

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

ALINE VANESSA ROSA DO PRADO

Ecomorfologia e uso de recursos alimentares: relações inter e intraespecíficas
da ictiofauna associada a bancos de macrófitas aquáticas

Maringá
2015

ALINE VANESSA ROSA DO PRADO

Ecomorfologia e uso de recursos alimentares: relações inter e intraespecíficas da ictiofauna associada a bancos de macrófitas aquáticas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Erivelto Goulart

Maringá
2015

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

P896e

Prado, Aline Vanessa Rosa do, 1987-

Ecomorfologia e uso de recursos alimentares : relações inter e intraespecíficas da ictiofauna associada a bancos de macrófitas aquáticas / Aline Vanessa Rosa do Prado. -- Maringá, 2015.

34 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Erivelto Goulart.

1. Peixes de água doce - Ecomorfologia - Recursos alimentares - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Ictiofauna associada - Bancos de macrófitas - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -597.176409816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

ALINE VANESSA ROSA DO PRADO

Ecomorfologia e uso de recursos alimentares: relações inter e intraespecíficas da ictiofauna associada a bancos de macrófitas aquáticas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Erivelto Goulart
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Norma Segatti Hahn
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Aprovada em: 13 de fevereiro de 2015.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

“... a sabedoria serve de sombra, como de sombra serve o dinheiro; mas a excelência da sabedoria é que ela dá vida ao seu possuidor.”

Eclesiastes 7:12

AGRADECIMENTOS

Ebenézer! Agradeço a Deus por ter me sustentado até aqui. Tudo o que tenho e o que sou veio dEle, por Ele e para Ele. Essa gratidão se estende aos meus pais, Nilson Rosa e Maria Terezinha da Rosa, a minha irmã e cunhado, Allana Paula Rosa e Rodrigo Stranieri, e em especial, ao meu esposo Gesiel Malaquias do Prado pelo imenso apoio.

Meus sinceros agradecimentos ao professor Dr. Erivelto Goulart que muito contribuiu para meu desenvolvimento profissional e pessoal. Foi orientador, conselheiro e amigo durante anos de graduação e mestrado. Muito obrigada por instruir e ajudar nessa jornada!

Minha gratidão ao Dr. João Paulo Alves Pagotto pela amizade e por tantas contribuições e discussões sobre ecomorfologia e estatística.

Agradeço à Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA), por oportunizar o mestrado. À CAPES pelo apoio financeiro. Aos professores Dr. Ângelo Antônio Agostinho e Dra. Norma Segatti Hahn por permitirem a utilização dos respectivos laboratórios para realização das análises morfométricas e de conteúdo estomacal. Às biólogas Marlene Rodrigues da Silva, Andréia Isaac e Natália Carniatto pelo auxílio com a identificação dos conteúdos estomacais. Aos biólogos Gabriel Deprá, Hugmar Pains da Silva e Renata Rúbia Ota pela ajuda com a identificação das espécies.

Sou grata ao Fábio Teruo Mise pelas conversas na sala dos alunos, pelas ajudas com as análises estatísticas, morfométricas, de dieta e em campo; ao Rogério Fernandes Hanisch, pela ajuda com a morfometria e coleta; ao Hugo Message, Alfredo e Tião pela ajuda com a coleta; à Jocemara e Aldenir pelo atendimento na secretaria; aos amigos Karina Ferreira, Gabriel Antônio Barbosa e Letícia Araújo pela amizade e tantas risadas; aos bibliotecários João Fábio Hildebrandt e Maria Salete Ribelatto Arita; à Érica Ikedo pela amizade e ajuda com a retirada dos estômagos.

Ecomorfologia e uso de recursos alimentares: relações inter e intraespecíficas da ictiofauna associada a bancos de macrófitas aquáticas

