floresta-campo, este estudo se propõe a (1) analisar as correlações entre atributos morfológicos e atributos ecológicos (categorias de dieta, substrato de forrageio e comportamento de forrageio) das aves presentes, bem como (2) avaliar a proporção dos atributos ecológicos e (3) o valor médio de atributos morfológicos ponderados pela

presença/ausência das aves em cada ambiente na transição floresta-campo (campo, floresta, ecótono). Como atributos morfológicos, este estudo avalia uma série de medidas corpóreas (*e.g.*, tamanho do corpo, bico, asa, pata, unha) das aves presentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi realizado nos municípios de Cambará do Sul, São Francisco de Paula e Jaquirana, na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, no estado do Rio Grande do Sul (figura 1). A região dos Campos de Cima da Serra se localiza no extremo nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, na divisa com Santa Catarina, e caracteriza-se por possuir um relevo profundamente recortado por alguns rios de maior porte (Hasenack *et al.* 2009).

O clima da região é do tipo mesotérmico, úmido, com precipitação bem distribuída durante o ano e verões brandos (classificado como Cfb no sistema de Köppen) (Moreno 1961). Este tipo de clima é característico das altitudes maiores da Serra Geral. Temperaturas negativas podem ocorrer nos meses de abril a novembro, a formação de geadas é bem frequente e nos invernos mais rigorosos pode ocorrer formação de neve. A região também é afetada por frequentes e intensos nevoeiros, sobretudo nas proximidades dos vales de rios. A precipitação é elevada em todos os meses com uma média anual de 2.252 mm, sendo que a região apresenta os índices pluviométricos mais altos do Estado (Moreno 1961, Nimer 1990, Fernandes & Backes 1998, Backes 1999).

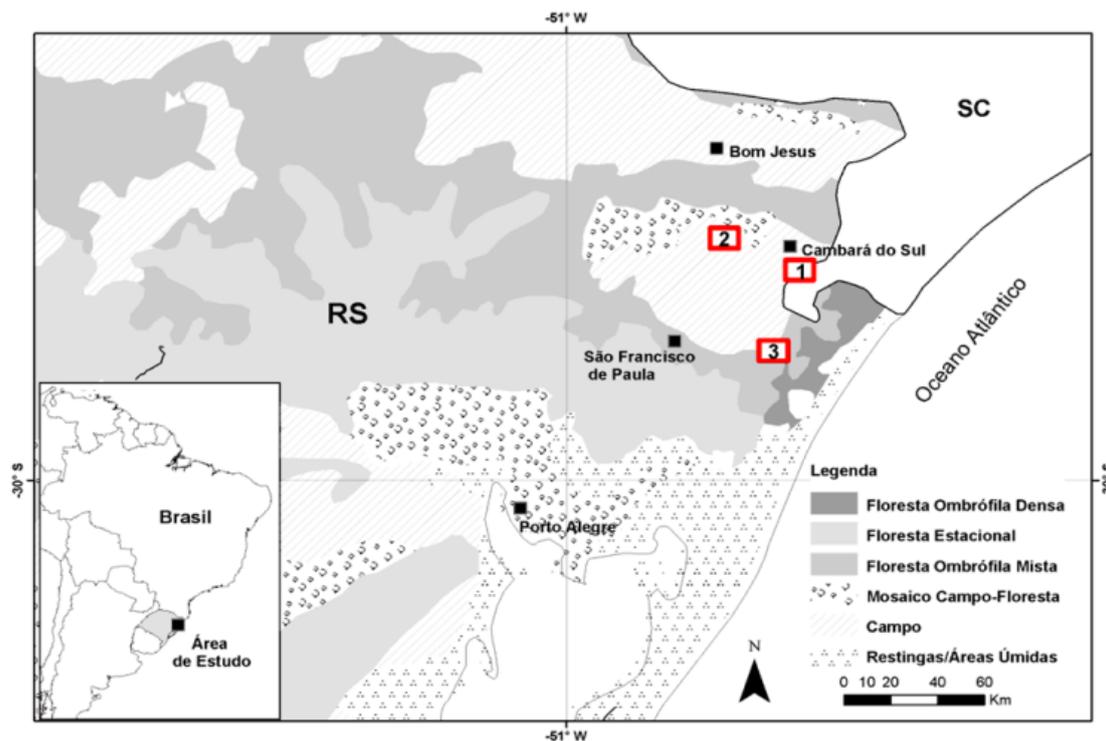


Figura 1: Área de estudo localizada na Região fisiográfica dos Campos de cima da Serra, RS, Brasil. Rotulo das áreas: 1: Município de Cambará do Sul; 2: Município de Jaquirana; 3: Município de São Francisco de Paula.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra está inserida no Bioma Mata Atlântica e as suas principais formações vegetais são definidas como: Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual e Estepe Gramíneo-lenhosa (campos). Nos Campos de Cima da Serra, a floresta com Araucária e os campos ocorrem lado a lado formando mosaicos, sendo que a espécie *Araucaria angustifolia* se destaca por sua fisionomia e porte, característica do dossel e do estrato emergente das florestas desta região (IBGE 2004).

Foram selecionadas áreas de mosaicos de floresta-campo para amostragem das aves, incluindo pontos no campo, na floresta e no ecótono entre ambos habitats

contrastantes (o ecótono é a zona de interface que inclui porções de campo e floresta junto ao limite entre ambas formações vegetacionais contrastantes, o qual foi definido pela ocorrência/ausência do predomínio de gramíneas campestres na cobertura do estrato inferior). O desenho amostral e os dados de composição de aves utilizados para este trabalho fazem parte da tese de doutorado de Grasiela Casas, doutoranda em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para o presente trabalho, não consideramos as distinções entre municípios, mas sim a amostragem total de aves em todos os levantamentos, mantendo a subdivisão por tipo de ambiente (mais detalhes abaixo).

Coleta de dados

Em cada município, foram realizados nove pontos de contagem entre dezembro de 2011 e janeiro de 2012, sendo três pontos de contagem no ambiente campestre, três no interior da floresta e três na zona de transição floresta-campo (ecótono) (figura 2). Utilizamos o método áudio-visual de pontos de contagem (Bibby *et al.* 1993), que consiste em um observador registrar todas as aves ouvidas e observadas a partir de um ponto fixo. Pode-se ainda considerar uma distância fixa (raio limitado) ou não. Para o presente trabalho não foi considerada nenhuma distância fixa para a detecção das aves. Os pontos de contagem foram realizados sempre no início da manhã (trinta minutos após o amanhecer, considerando o horário solar) e se estenderam por no máximo três horas. Cada ponto de contagem teve a duração de 15 minutos e, para evitar sobreposição na contagem das aves, a distância mínima entre os pontos foi de 150 metros.

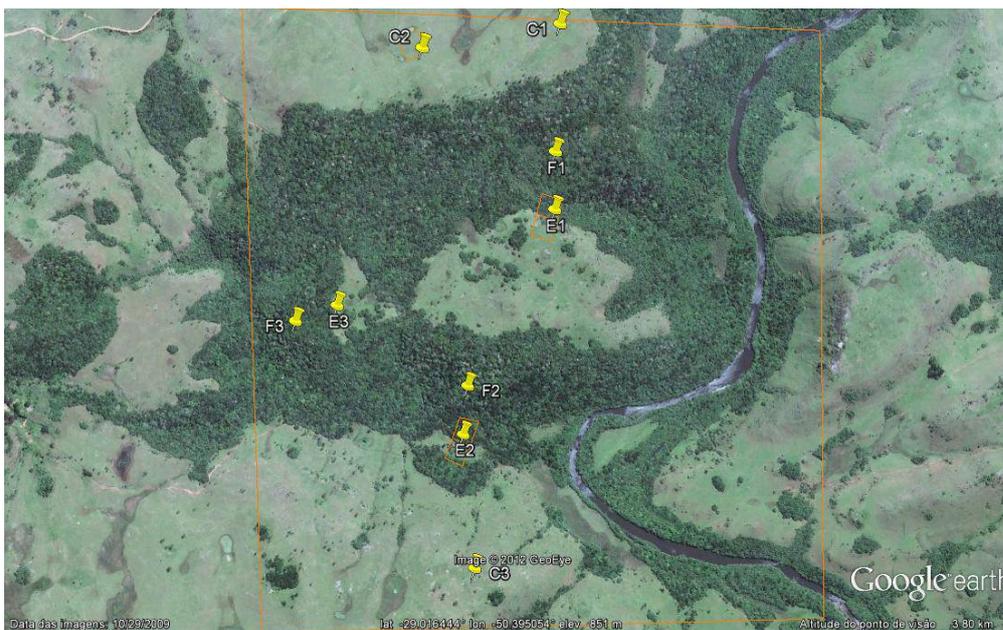


Figura 2: Representação dos pontos de contagem no município de Jaquirana, RS. Rótulos dos pontos: C1, C2, C3: pontos de contagem localizados na área campestre; E1, E2, E3: pontos localizados na interface floresta- campo; F1, F2, F3: pontos de contagem localizados no interior da floresta.