RESUMO

A ecomorfologia é o estudo das relações entre caracteres morfológicos e seus respectivos atributos ecológicos, cujo objetivo é compreender as respostas dos organismos aos desafios ambientais através de comparações de padrões de variações de tais caracteres. O uso de recursos alimentares pelos peixes é tão diverso quanto os itens disponíveis no ambiente aquático e, este fato, pode ocorrer devido à diversidade morfológica relacionada à aquisição do alimento. Assim, testaram-se as hipóteses: i) a morfologia explica as variações na dieta entre as espécies de peixes ii) a diversificação morfológica intraespecífica está relacionada com a amplitude do nicho trófico explorado pelas espécies, de modo que, espécies que se alimentam de maior variedade de recursos apresentam maior variação na forma do corpo em relação aquelas especializadas no consumo de recursos. Os peixes foram coletados em bancos de macrófitas aquáticas de *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes* em ambientes lênticos da planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. A ecomorfologia foi avaliada através de índices ecomorfológicos e a dieta através de análises de conteúdos estomacais. Os dados de morfologia foram ordenados por Análise de Componentes Principais para identificar os padrões de variações e para a classificação das espécies em guildas tróficas foi utilizado o Índice Alimentar a partir dos dados de dieta. Foi aplicado o teste de Mantel para averiguar a relação entre dieta e morfologia interespecífica. Para a determinação da diversidade morfológica intraespecífica foi calculada a distância média entre os espécimes e o centróide da população, que indica o grau de ocupação do espaço ecomorfológico; a distância média em relação ao vizinho mais próximo, que indica o grau de empacotamento dos espécimes no espaço ecomorfológico; e o desvio padrão da distância média em relação ao vizinho mais próximo, que indica a equitabilidade do empacotamento dos espécimes no espaço ecomorfológico. Estas medidas foram determinadas com base no cálculo da distância Euclidiana. Posteriormente, a tendência de variação dos valores observados destas distâncias conforme a amplitude de nicho trófico foi analisada por regressões lineares simples. No total, 506 peixes foram medidos e tiveram seus conteúdos estomacais analisados. Os resultados evidenciaram a relação entre dieta e morfologia interespecífica, corroborando com a primeira hipótese. No entanto, as amplitudes de variações morfológicas e tróficas intraespecíficas não estavam significativamente relacionadas, rejeitando-se a segunda hipótese. A morfologia das espécies explica o uso de recursos alimentares e a ecomorfologia é uma ferramenta fundamental para isso, mas, provavelmente, para melhor compreensão da relação morfologia/dieta deve ser utilizada a análise da abundância de recursos.

Palavras-chave: Ictiofauna. Distância ecomorfológica. Variação inter e intraespecífica. Planície de inundação do alto rio Paraná.

Ecomorphology and use of food resources: inter relationships and intraspecific of the fish fauna associated with aquatic macrophytes

ABSTRACT

The ecomorphology is the study of relationships between morphological characters and their ecological attributes, whose goal is to understand the responses of organisms to environmental challenges through comparisons of such characters variations standards. The use of food resources for fish is as diverse as the items available in the aquatic environment, and this fact may be due to morphological diversity related to the acquisition of food. Thus, hypotheses were tested: i) the morphology explains the variations between species in the diet of fish ii) intraspecific morphological diversity is related to the amplitude of ecological niches exploited by species, so that species that feed on higher variety of resources have greater variation in body shape over those specialized in resource consumption. Fish were collected in banks of aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* and *Eichhornia crassipes* in lentic environments of the floodplain of the upper Paraná River, Brazil. The ecomorphology was evaluated by indices ecomorphological and diet through analysis of stomach contents. The morphology data were ordered by Principal Component Analysis to identify patterns of variation and for the classification of species in trophic guilds we used the Alimentary Index from the diet data. The Mantel test was used to examine the association between diet and interspecific morphology. For the determination of intraspecific morphological diversity were calculated average distance between the specimen and the centroid of the population, which indicates the degree of occupation of space ecomorphological; the average distance to the nearest neighbor, which indicates the degree of packing of the specimens in ecomorphological space; and the standard deviation from average distance to the nearest neighbor, which indicates the packaging evenness of the specimens in ecomorphological space. These measures were based on the calculation of the Euclidean distance. The variation trend of observed values such as the range of distances ecological niches was analyzed by simple linear regression. A total of 506 fish were measured and had their stomach contents analyzed. The results show the relationship between diet and interspecific morphology, confirming the first hypothesis. However, the amplitudes of morphological and trophic changes intraspecific were not significantly related, rejecting the latter. The morphology of the species explains the use of food resources and the eco-morphology is a fundamental tool for this, but probably for the better understanding of the relationship morphology / diet should be used analysis of abundant resources.

Keywords: Ichthyofauna. Ecomorphological distance. Inter and intraspecific variation. Upper Paraná River floodplain.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	METODOLOGIA	10
2.1	ÁREA DE ESTUDO E DELINEAMENTO AMOSTRAL	10
2.2	COLETA DE PEIXES.....	10
2.3	ESTIMATIVA DE DADOS MORFOMÉTRICOS	11
2.4	DIETA	12
2.5	ANÁLISE DOS DADOS	13
2.5.1	Dieta e avaliação de padrões morfológicos interespecíficos	13
2.5.2	Dieta e avaliação de padrões morfológicos intraespecíficos	14
3	RESULTADOS	16
3.1	ORGANIZAÇÃO TRÓFICA E VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS INTERESPECÍFICAS	16
3.2	RELAÇÃO ENTRE ORGANIZAÇÃO TRÓFICA E VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS INTRASPECÍFICAS	20
4	DISCUSSÃO	23
	REFERÊNCIAS	26
	ANEXO A - Classificação taxonômica das espécies coletadas na planície	31
	ANEXO B - Medidas morfométricas lineares e áreas tomadas	32
	ANEXO C - Índices ecomorfológicos.....	33

1 INTRODUÇÃO

Entre outras formas, a ecomorfologia pode ser definida como o estudo da relação da forma do corpo com o uso de recursos entre indivíduos, populações, guildas e comunidades (Peres-Neto, 1999), cujo objetivo é compreender a resposta dos organismos aos desafios ambientais, comparando-se padrões de variações entre caracteres morfológicos e ecológicos (Motta *et al.*, 1995). Análises ecomorfológicas podem ser utilizadas como ferramenta para descrever padrões ao longo das dimensões do nicho, uma vez que a forma do corpo fornece informações relevantes acerca da utilização de recursos pelos organismos (Pagotto *et al.*, 2009), evidenciando, por exemplo, o tipo de hábitat explorado, a localização e o tamanho do alimento a ser consumido (Bourke *et al.*, 1997; Fugi *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2010; Pagotto *et al.*, 2011; Sampaio *et al.*, 2013).

Os peixes representam campo fértil para análise da relação entre a forma e papel ecológico, pois apresentam elevada diversidade de espécies e ampla variedade de nichos ecológicos, podendo ocupar todos os níveis tróficos de ecossistemas aquáticos, utilizando diferentes estratégias para captura dos itens alimentares (Motta *et al.*, 1995). Isto pode ocorrer devido à grande diversidade morfológica relacionada à procura, detecção, captura, ingestão e digestão do alimento (Wootton, 1992; Gerking, 1994). Por outro lado, como a dieta é tão diversa quanto os possíveis recursos alimentares disponíveis nos ambientes aquáticos, é plausível questionar se há padrões gerais de utilização da presa e se esses padrões estão relacionados com a diversidade de mecanismos de alimentação (Wainwright, 1999). Nesse contexto, correlação entre atributos morfológicos e dieta tem sido testada em hipóteses ecomorfológicas nas assembleias de peixes (Pouilly *et al.*, 2003).

A presença de macrófitas aquáticas aumenta a heterogeneidade estrutural dos habitats afetando a diversidade ecológica e as interações interespecíficas (Agostinho *et al.*, 2003), pois, eleva a disponibilidade de abrigos para as espécies de peixes forrageiros e formas jovens daqueles de grande porte (Savino & Stein, 1982) e influenciam fortemente na alimentação da ictiofauna (Pelicice & Agostinho, 2006). Assim, variações morfológicas podem ser respostas adaptativas às diferentes pressões seletivas, seja de origem abiótica ou biótica (Araújo *et al.*, 2008), podendo resultar em convergência morfológica de espécies filogeneticamente distantes ou divergência morfológica de espécies filogeneticamente próximas (Peres-Neto, 1999). Desse modo, comparações morfológicas inter e intraespecíficas permitem identificar

características que possuem variação de forma e, assim, avaliar quais são as principais pressões responsáveis pela diversificação morfológica (Breda, 2005).

De acordo com a Hipótese de Variação Nicho proposta por Van Valen (1965), as populações com nichos mais amplos são morfológicamente mais variáveis que as de nichos mais estreitos. Segundo o autor o aumento da amplitude da dieta é obtida por maior variação morfológica entre indivíduos. Complementarmente, a Teoria do Forrageamento Ótimo (MacArthur & Pianka, 1966), prediz que quando há abundância de recursos, as espécies forrageiras exploram um tipo específico de alimento e possuem um nicho trófico estreito, no entanto, quando tais recursos se tornam escassos, estas passam a incrementar mais tipos de alimentos em sua dieta aumentando, assim, a amplitude de nicho (MacArthur & Pianka, 1966; Schoener, 1971). A amplitude de nicho, bem como o processo de divergência morfológica, podem estar relacionados positivamente com a competição intraespecífica, ou seja, o aumento da competição eleva a amplitude de nicho a nível individual e populacional e pode levar à diversificação morfológica (Svanbäck & Bolnick, 2005; Araújo *et al.*, 2008).