Considerando o levantamento total de aves, este trabalho está embasado em 72 espécies de aves amostradas nos três ambientes de floresta, ecótono e campo (Apêndice 1) para caracterizá-las por seus atributos funcionais (morfológicos e ecológicos). Para obtenção dos dados morfológicos, foram realizadas medidas de aves taxidermizadas em museus, considerando 13 atributos morfológicos descritos a seguir: massa corpórea (peso vivo em gramas), cúlmen exposto (distância direta entre os pontos de inserção e a ponta do bico), arco do cúlmen exposto (comprimento considerando a curvatura, medido com auxílio de um fio), altura do bico, largura do bico, comprimento do tarso, comprimento do 3º dígito, comprimento da unha do 3º dígito, arco da unha do 3º dígito (comprimento considerando a curvatura, medido com auxílio de um fio), comprimento do hálux, comprimento da unha do hálux, comprimento da retriz externa e da retriz central e comprimento da asa (figura 3). Todas as medidas morfológicas foram tomadas com o uso de um paquímetro digital e estimadas em milímetros. Posteriormente, alguns

atributos foram obtidos a posteriori, a partir de medidas derivadas, como a relação entre a altura e a largura do bico (indicativo da forma do bico), e a diferença entre o arco e o comprimento direto do cúlmen (indicativo do grau da curvatura do bico). A escolha destes atributos morfológicos se baseia por serem potenciais indicativos do tipo de dieta e do comportamento de forrageio das espécies (Botero-Delgado 2012), bem como pela viabilidade prática de mensuração em exemplares de coleções. As medidas foram realizadas com exemplares das coleções do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB) e da coleção ornitológica do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCN-PUCrs). Para cada espécie de ave, foram medidos no mínimo um indivíduo e no máximo 10 indivíduos (conforme a quantidade e qualidade dos exemplares disponíveis nas coleções). Ressaltamos que não foram tomadas medidas de indivíduos jovens e nem foram feitas distinções entre machos e fêmeas.

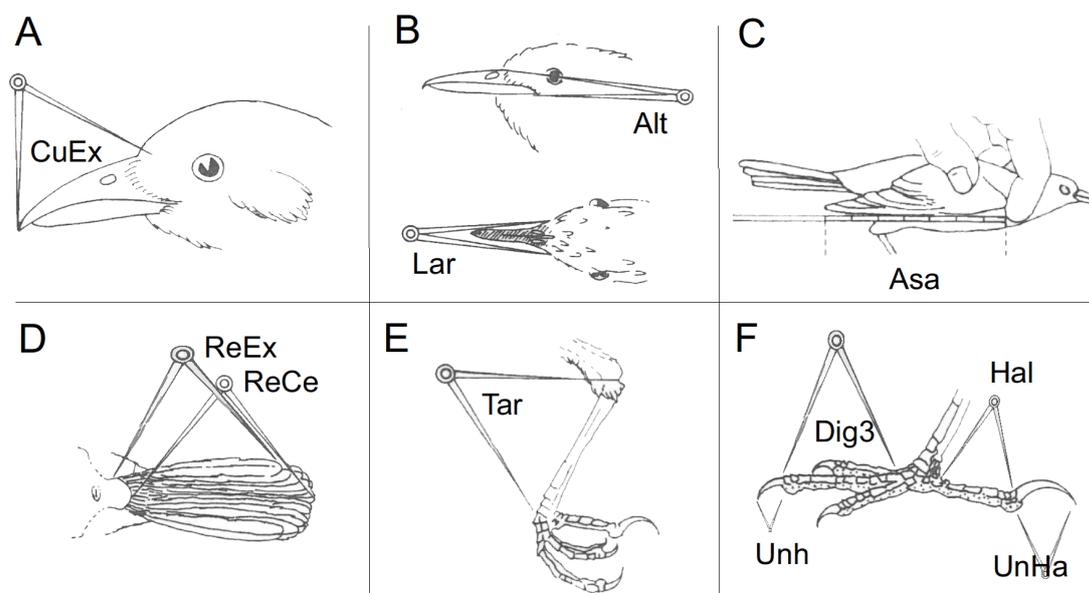


Figura 3. Medidas dos atributos morfológicos das aves. (A) culmen-Cul; (B) Altura do bico- Alt e largura do bico- Larg; (C) comprimento da asa- Asa; (D) Retríz externa- ReEx e retríz central- ReCe; (E) comprimento do tarso-Tar; (F) Dígito III- Dig3, unha do dígito 3- Unh, hallux- Hal e unha do hálux- UnhHa. Adaptado de Sick (1997).

Para obtenção dos atributos ecológicos, as espécies de aves foram caracterizadas quanto (1) ao tipo de dieta que possuem (onívoro, insetívoro, nectarívoro, granívoro, frugívoro, carnívoro e folívoro), segundo Willis (1979), Motta Junior (1990), Sick (1997), Aleixo (1999), Anjos (2001) e Del Hoyo (1997 - 2002); (2) a utilização do substrato preferencial para forrageio (solo, lodo, vegetação, aéreo e tronco), conforme as obras de Stotz *et al.* (1996), Sick (1997), Aleixo (1999), Willis (1979), Del Hoyo (1997 – 2002) e Belton (1994); e (3) ao comportamento de forrageio (ataque, bicando as folhas, comportamento ativo de busca, e espécies que se caracterizam por sondar a vegetação em busca de alimento), segundo Del Hoyo (1997 - 2002) e Hidasi-Neto *et al.* (2013). Nos casos em que houve discrepância entre as diferentes literaturas nas classificações de dieta e de substrato de forrageio para as espécies de aves, foi considerado o item preferencial das mesmas.

Análise dos dados

Para fins de análise, cada conjunto de atributos (morfológicos e ecológicos) compôs uma matriz de espécies descritas por suas características. Para os atributos morfológicos (exceto peso), fez-se uma padronização das medidas pelo tamanho da ave, dividindo os valores de cada atributo pela raiz cúbica do peso médio da espécie, a fim de tornar as medidas funcionalmente comparáveis entre as diferentes espécies, sem o efeito da evidente influência que o tamanho da espécie tem sobre as demais medidas (considerando ainda que uma medida de tamanho – peso – já está sendo considerada como atributo).