Segundo Winemiller (1991), a coexistência das espécies de peixes em uma assembleia é fortemente influenciada pela amplitude do nicho ecológico explorado e a forma como ele é partilhado entre as espécies. Assim, a abordagem ecomorfológica pode ser utilizada como ferramenta de análise para se compreender as relações de consumo e partilha de recursos, bem como o papel das variações morfológicas para a ocupação e diversificação do nicho, sobretudo entre os peixes, que, notadamente, apresentam padrões conspícuos de relações entre forma do corpo e uso de recursos (Maldonado *et al.*, 2009; Cochran-Biederman & Winemiller, 2010; Montaña & Winemiller, 2013).

Com base nos argumentos acima expostos é pertinente questionar: existe relação entre morfologia e dieta nos peixes encontrados em bancos de macrófitas aquáticas da planície de inundação do alto rio Paraná? Se existe correlação, espécies com maior diversidade morfológica (por exemplo, maior variação intraespecífica) apresentam nichos tróficos mais amplos? Questionamentos similares a este último foram discutidos por Dennison & Baker (1991) e Griffen & Mosblack (2011) que estudaram a morfologia de aves e caranguejos, respectivamente, e Bolnick *et al.* (2007) que analisaram peixes temperados e obtiveram resultados opostos; entretanto, não há registros de estudos avaliando a ictiofauna neotropical.

Com o intuito de identificar padrões de variação ecomorfológica entre guildas tróficas e investigar se a amplitude de nicho trófico pode ser explicada pelo padrão de diversificação ecomorfológica intraespecífica, foram testadas as seguintes hipóteses: i) a morfologia explica

as variações na dieta entre as espécies de peixes, pois a forma do corpo fornece informações relevantes quanto aos diferentes hábitos alimentares; ii) a diversificação morfológica intraespecífica está relacionada com a amplitude do nicho trófico explorado pelas espécies, de modo que, espécies que se alimentam de maior variedade de recursos apresentam maior variação na forma do corpo em relação àquelas especializadas no consumo de recursos, considerando que o aumento da amplitude da dieta pode ser conseguido por maior variação morfológica entre os espécimes.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO E DELINEAMENTO AMOSTRAL

Os locais de estudos compreenderam 10 ambientes lênticos (Lagoas Pousada das Garças, dos Porcos, Maria Luiza, da Onça, Água Suja, Xirica, das Pombas, Ilha do Pacu, das Garças e Ressaco do Bilé) pertencentes à planície alagável do alto rio Paraná, Brasil (Figura 1), utilizando como critério de seleção a presença de bancos de macrófitas aquáticas de duas diferentes espécies nativas, *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes*. Áreas alagáveis são ecossistemas amplamente colonizados por macrófitas aquáticas (Mitsch & Gosselink, 1993), as quais promovem o aumento da complexidade estrutural dos habitats afetando a diversidade ecológica (Agostinho *et al.*, 2003). Estes vegetais influenciam a alimentação dos peixes e eles associados, pois servem de substrato para o desenvolvimento de vários organismos, como algas perifíticas (Esteves, 1988; Rodrigues & Bicudo, 2004) e invertebrados tais como rotíferos, insetos, microcrustáceos, oligoquetos, moluscos e amebas testáceas (Junk, 1973; Bonecker & Lansac-Tôha, 1996; Lansac-Tôha *et al.*, 2003; Takeda *et al.*, 2003). As coletas dos peixes foram realizadas em outubro de 2012, sendo selecionados três bancos de macrófitas aquáticas de cada espécie por lagoa.

2.2 COLETA DE PEIXES

Os peixes foram coletados com a utilização de um peneirão de 1,0m x 1,5m, com malha de 0,05 mm e que foi passado três vezes em cada banco de macrófita aquática. Os exemplares capturados foram fixados em formol a 4% e, posteriormente, acondicionados em frascos contendo álcool a 70° GL. Os espécimes foram identificados de acordo com Britski *et al.* (2007), Graça & Pavanelli (2007) e Benine *et al.* (2009), etiquetados, pesados e medidos.

Exemplares testemunhos foram depositados na coleção ictiológica do Nupélia/UEM, <http://peixe.nupelia.uem.br/> (Anexo A).