A partir das matrizes de atributos, primeiramente avaliamos a correlação par a par entre os atributos morfológicos, a fim de identificar medidas redundantes. Atributos

que apresentaram correlação maior que 0,80 foram retirados das análises seguintes. Em seguida, estimamos a relação entre ambos os conjuntos de dados através do teste de correlação de Mantel, usando a distância Euclidiana como medida de semelhança entre as espécies, com os valores previamente centralizados e normalizados no caso dos atributos morfológicos (Mantel, 1967). Para verificar o padrão de dispersão dos atributos morfológicos de acordo com as espécies de aves, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), com base na correlação entre atributos (Podani, 2000). Em seguida, as informações sobre os atributos ecológicos das espécies foram correlacionadas com os dois primeiros eixos da PCA dos atributos morfológicos, permitindo assim a visualização da correlação entre ambos os conjuntos de atributos (morfológicos e ecológicos) de acordo com as aves mensuradas a partir de um diagrama de dispersão triplot (espécies, atributos morfológicos e atributos ecológicos). Correlações pareadas entre atributos morfológicos e ecológicos também foram realizadas e testadas por aleatorização (1000 iterações, sem restrições). Por fim, para avaliar diferenças entre proporções de atributos nos respectivos ambientes de floresta, campo e ecótono, calculamos a proporção no caso dos atributos ecológicos e os valores médios no caso dos atributos morfológicos ponderados pela presença/ausência das espécies em cada ambiente (comunidade), conforme metodologia descrita para obtenção da matriz **T**, em Pillar *et al.* (2009). Os valores desta matriz **T** são resultado da multiplicação de matrizes ($\mathbf{T} = \mathbf{B}'\mathbf{W}$), sendo a matriz **B** composta pelas espécies de aves descritas por seus atributos morfológicos ou atributos ecológicos (conforme o conjunto avaliado) e a matriz **W** composta pela presença/ausência das espécies de aves nos diferentes ambientes (campo, ecótono e floresta). Para fins de visualização do padrão dos valores da matriz **T** dos atributos morfológicos, fez-se também uma análise de componentes principais destes dados com base na correlação entre as variáveis.

RESULTADOS

Alguns atributos morfológicos apresentaram correlação maior que 0,80 (cúlmen exposto vs. arco do cúlmen (0,98); hálux vs. unha do hálux (0,89); unha do dígito 3 vs. unha do hálux (0,83); unha do dígito 3 vs. arco da unha do dígito 3 (0,82)). Por este motivo, os atributos cúlmen exposto, unha do hálux e arco da unha do dígito 3 foram retirados das análises posteriores.

As matrizes de atributos morfológicos e ecológicos apresentam correlação significativa na análise de Mantel ($\rho = 0,263$; $P < 0,001$). Na exploração do padrão de distribuição das espécies por seus atributos morfológicos, com posterior inserção dos atributos ecológicos, é possível observar as principais relações entre ambos os conjuntos de características utilizados para descrever as mesmas espécies (Figura 4). O diagrama representa 42,39% da variação total dos dados, demonstrando uma divisão ao longo do eixo 1 entre aves com maior massa, maior tamanho de asa e dígito 3 proporcionalmente maior (lado esquerdo do diagrama) para aves menores e com valores proporcionalmente maiores de hálux, razão entre altura e largura do bico, retriz central e arco do cúlmen (a direita no diagrama). Cabe salientar que todas variáveis morfológicas foram padronizadas pelo peso corpóreo (dividido pela raiz cúbica do peso), por isso, quando nos referimos a valores maiores, estes são proporcionalmente maiores dado o peso médio da espécie. Considerando o eixo 2 do diagrama, percebe-se uma divisão entre aves que apresentam maior comprimento do tarso e maior comprimento do dígito 3 (porção inferior do diagrama). Neste mesmo diagrama, foram inseridos os atributos ecológicos de acordo com suas correlações com os dois eixos da PCA (veja métodos). A presença de várias características ecológicas no centro do diagrama reflete a ausência ou a baixa correlação destes atributos, ou ainda correlação com outros eixos da PCA. Por

outro lado, alguns atributos tiveram correlações relativamente altas (e.g., 0,58 de correlação entre tamanho da unha do dígito 3 vs. dieta carnívora) e significativas, conforme demonstram os dados de correlação pareada entre atributos morfológicos e ecológicos apresentados na Tabela 1.

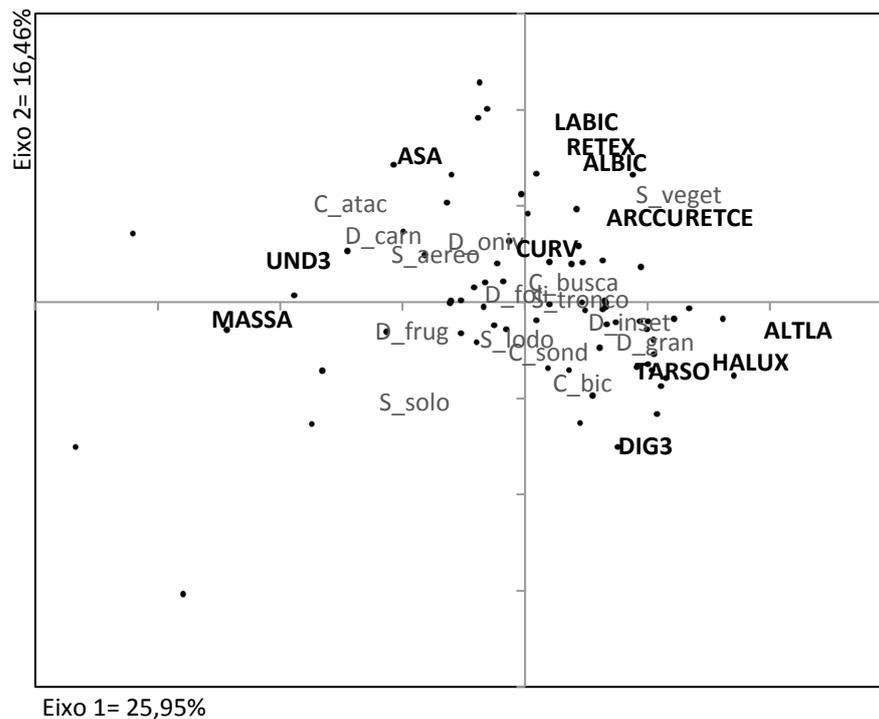


Figura 4: Representação dos dois primeiros eixos de ordenação obtidos através da análise de componentes principais (PCA) das espécies de aves descritas por seus atributos quantitativos. Os atributos qualitativos foram projetados no diagrama através da correlação destes com os eixos da ordenação. Rótulos dos atributos morfológicos: MASSA: massa; CUEXP: culmen exposto; CURV: grau de curvatura do culmen; ALBIC: altura do bico; LABIC: largura do bico; ALTLA: razão entre a altura e a largura do bico; TARSO: comprimento do tarso; DIG3: comprimento do dígito 3; HALUX: comprimento do hálux; UND3: comprimento da unha do dígito 3; RETEX: comprimento da retriz externa; RETCE: comprimento da retriz central; ASA: comprimento da asa. Atributos de dieta: D_frug: frugívoros; D_oniv: onívoros; D_foli: folívoros; D_inset: insetívoros; D_carn: carnívoros; D_gran: granívoros. Atributos de substrato de forrageio: S_solo: terrestre; S_lodo: ambientes alagados; S_veget: vegetação das árvores; S_aereo: aéreo; S_tronco: tronco das árvores. Atributos de comportamento de forrageio: C_atacando: comportamento de ataque; C_bicando: comportamento de bicar as folhas; C_busca: comportamento ativo de busca; C_sondagem: comportamento de sondar a vegetação terrestre em busca de alimento.

A partir da Tabela 1, podemos observar que espécies com dieta carnívora, que forrageiam no solo e que possuem comportamento de ataque foram relacionadas à maior

massa. As carnívoras ainda tiveram correlação com maior curvatura de bico, maior tamanho de asa e maior unha do dígito 3. Aves que forrageiam em troncos de árvores foram caracterizadas por terem bicos mais compridos (maior valor de arco do cúlmen), enquanto espécies que possuem dieta frugívora tiveram uma correlação negativa com o arco do cúlmen, ou seja, apresentam bicos mais curtos, além de tarsos proporcionalmente menores. Aves que forrageiam em solo e em ambientes alagados (S_lodo) e que possuem dieta granívora foram mais correlacionadas a valores maiores para o dígito 3. Da mesma forma, espécies que forrageiam na vegetação das árvores foram correlacionadas negativamente com o terceiro dígito, ou seja, tem um tamanho proporcionalmente menor. Aves com dieta granívora tiveram correlação positiva com o hálux, altura de bico e para a razão altura:largura do bico (apresentam bicos mais altos que largos), além de uma relação negativa com a curvatura do bico (bicos pouco curvos). Por outro lado, aves insetívoras tiveram correlação negativa com a massa do corpo, a altura do bico e a unha do dígito 3, além de serem positivamente relacionadas ao tamanho do cúlmen.

Com relação à proporção dos atributos ecológicos nos diferentes ambientes, dada a presença/ausência das espécies consideradas, observamos alguns claros padrões que distinguem as comunidades de aves (Figuras 5 e 6). Para as categorias de dieta (Figura 5), observamos um predomínio de insetívoras e onívoras, sendo as aves com dieta insetívora mais abundantes no ambiente florestal e as onívoras no ecótono. A proporção de granívoros foi maior no ambiente campestre, como esperado, enquanto os frugívoros tiveram proporções bastante similares nos três ambientes, embora levemente maior na floresta. Apenas uma espécie foi categorizada pela dieta folívora, registrada no ambiente florestal. Espécies de dieta carnívora tiveram uma proporção maior no ambiente campestre.

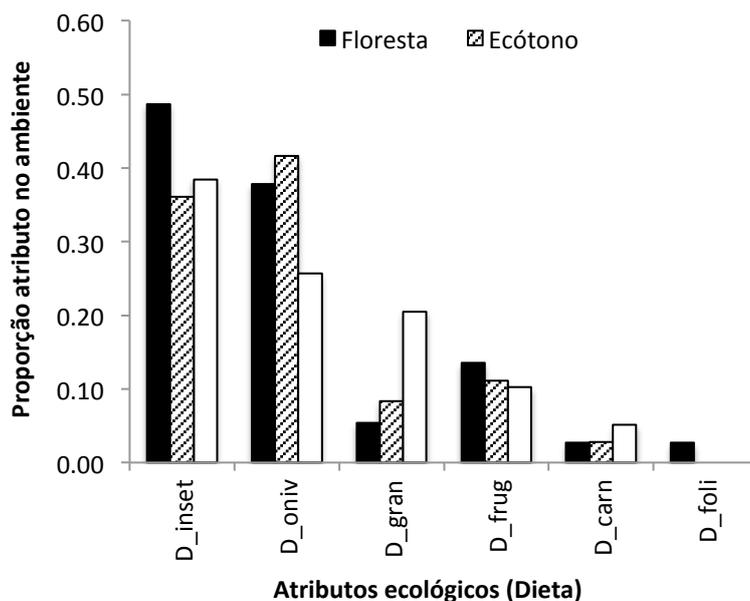


Figura 5: Gráfico das proporções dos valores médios dos diferentes tipos de dieta nos ambientes floresta,, ecótono e campo. Rótulos das dietas: D_gran: granívoro; D_carn: carnívoro; D_inset: insetívoro; D_frug: frugívoro; D_oniv: onívoro; D_foli: folívoro.

As categorias ecológicas relacionadas ao substrato preferencial e comportamento de forrageio também demonstraram algumas diferenças claras entre os três ambientes (Figura 6). Áreas florestais e de ecótono tiveram proporções bastante similares em termos de espécies de aves que utilizam a vegetação das árvores para forragear e que possuem comportamento ativo de busca, se comparadas ao ambiente campestre. Por outro lado, ecótonos foram mais semelhantes aos campos em termos de proporção de aves que forrageiam no solo e tem comportamento de bicar em busca do alimento. O comportamento de “sondar” a vegetação mais baixa em busca de alimento não foi muito comum, sendo relativamente semelhante em termos de proporção nos três ambientes. Áreas campestres apresentaram aves que forrageiam em áreas alagadas ou úmidas (S_lodo), as quais não foram registradas nos outros ambientes, bem como tiveram maior proporção de aves que forrageiam no ar e com comportamento de ataque.

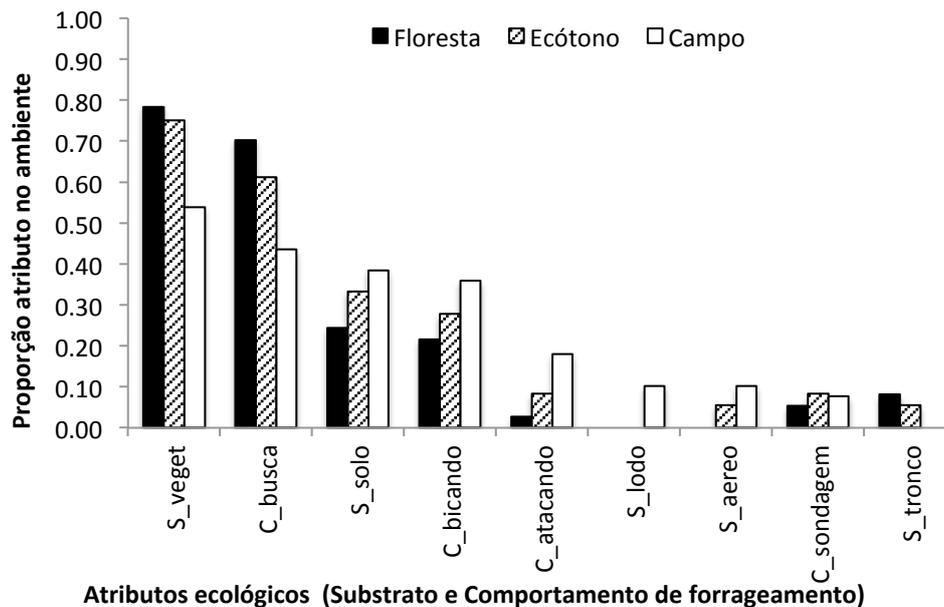


Figura 6: Gráfico do valor médio dos atributos qualitativos de substrato preferencial e de comportamento de forrageio nos ambientes floresta, ecótono e campo. Rótulos: S_solo: substrato de forrageio terrestre; S_lodo: substrato de forrageio lodo; S_veget: substrato de forrageio na vegetação das árvores; S_aereo: substrato de forrageio aéreo; S_tronco: substrato de forrageio tronco das árvores; C_atacando: comportamento de ataque; C_bicando: comportamento de bicar as folhas; C_busca: comportamento de busca; C_sondagem: comportamento de sondar a vegetação terrestre em busca de alimento.

As diferenças entre os ambientes floresta, ecótono e campo também puderam ser observadas em relação ao valor médio dos atributos morfológicos (Figura 7), sendo estas em geral mais contrastantes entre a floresta e campo. No ambiente campestre, as comunidades de aves tiveram valores em média maiores para os atributos massa, altura do bico, unha do dígito 3 e dígito 3. No ambiente florestal, as comunidades tiveram valores médios proporcionalmente maiores para os atributos retriz central, curvatura do bico e arco do cúlmen exposto. Áreas ecotonais, embora tendam a ter valores intermediários para a maioria dos atributos, parecem ter comunidades de aves que em média apresentam valores maiores para os atributos hálux, retriz externa e tarso.