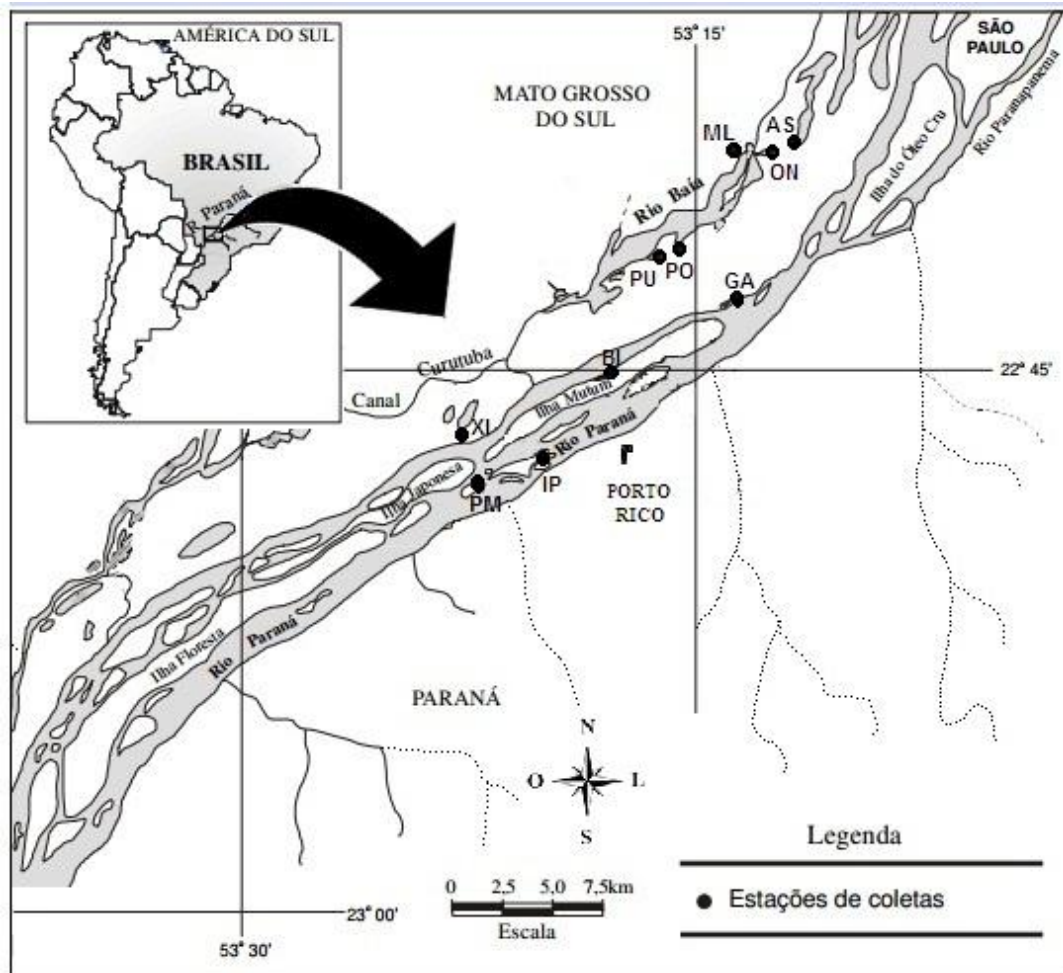


Figura 1. Localização da planície de inundação do alto rio Paraná e estações de coletas: PU – Lagoa Pousada das Garças; PO – Lagoa dos Porcos; ML – Lagoa Maria Luiza; ON – Lagoa da Onça; AS – Lagoa Água Suja; XI – Lagoa Xirica; PM – Lagoa das Pombas; IP – Lagoa Ilha do Pacu; BI – Ressaco do Bilé; GA – Lagoa das Garças.

2.3 ESTIMATIVA DE DADOS MORFOMÉTRICOS

Foram capturadas 48 espécies, das quais foram analisadas apenas as seis que atingiram ao menos 5% do total de espécimes capturados: *Hyphessobrycon eques* (Steindachner, 1882), *Moenkhausia forestii* (Benine, Mariguela & Oliveira, 2009), *Serrapinnus calliurus* (Boulenger, 1900) e *Serrapinnus notomelas* (Eigenmann, 1915) pertencentes à ordem Characiformes; *Apistogramma commbrae* (Regan, 1906), Perciformes; e *Pamphorichthys sp.*, Cyprinodontiformes. Somente espécimes adultos foram analisados (Gomiero *et al.*, 2008; Montag *et al.*, 2011), considerando que o crescimento ontogenético pode promover variações

significativas na morfologia (Novakowski *et al.*, 2004; Vitule *et al.*, 2008) ou hábito alimentar (Drewe *et al.*, 2004).

As medidas morfológicas lineares e as áreas, relacionadas ao tronco, nadadeiras, cabeça, olho e boca foram tomadas de acordo com trabalhos realizados por Gatz (1979), Breda *et al.* (2005) e Oliveira (2005). Utilizou-se 23 medidas e áreas (Anexo B), relacionadas à ocupação do hábitat e ecologia trófica das espécies. Todas foram tomadas do lado esquerdo do exemplar utilizando paquímetro digital (com aproximação de 0,01 mm). As áreas das nadadeiras e dos olhos foram desenhadas a partir do contorno de suas estruturas e posteriormente, digitalizadas e incorporadas no programa AutoCAD® (Autodesk, 2012) para o cálculo da área interna.