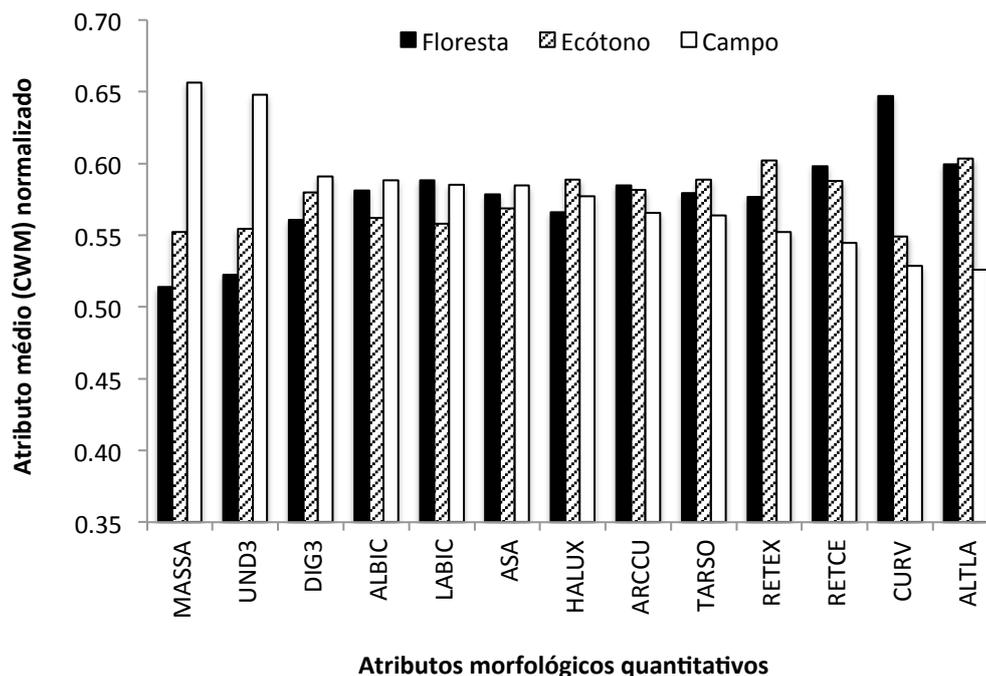


FIGURA 7: Gráfico representando o valor médio dos atributos morfológicos quantitativos nos ambientes floresta, ecótono e campo. Rótulos: MASSA: massa; DIG3: dígito 3; HALUX: hálux; LABIC: largura do bico; CUEXP: culmen exposto; ASA: comprimento da asa; TARSO: comprimento do tarso; RETEX: retriz externa; ALTLA: razão entre altura e largura do bico; ALBIC: altura do bico; RETCE: comprimento da retriz central; ARCCU: arco do culmen.

A transição das características morfológicas entre os ambientes campo, ecótono e floresta pode ser claramente observada pelo diagrama de ordenação da PCA dos valores médios dos atributos morfológicos ponderados pelas espécies registradas nos diferentes ambientes (Figura 8). O ambiente campestre está claramente mais separado dos outros dois ambientes, enquanto o ecótono e a floresta tendem a ser mais semelhantes entre si, dadas algumas diferenças quanto à curvatura do bico (maior na floresta) e ao tamanho do hálux, da retriz externa e do tarso (maiores no ecótono) (Figura 8).

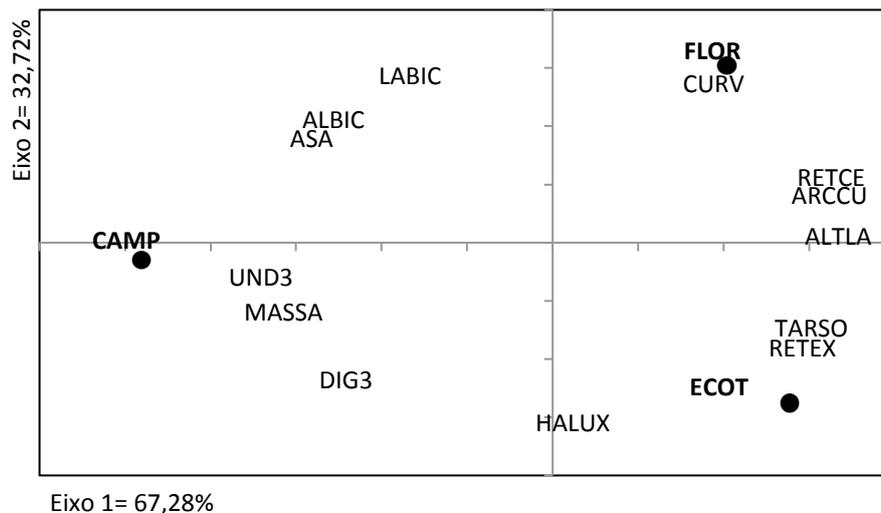


Figura 8: Representação dos dois primeiros eixos de ordenação obtidos através da análise de componentes principais (PCA) da matriz T (atributos quantitativos morfológicos nos ambientes floresta, campo e floresta). Rótulos: MASSA: massa; CUEXP: culmen exposto; ARCCU: arco do culmen exposto; ALBIC: altura do bico; LABIC: largura do bico; TARSO: comprimento do tarso; DIG3: comprimento do dígito 3; HALUX: comprimento do hálux; UNHHA: comprimento da unha do hálux; RETEX: comprimento da retriz externa; RETCE: comprimento da retriz central; ASA: comprimento da asa; ALTLA: razão entre a altura e a largura do bico.

DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que existem correlações consistentes entre atributos morfológicos e atributos ecológicos, associados à dieta, ao substrato de forrageio e ao comportamento de forrageio das aves. A correlação matricial entre os dois conjuntos de dados foi baixa (0,26) mais ainda assim significativa, dadas algumas relações mais fortes entre medidas morfológicas e ecológicas, conforme discutimos abaixo.

Aves que caracteristicamente forrageiam nos troncos das árvores foram caracterizadas por bicos proporcionalmente mais compridos. Espécies que possuem este tipo de comportamento de forrageio (como: *Cranioleuca obsoleta*, *Lepidocolaptes falcinellus*, *Cranioleuca obsoleta*, e *Sittasomus griseicapillus*) utilizam o bico como

“ferramenta” de captura para pegar larvas ou pequenos insetos nas cascas das árvores. Por outro lado, a correlação negativa entre espécies frugívoras e tamanho do cúlmen exposto parece indicar que bicos não tão longos são mais eficientes na captura de frutos, basicamente carnosos.

Espécies de aves que forrageiam em solo e em ambientes úmidos ou alagados foram correlacionadas a valores maiores do terceiro dígito. Algumas espécies terrícolas, como *Rhynchotus rufescens*, *Vanellus chilensis*, que forrageiam caminhando na vegetação campestre, podem utilizar o terceiro dígito para procurar pequenos invertebrados em meio à vegetação.

A correlação significativa entre determinados atributos morfológicos e ecológicos, como dieta carnívora em relação à massa corpórea e ao comprimento da asa, certamente está associada a algumas espécies que foram predominantes no ambiente campestre. Neste sentido, devemos considerar espécies de dieta carnívora (como por exemplo, *Milvago chimachima*, *Milvago chimango* e *Geranoaetus albicaudatus*) que foram apresentam altos valores de massa corpórea, bem como espécies que possuem comportamento de forrageio de ataque (*M. chimachima*, *M. chimango*, *G. albicaudatus*, *Cypseloides fumigatus*, *Myiarchus swainsoni*, *Pygochelidon cyanoleuca*, *Tyrannus savana* e *Xolmis dominicanus*) e que apresentam altos valores de comprimento da asa. As variações no tamanho e na forma da asa estão associadas às técnicas de forrageio, como a captura de presas em terra ou em voo, uma vez que espécies desta guilda realizam manobras mais elaboradas para capturar suas presas. Além disso, espécies granívoras (também predominantes no ambiente campestre) foram correlacionadas com bicos altos e estreitos (maior valor na relação altura:largura do bico), sendo que esta configuração da forma do bico faz com que a ave tenha mais força para quebrar grãos

duros. Por outro lado, outras relações mais sutis também foram observadas e podem estar refletindo variações menores dentre as espécies comumente presentes em áreas florestais e de ecótono. Como por exemplo, os resultados que demonstraram uma relação positiva entre tamanho do cúlmen e dieta insetívora em contraponto à relação negativa deste mesmo atributo e a dieta frugívora.