A partir das medidas obtidas calcularam-se 21 índices ecomorfológicos, os quais permitiram a avaliação das diferenças quanto à forma do corpo independentemente do tamanho dos espécimes. Estudos utilizando proporções foram realizados por alguns autores considerando a capacidade de revelar os papéis ecológicos das estruturas morfológicas (Gatz, 1979; Watson & Balon, 1984; Montaña & Winemiller, 2010; Oliveira *et al.*, 2010; Pagotto *et al.*, 2011; Mise *et al.*, 2013; Sampaio *et al.*, 2013). No presente estudo foram utilizados: Índice de compressão, índice de depressão, comprimento relativo do pedúnculo caudal, altura relativa do pedúnculo caudal, largura relativa do pedúnculo caudal, área relativa da nadadeira caudal, razão-aspecto da nadadeira caudal, área relativa da nadadeira dorsal, área relativa da nadadeira anal, razão-aspecto da nadadeira anal, área relativa da nadadeira peitoral, razão-aspecto da nadadeira peitoral, razão-aspecto da nadadeira pélvica, comprimento relativo da cabeça, altura relativa da cabeça, largura relativa da cabeça, altura relativa da boca, largura relativa da boca, índice de protrusão, posição vertical do olho e área relativa do olho (Anexo C).

2.4 DIETA

Após a tomada das variáveis morfológicas, os espécimes foram eviscerados e os respectivos estômagos retirados e armazenados em recipientes contendo álcool 70° GL. A dieta foi avaliada através de análises de conteúdos estomacais pelo método volumétrico, segundo Hyslop (1980). O volume foi obtido com auxílio de placa de Petri milimetrada como proposto por Hellawell & Abel (1971). Os itens alimentares foram identificados em microscópio estereoscópico e óptico e, posteriormente, agrupados em categorias alimentares, de forma que cada uma consistisse em conjunto de itens que não são consumidos de maneira

desagregada, formando unidades taxonômicas e/ou ecológicas (Isaac, 2013): **detritos/sedimentos** (matéria inorgânica, e orgânica em decomposição), **algas** (Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Clamydophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae), **vegetais superiores** (fruto, semente e raízes), **crustáceos** (Cladocera, Copepoda, Conchostraca, Ostracoda e Amphipoda), **insetos aquáticos** (formas larvais de Chironomidae, Coleoptera, Trichoptera, larvas e pupas de Diptera, jovens de Ephemeroptera e restos de insetos aquáticos), **invertebrados terrestres** (formas adultas de Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Odonata, Collembola, Orthoptera, Homoptera, Aranae e larvas de Lepidoptera), **outros invertebrados aquáticos** (Acari, Rotifera, Tecameba e espículas de Porifera), **hifas de fungos, escamas de peixes e restos de insetos**. As espécies que não possuíam estômago definido tiveram o primeiro terço do intestino analisado.

2.5 ANÁLISE DOS DADOS

2.5.1 Dieta e avaliação de padrões morfológicos interespecíficos

Com a finalidade de sumarizar os dados da dieta das espécies de peixes, identificar tendências alimentares e auxiliar na classificação de guildas tróficas foi utilizado o Índice Alimentar (Kawakami & Vazzoler, 1980):

$$IA_i = \frac{V_i * F_i}{\sum_{i=1}^n V_i * F_i} \times 100$$

Em que F_i é a frequência de ocorrência do item i (%), V_i é o volume relativo do item i (% do total) e n é o número de itens. Esta medida avalia a importância de cada item alimentar na dieta das diferentes espécies analisadas.

As espécies foram incluídas em guildas tróficas de acordo com a porcentagem consumida de cada categoria alimentar, cujas guildas foram determinadas quando a categoria preferencial fez mais de 70% do consumo de cada espécie, considerando os valores do IA_i (Mérona *et al.*, 2001; Mérona *et al.*, 2008; Isaac, 2013). Para a identificação das guildas na ausência de uso preferencial de uma categoria alimentar, os valores do IA_i de algumas categorias foram acumulados. Dessa forma, foram consideradas detritívoras as espécies cujo acumulativo dos índices alimentares de detritos/sedimentos e algas foi maior que os valores das demais categorias. Este agrupamento de recursos se justifica pelo fato de que peixes que

comem detrito possam ingerir conjuntamente algas que se acumulam no substrato (Isaac, 2013). As espécies foram classificadas como invertívora aquática quando o resultado da soma dos valores do IAI de insetos aquáticos e crustáceos foi superior ao das demais categorias. A guilda omnívora foi identificada quando as espécies não mostraram preferência por uma categoria alimentar específica.

Com o intuito de caracterizar e evidenciar a tendência de variação interespecífica no espaço ecomorfológico multivariado foi realizado a Análise de Componentes Principais – ACP, aplicada sobre a matriz de correlação com índices ecomorfológicos log-transformados. Para retenção dos eixos relevantes para interpretação foi adotado o critério *broken-stick*, em que os eixos com autovalores maiores do que os gerados pelo modelo foram selecionados.

Com o objetivo de testar a hipótese de que há relação significativa entre alimentação e forma do corpo das espécies foi aplicado o teste de Mantel, cujo objetivo foi analisar a correlação entre as matrizes trófica e morfológica. Para isso, foram construídas a matriz de distância trófica e de distância morfológica, ambas utilizando os mesmos espécimes. A distância trófica foi calculada a partir da porcentagem de volume de cada categoria alimentar utilizando a distância de *Bray-Curtis*, enquanto a matriz morfológica foi determinada a partir dos índices ecomorfológicos, utilizando a distância Euclidiana média entre cada par de espécies. A ACP e o teste de Mantel foram realizados no programa PC-ORD 5.0 (McCune & Mefford, 2006) e *Statistica 7.1* (StatSoft, 2005).

2.5.2 Dieta e avaliação de padrões morfológicos intraespecíficos

Um segundo teste de Mantel foi aplicado com o intuito de testar a hipótese nula de que não há relação significativa entre alimentação e as variações morfológicas intraespecíficas. Dessa forma, para a confecção da matriz de distância trófica foram utilizados o volume das diferentes categorias alimentares consumidos pelos espécimes e a distância de *Bray-Curtis*. Semelhantemente, para os dados de morfologia foram utilizados os índices e a distância Euclidiana entre cada par de espécimes de cada uma das espécies estudadas. Como anteriormente, ambas as matrizes foram elaboradas com os mesmos indivíduos.

Para determinação da amplitude de nicho trófico foi utilizado o Índice Padronizado de Levins, dado pela expressão proposta por Hurlbert (1978):

$$B_i = [(\sum_j P_{ij}^2)^{-1} - 1] (n - 1)^{-1}$$

Em que B_i representa a amplitude do nicho trófico padronizada, P_{ij} a proporção da categoria alimentar j na dieta da espécie i e n o número total de categorias alimentares. A amplitude varia de zero a um, sendo os valores mais próximos de zero (0) relativos aos peixes que consomem um tipo restrito de alimento e os mais próximos de um (1) relativos aos que consomem de forma similar vários tipos de alimento.

Uma segunda ACP foi realizada sobre a matriz de correlação com índices ecomorfológicos log-transformados, a fim de verificar a variação morfológica intraespecífica através da análise da amplitude morfológica, sendo calculada a dispersão dos escores na ACP, o coeficiente de variação e a distância máxima da população ao centróide. Seguindo o critério adotado na confecção da primeira ACP, a retenção dos eixos foi determinada pelo modelo de *broken-stick*. A partir desta análise foi calculada a distância Euclidiana entre os escores de cada par de espécimes nos quatro primeiros eixos, de acordo com a seguinte expressão matemática:

$$D_{jk} = \left[\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Em que D_{jk} representa a distância Euclidiana entre os espécimes j e k , n corresponde ao número de eixos utilizados para calcular a distância e, x_{ij} e x_{ik} são os valores dos escores de ambos os espécimes no eixo i da ACP (Gotelli & Elisson, 2004).

Com base no cálculo da distância Euclidiana entre os pares de espécimes, foi determinado para cada população: a distância média entre os espécimes e o centróide da população (DMC), a distância média em relação ao vizinho mais próximo (DMVMP) e o desvio padrão da distância média em relação ao vizinho mais próximo (DPDMVMP).

A distância média entre os espécimes e o centróide da população representa o grau de ocupação do espaço ecomorfológico. Dessa forma, valores mais elevados indicam a ocupação de maiores espaços, o que pode estar relacionado à maior diversidade de formas do corpo e nichos ecológicos explorados pela população. O vizinho mais próximo de um espécime é aquele com quem ele apresenta maior semelhança morfológica (menor valor de D) e a média das distâncias entre todos os vizinhos mais próximos representa o grau de empacotamento dos espécimes no espaço ecomorfológico ocupado pela população. Assim, menores valores de DMVMP indicam populações com maior empacotamento dos espécimes no espaço ecomorfológico, isto é, indivíduos tendendo a maior semelhança quanto ao formato corporal.