Em termos de proporção dos atributos nas comunidades, tanto ecológicos quanto morfológicos, observamos claras distinções entre os ambientes, indicando que houve variação funcional em resposta ao tipo de habitat utilizado pelas aves. Em termos de dieta preferencial, por exemplo, observamos diferenças em praticamente todas as categorias. Os ambientes de transição entre floresta e campo (ecótono) abrigaram uma maior proporção de aves onívoras, ou seja, mais generalistas quanto à oferta de alimento (Motta Junior 1990), enquanto a dieta granívora foi mais representativa no ambiente campestre. Alguns estudos como Anjos (1998) e Júnior (2010) sugerem que áreas abertas formadas basicamente por gramíneas tendem a abrigar uma grande quantidade de espécies granívoras como *Ammodramus humeralis* e *Cyanoloxia brissonii*. Por outro lado, áreas de floresta abrigam uma maior quantidade e diversidade de árvores frutíferas, o que reflete na maior proporção de espécies frugívoras registradas no ambiente florestal. Considerando os insetívoros, Scherer *et al.* (2010) apontam que espécies de aves que possuem dieta insetívora, além de possuírem disponibilidade de alimento durante todo o ano, possuem estratégias de forrageio bastante variadas (insetívoros de folha, de chão, de voo), o que fez com que a proporção desta categoria fosse em geral alta nos três ambientes, com predomínio na floresta (quando comparada às outras categorias de dieta neste ambiente).

As áreas de ecótono foram de fato áreas transicionais, cujas proporções foram bastante semelhantes ora com a floresta ora com o campo, para a maioria dos atributos

funcionais das aves. Isso provavelmente está associado ao fato de que nestas áreas de transição observa-se uma maior diversidade de hábitos alimentares e estratégias de forrageio dentre as aves presentes, já que os ecótonos se caracterizam por apresentarem tanto uma estratificação vertical, com presença de árvores e arbustos isolados ou em pequenas manchas sobre um estrato herbáceo tipicamente campestre, quanto uma maior heterogeneidade espacial (Müller *et al.* 2012), ampliando as possibilidades de habitats e fontes de alimento para as aves. Os atributos quantitativos morfológicos que foram mais relacionados às áreas ecótono (como hálux, retriz externa e tarso, que tiveram valores médios mais altos) também sugerem que estas áreas abrigam espécies de aves com dietas e hábitos de forrageio tanto relacionados a ambientes de borda florestal quanto a ambientes campestres.

Com base nos resultados deste trabalho, consideramos que atributos morfológicos podem ser bons preditores de características ecológicas das aves, e como estes contêm informações mais exatas se comparadas às classificações ecológicas feitas *a priori*, podem ser mais indicados para análises que procuram relacionar comunidades de aves a alterações de condições abióticas e/ou bióticas do habitat. Houve, porém, algumas medidas morfológicas que não tiveram relação com as características ecológicas consideradas neste estudo, o que certamente precisa ser melhor investigado, tanto ampliando o conjunto de espécies quanto as potenciais funcionalidades destas características morfológicas. Além disso, ressaltamos que estudos futuros devem explorar melhor a combinação entre determinados atributos morfológicos, pois estes podem expressar melhor algumas funções ou relações com características ambientais, tal como observamos a partir da relação entre altura e largura do bico, ou mesmo pela curvatura do cúlmen.

A avaliação dos ambientes floresta, ecótono e campo demonstrou que há diferenças entre os atributos das aves que compõem as comunidades de cada ambiente, tanto em termos de atributos ecológicos quanto morfológicos. Neste sentido, podemos inferir que as condições distintas de habitat entre estes ambientes parecem estar selecionando conjuntos de aves com características também distintas, as quais permitem um melhor *fitness* nos respectivos ambientes em que foram registradas.

BIBLIOGRAFIA

- ALEIXO, A., 1999. **Effects of selective logging on a bird community in the Brazilian Atlantic Forest.** *The Condor* 101, 527-548.
- ANJOS, L., 2001. **Bird communities in five Atlantic Forest fragments in southern Brazil.** *Ornitologia Neotropical* 12, 11-27.
- BACKES, A. 1999. **Condicionamento climático e distribuição geográfica de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze no Brasil - II.** *Pesquisas, Série Botânica* 49: 31-51.
- BARBARO, L., VAN HALDER, I., 2009. **Linking bird, carabid beetle and butterfly life-history traits to habitat fragmentation in mosaic landscapes.** *Ecography* 32, 321–333.
- BATALHA, M. A., CIANCIARUSO, M. V., MOTTA-JUNIOR, J. C., 2010. **Consequences of Simulated Loss of Open Cerrado Areas to Bird Functional Diversity.** *Natureza & Conservação* 8, 34-40.
- BELTON, W, 1994. **Aves do Rio Grande do Sul: distribuição e biologia.** Editora UNISINOS, São Leopoldo, 584 p.

- BIBBY, C., BURGESS, N.D. & HIL, D.A. 1993. **Birds census techniques**. Academic Press, London.
- BOND, W.J. & MIDGLEY, G.F. 2000. **A proposed CO₂-controlled mechanism of woody plant invasion in grassland and savannas**. *Global Change Biology* 6: 865-869.
- BOTERO-DELGADILLO, E. N. J. BAYLY. 2012. **Does morphology predict behavior? Correspondence between behavioral and morphometric data in a Tyrant-flycatcher (Tyrannidae) assemblage in the Santa Marta Mountains, Colombia**. *Journal of Field Ornithology* 83(4):329–342
- CLEARLY, D.F.R., BOYLE, T.J.B., SETYAWATY, T., ANGGRAENI, C.D., LOON, E.E.V., MENKEN, S.B. J., 2007. **Bird species and traits associated with logged and unlogged forest in Borneo**. *Ecological Applications* 17,1184-1197.
- DADALT, L.P. 2010. **Padrões de diversidade da vegetação lenhosa da região do Alto Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia.
- FERNANDES, A.V. & BACKES, A. 1998. **Produtividade primária em floresta com Araucaria angustifolia no Rio Grande do Sul**. *Iheringia, Série Botânica* 51(1): 63-78.
- FITZPATRICK, J. W. 1985. **Form, foraging behavior, and adaptive radiation in the Tyrannidae**. *Ornithological Monographs* 36: 447–470.
- GAUCHERAND S, LAVOREL S (2007). **New method for rapid assessment of the functional composition of herbaceous plant communities**. *Austral Ecol* 32(8):927–936.

GRANT, P. R., B. R. GRANT, J. N.M. SMITH, I. J. ABBOTT, AND L. K. ABBOTT.

1976. **Darwin's finches: population variation and natural selection.**

Proceedings of the National Academy of Sciences USA 73: 257–261.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.; BOTH, R. (2009). Unidades de Paisagem In:

Boldrini, I.I. (org.) (2009). Biodiversidade dos Campos do Planalto das

Araucárias. Brasília - MMA, pp. 15-18.

HAUSNER, V.H., YOCCOZ, N.G., IMS, R.A., 2003. **Selecting indicator traits for**

monitoring land use impacts: birds in Northern Coastal birch forests.

Ecological Applications 13(4), 999-1012.

HODGSON JG, MONTSERRAT-MARTI G, CERABOLINI B, CERIANI RM,

MAESTRO-MARTINEZ M, PECO B, WILSON PJ, THOMPSON K, GRIME JP,

BAND SR, BOGARD A, CASTRO-DIEZ P, CHARLES M, JONES G, PEREZ-

RONTOME MC, CACCIANIGA M, ALARD D, BAKKER JP, CORNELISSEN

JHC, DUTOIT T, GROOTJANS AP, GUERRERO-CAMPO J, GUPTA PL,

HYND A, KAHMEN S, POSCHLOD P, ROMO-DIEZ A, RORISON IH,

ROSEN E, SCHREIBER KF, TALLOWIN J, ESPUNY LD, VILLAR-

SALVADOR P (2005). **A functional method for classifying European**

grasslands for use in joint ecological and economic studies. Basic Appl Ecol

6(2):119–131

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2004). **Biomass**

Continentais do Brasil. Mapa Temático 1:5.000.000.

JÚNIOR, WALLACE RODRIGUES TELINO 2010. **Avifauna de Fragmentos de**

Mata Atlântica da Zona da Mata de Pernambuco, Brasil, com Ênfase na

Estrutura Trófica. 2010.

- KARR, J. R. & FREEMARK, K.E.,1983. **Habitat Selection and Environmental Gradients: Dynamics in the "Stable" Tropics.** *Ecology*, **64**, 1481-1494.
- KARR, J. R., AND R. R. ROTH. 1971. **Vegetation structure and avian diversity in several new world areas.** *American Naturalist* 105:423-435.
- LEOPOLD, A. 1933. **Game management.** Charles Schribner's Sons. New York.
- MANTEL, N., 1967. **The detection of disease clustering and a generalized regression approach.** *Cancer Research* 27, 209-220.
- MACARTHUR, R. H., AND J. W. MACARTHUR. 1961. **On bird species diversity.** *Ecology* 42:594-598.
- MANNING, PHILLIP L. ET AL. **Dinosaur killer claws or climbing crampons?** *Biology Letters*, v. 2, n. 1, p. 110-112, 2006.
- MILES, D. B. AND R. E. RICKLEFS. 1984. **The correlation between ecology and morphology in deciduous forest passerine birds.** *Ecology* 65: 1629–1640.
- MORENO, J.A. 1961. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura.
- MOTTA-JUNIOR, J. C., 1990. **Estrutura trófica e composição das avifaunas de três habitats terrestres na região central do estado de São Paulo.** *Ararajuba*, 65:71.
- MÜLLER, S., OVERBECK, G., PFADENHAUER, J. & PILLAR, V. 2007. **Plant functional types of woody species related to fire disturbance in forest-grassland ecotones.** *Plant Ecology* 189: 1-14.
- MÜLLER, S.C., OVERBECK, G., BLANCO, C.C., OLIVEIRA, J.M., PILLAR, V.D. 2012. **South Brazilian forest-grassland ecotones: Dynamics affected by climate, disturbance and woody species traits.** In: Myster, R.W. (Ed.). *Ecotones Between Forest and Grassland.* Springer, New York, pp. 167-187.

- NIMER, E. 1990. Clima. Pp. 151-187. In: **Geografia do Brasil: região Sul**. Rio de Janeiro, IBGE.
- NORBERG, U.M. 1979. **Morphology of the wings, legs and tail of three coniferous forest tits, the Goldcrest and the treecreeper in relation to locomotion pattern and feeding station selection**. Philosophical Transactions of the Royal Society B 287: 131–165.
- ODUM, E.P. 1983. **Basic ecology**. Saunders College Publishing, Philadelphia.
- ORIAN, G. H. 1969. **The number of bird species in some tropical forests**. Ecology 50: 783-801.
- OVERBECK, G.E., MÜLLER, S.C., FIDELIS, A., PFADENHAUER, J., PILLAR, V.D., BLANCO, C.C., BOLDRINI, I.I., BOTH, R. & FORNECK, E.D. 2007. **Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos**. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 9: 101-116.
- PEARSON, D. L. 1975. **The relation of foliage complexity to ecological diversity of three Amazonian bird communities**. Condor 77: 453-466.
- PATRIDGE, L. 1976. **Some aspects of the morphology of Blue Tits (*Parus coeruleus*) and Coal Tits (*Parus ater*) in relation to their behavior**. Journal of Zoology 179: 121–133.
- PETTS, G.E. 1990. **The role of ecotones in aquatic landscape management**. In: **The Ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones** (Ed. by R.J. Naiman and H. Décamps), pp. 227-261. UNESCO, Paris.
- PILLAR, V.D., L.D.S. DUARTE, E.E. SOSINSKI AND F. JONER. 2009. **Discriminating trait-convergence and trait-divergence assembly patterns in ecological community gradients**. Journal of Vegetation Science 20: 334-348.

- PODANI, J., 2000. **Introduction to the Exploration of Multivariate Biological Data.** Backuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- RICKLEFS, R. E., AND G. W. COX. 1977. **Morphological similarity and ecological overlap among passerine birds on St. Kitts, British West Indies.** *Oikos* 29: 60-66.
- RISSER, P.R. 1995. **The Status of the science examining ecotones - A Dynamic aspect of landscape is the area of steep gradients between more homogeneous vegetation associations.** *Bioscience* 45(5): 318-325.
- ROTH, R.R. 1976. **Spatial heterogeneity and bird species diversity.** *Ecology* 57: 773-782.
- ROTENBERRY, J.T., WIENS, J.A. 1980. **Habitat structure, patchiness, and avian communities in North American steppe vegetation: a multivariate analysis.** *Ecology* 61: 1228- 1250.
- SEKERCIOGLU, C.H. 2006. **Increasing awareness of avian ecological function.** *Trends Ecol. Evol.* 21: 464–471
- SICK, H., 1997. **Ornitologia brasileira.** Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 868p.
- SCHERER, A., SCHERER, S.B., BUGONI, L., MOHR, L.V., EFE, M.A., & HARTZ, S.M. 2010. **Estrutura trófica da Avifauna em oito parques da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.** *Ornithologia*, 1(1), 25-32.
- SCHMIGUEL, K., VARGAS, K. B., & TRATZ, E. D. B. **Configuração geológico-geomorfológica e evolução da paisagem dos canyons da região de Campos de Cima da Serra-Sul do Brasil.**
- STOTZ, D.F., FITZPATRICK, J.W., PARKER III, T.A., MOSKOVITZ, D.K., 1996. **Neotropical birds: Ecology and conservation.** University of Chicago Press, Chicago.

- TERBORGH, J. & WESKE, J.S. 1969. **Colonization of secondary habitats by Peruvian birds.** *Ecology* 50: 765-782.
- VANDEWALLE, M., DE BELLO, F., BERG, M.P., BOLGER, T., DOLEDEC, S., DUBS, F., FELD, C.K., HARRINGTON, R., HARRISON, P.A., LAVOREL, S., DA SILVA, P.M., MORETTI, M., NIMIELA, J., SANTOS, P., SATTLER, T., SOUSA, J.P., SYKES, M.T., VANBERGEN, A.J. & WOODCOCK, B.A. 2010. **Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms.** *Biodiversity and Conservation* 19: 2921-2947.
- WILLIS, E.O. 1979. **The composition of avian communities in remanescent woodlots in southern Brazil.** *Papeis Avulsos de Zoologia* 33: 1-25.
- WINKLER, H., AND B. LEISLER. 1985. **Morphological aspects of habitat selection in birds.** In: *Habitat selection in birds* (M. L. Cody, ed.), pp. 415–34. Academic Press, New York, NY.

Tabela 1: Valores de correlação entre os atributos morfológicos (quantitativos) e os atributos qualitativos de dieta, substrato de forrageio e comportamento de forrageio. D_frug: dieta frugívora; D_oniv: dieta onívora; D_foli: dieta folívora; D_inset: dieta insetívora; D_carn: dieta carnívora; D_gran: dieta granívora; S_solo: substrato de forrageio terrestre; S_lodo: substrato de forrageio lodo; S_veget: substrato de forrageio na vegetação das árvores; S_aereo: substrato de forrageio aéreo; S_tronco: substrato de forrageio tronco das árvores; C_atac: comportamento de ataque; C_bican: comportamento de bicar as folhas; C_busca: comportamento de busca; C_sonda: comportamento de sondar a vegetação terrestre em busca de alimento. * valores em negrito indicam $P < 0.05$; valores em itálico indicam $P < 0.07$.

Atributos ecológicos (qualitativos)

Atributos morfológicos (quantitativos)	Atributos de Dieta						Atributos de Substrato de forrageio					Atributos de Comportamento de forrageio			
	D_frug	D_oniv	D_foli	D_inset	D_carn	D_gran	S_solo	S_lodo	S_veget	S_aereo	S_tronco	C_atac	C_bican	C_busca	C_sonda
Massa corpórea (MASSA)	<i>0.21</i>	0.06	-0.01	-0.29	0.47	-0.15	0.31	<i>0.20</i>	-0.41	-0.08	-0.10	0.30	-0.09	-0.09	0.00
Arco do cúlmen (ARCCU)	-0.32	0.02	-0.09	0.29	-0.12	-0.19	-0.16	-0.08	0.20	-0.27	0.34	-0.20	0.09	0.02	0.07
Curvatura do cúlmen (CURV)	-0.02	-0.13	-0.01	0.18	0.34	-0.31	-0.06	-0.10	0.00	-0.10	0.06	0.17	-0.16	-0.05	-0.01
Altura bico (ALBIC)	0.07	0.02	0.06	-0.38	0.09	0.44	-0.25	0.06	0.22	<i>-0.22</i>	-0.09	-0.13	-0.12	0.23	-0.09
Largura bico (LABIC)	-0.15	0.03	0.01	-0.04	-0.05	0.19	-0.21	-0.02	0.35	0.03	-0.11	0.02	-0.02	0.01	-0.12
Altura/largura bico (ALTLA)	-0.13	-0.15	0.01	0.08	-0.27	0.36	-0.33	-0.06	0.29	-0.20	0.12	-0.42	0.05	0.21	0.00
Tarso (TARSO)	-0.43	0.06	-0.08	0.10	0.12	-0.01	-0.01	0.19	0.04	-0.32	-0.04	-0.14	0.12	0.01	0.09
Dígito 3 (DIG3)	-0.13	-0.35	-0.09	0.03	0.07	0.35	0.38	0.31	-0.32	-0.20	0.09	-0.05	0.25	-0.26	0.21
Unha dígito 3 (UND3)	0.07	0.03	-0.05	-0.28	0.58	-0.12	0.15	0.30	-0.37	-0.04	-0.02	0.47	-0.13	-0.14	0.03
Hálux (HALUX)	-0.23	-0.17	-0.05	0.10	-0.04	0.24	-0.12	<i>0.23</i>	0.01	-0.18	0.09	-0.15	0.13	0.01	0.04
Retriz externa (RETEX)	-0.12	0.08	0.01	0.07	0.05	-0.13	-0.06	-0.11	0.30	0.33	0.04	0.30	-0.17	0.02	-0.07
Retriz central (RETCE)	-0.13	-0.02	-0.02	0.10	0.02	-0.05	-0.21	0.02	0.25	-0.22	0.16	-0.07	0.01	0.00	0.13
Asa (ASA)	-0.16	0.08	0.00	-0.06	0.52	-0.21	-0.09	0.05	-0.14	0.31	0.05	0.64	-0.21	-0.14	-0.12

Apêndice 1: Relação das espécies de aves e seus registros em relação aos três ambientes amostrais.

Espécie	Campo	Ecótono	Floresta
<i>Ammodramus humeralis</i>	1	0	0
<i>Anthus hellmayri</i>	1	0	0
<i>Camptostoma obsoletus</i>	0	1	0
<i>Colaptes campestris</i>	1	0	0
<i>Conopophaga lineata</i>	0	0	1
<i>Cranioleuca obsoleta</i>	0	1	1
<i>Cyanocorax caeruleus</i>	1	1	0
<i>Cyanoloxia brissonii</i>	1	0	0
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	1	1	1
<i>Cypseloides fumigatus</i>	1	0	0
<i>Donacospiza albifrons</i>	0	0	0
<i>Elaenia mesoleuca</i>	1	1	1
<i>Elaenia obscura</i>	1	1	1
<i>Emberizoides herbicola</i>	1	0	0
<i>Emberizoides ypiranganus</i>	1	0	0
<i>Embernagra platensis</i>	1	0	0
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	1	0	0
<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	1	0	0
<i>Haplospiza unicolor</i>	0	1	0
<i>Heliobletus contaminatus</i>	0	1	0
<i>Hemitriccus obsoletus</i>	0	0	1
<i>Knipolegus cyanirostris</i>	0	0	1
<i>Lathrotriccus euleri</i>	0	0	1
<i>Lepidocolaptes falcinellus</i>	0	1	1
<i>Leptastenura setaria</i>	0	1	0
<i>Leptastenura striolata</i>	0	0	1
<i>Leptotila verreauxi</i>	1	0	0
<i>Milvago chimachima</i>	1	0	0
<i>Milvago chimango</i>	0	1	0
<i>Myiarchus swainsoni</i>	1	1	1
<i>Myiodynastes maculatus</i>	1	1	1
<i>Myiophobus fasciatus</i>	1	1	0
<i>Pachyramphus validus</i>	0	0	1
<i>Parula pitiayumi</i>	0	1	1
<i>Patagioenas picazuro</i>	1	1	0
<i>Phyllomyias fasciatus</i>	0	1	1
<i>Phyllomyias virescens</i>	0	0	1
<i>Phylloscartes ventralis</i>	1	1	1
<i>Pipraeidea melanonota</i>	0	1	1
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1	0	0

<i>Platyrinchus mystaceus</i>	0	0	1
<i>Poospiza cabanisi</i>	0	1	1
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	1	0	0
<i>Pyrrhocomma ruficeps</i>	0	0	1
<i>Pyrrhura frontalis</i>	0	0	1
<i>Rhynchotus rufescens</i>	1	0	0
<i>Saltator similis</i>	1	0	1
<i>Sclerurus scansor</i>	0	0	1
<i>Serpophaga subcristata</i>	0	1	0
<i>Sicalis luteola</i>	1	1	0
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	0	0	1
<i>Sporagra magellanica</i>	1	0	1
<i>Stephanophorus diadematus</i>	1	1	1
<i>Synallaxis cinerascens</i>	0	0	1
<i>Synallaxis spixi</i>	1	1	0
<i>Syndactyla rufosuperciliata</i>	0	1	1
<i>Tangara preciosa</i>	0	1	1
<i>Thamnophilus caerulescens</i>	1	1	0
<i>Thamnophilus ruficapillus</i>	1	0	0
<i>Thraupis sayaca</i>	0	0	1
<i>Troglodytes musculus</i>	1	1	0
<i>Turdus albicollis</i>	0	1	1
<i>Turdus amaurochalinus</i>	1	1	1
<i>Turdus flavipes</i>	1	1	1
<i>Turdus rufiventris</i>	0	1	1
<i>Turdus subalaris</i>	0	1	1
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	0	0
<i>Tyrannus savana</i>	1	1	0
<i>Vanellus chilensis</i>	0	0	0
<i>Vireo olivaceus</i>	1	1	1
<i>Xolmis dominicanus</i>	1	0	0
<i>Zonotrichia capensis</i>	1	1	0

Apêndice 2: Valores médios dos atributos morfológicos de acordo com cada ambiente amostrado. Os valores dos atributos foram previamente padronizados pelo peso médio da espécie (dividindo-se pela raiz cúbica da massa).

Atributos	CAMPO	ECOTONO	FLORESTA
Massa corpórea (MASSA; g)	3.684	3.098	2.882
Arco do cúlmen (ARCCU; mm)	5.166	5.311	5.343
Curvatura do cúlmen (CURV; ARCCU/comprimento cúlmen)	1.986	1.898	1.963
Altura bico (ALBIC; mm)	2.017	1.922	2.027
Largura bico (LABIC; mm)	0.311	0.356	0.354
Altura/largura bico (ALTLA)	0.389	0.404	0.476
Tarso (TARSO; mm)	7.392	7.721	7.597
Comprimento Dígito 3 (DIG3; mm)	4.522	4.436	4.287
Unha dígito 3 (UND3; mm)	7.445	6.372	6.003
Hálux (HALUX; mm)	2.657	2.711	2.605
Retriz externa (RETEX; mm)	21.487	23.422	22.434
Retriz central (RETCE; mm)	22.244	24.011	24.432
Asa (ASA; mm)	28.810	28.030	28.515