O desvio padrão da distância média em relação ao vizinho mais próximo é uma forma de medida utilizada para representar a equitabilidade do empacotamento dos espécimes no espaço ecomorfológico. Conseqüentemente, os menores valores estão relacionados às populações em que as distâncias entre os vizinhos mais próximos são mais uniformes.

A tendência de variação dos valores observados de DMC, DMVMP, DPDMVMP (variáveis dependentes) conforme a amplitude de nicho trófico (variável independente) entre as diferentes populações foi analisada por regressões lineares simples, utilizando o programa *Statistica 7.1* (StatSoft, 2005).

3 RESULTADOS

3.1 ORGANIZAÇÃO TRÓFICA E VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS INTERESPECÍFICAS

No total, 506 peixes foram medidos e tiveram seus conteúdos estomacais analisados. O Índice Alimentar (IA_i) evidenciou as diferenças alimentares entre as espécies e como algumas delas são agrupadas conforme o tipo de alimento. Vegetais superiores, algas, crustáceos, insetos aquáticos e outros invertebrados aquáticos foram encontrados na dieta de todas as espécies. *Apistogramma commbrae* consumiu, preferencialmente, insetos aquáticos (IA_i = 70,88%), foi classificada como insetívora aquática. *Hyphessobrycon eques* alimentou-se de grande quantidade de crustáceos (IA_i = 60,30%) e insetos aquáticos (IA_i = 19,35%), e foi classificada como invertívora aquática. *Moenkhausia forestii* alimentou-se de insetos aquáticos (IA_i = 40,37%), vegetais superiores (IA_i = 38,09%), invertebrados terrestres (IA_i = 20,93%) e foi classificada como omnívora. *Pamphorichthys sp.* consumiu maior quantidade de detritos/sedimentos (IA_i = 63,0%), algas (IA_i = 25,15%) em menor proporção, sendo classificada como detritívora. *Serrapinnus calliurus* comeu, essencialmente, algas (IA_i = 89,29%), enquanto *Serrapinnus notomelas* consumiu grande quantidade de algas (IA_i = 71,59%), neste caso, ambas foram classificadas como algívoras (Tabela 1).

A Análise de Componentes Principais realizada com os índices ecomorfológicos (Figura 2) revelou a organização das espécies quanto à forma do corpo e mostrou as principais variáveis responsáveis por determinar o padrão de segregação no espaço multivariado. Os quatro primeiros eixos foram significativos de acordo com o critério *broken-stick*. Os eixos 1 e 2 explicaram, em conjunto, 36,91% e foram utilizados para a caracterização da diversificação morfológica entre as espécies (Tabela 2).

Tabela 1. Composição da dieta e Índice Alimentar calculado para as espécies ocupantes de bancos de macrófitas aquáticas da bacia do alto rio Paraná (V% = porcentagem de volume, F% = frequência de ocorrência, IAi = índice alimentar, NI = não identificados).

Item	<i>Apistogramma commbrae</i>			<i>Hyphessobrycon eques</i>			<i>Pamphorichthys sp.</i>			<i>Moenkhausia forestii</i>			<i>Serrapinnus calliurus</i>			<i>Serrapinnus notomelas</i>		
	V%	F%	IAi	V%	F%	IAi	V%	F%	IAi	V%	F%	IAi	V%	F%	IAi	V%	F%	IAi
Vegetais Superiores	5,33	27,08	1,95	17,36	45,90	14,13	3,05	18,57	0,78	31,28	80,25	38,09	3,92	23,47	1,07	23,86	72,00	20,99
Hifas de fungos	0,50	1,04	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	4,08	0,01	0,78	11,00	0,10
Escamas de peixes	0,94	8,33	0,11	6,30	4,92	0,55	-	-	-	0,06	1,23	0,00	-	-	-	0,19	2,00	0,00
Restos de insetos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01	4,94	0,08	0,27	2,04	0,01	-	-	-
Detritos/sedimentos	3,63	15,63	0,77	3,09	16,39	0,90	52,02	88,6	63,0	-	-	-	-	-	-	4,17	16,00	0,81
Algas	0,56	6,25	0,05	5,05	13,11	1,17	25,25	72,86	25,15	1,13	14,81	0,25	76,52	100,0	89,29	58,62	100,0	71,59
Zygnemaphyceae	0,50	5,21	-	0,94	6,56	-	17,52	71,43	-	1,48	14,81	-	17,12	84,69	-	25,67	95,00	-
Cyanophyceae	-	-	-	2,71	9,84	-	0,81	14,29	-	-	-	-	43,48	97,96	-	22,90	67,00	-
Bacillariophyceae	0,06	1,04	-	1,00	11,48	-	3,14	37,14	-	0,06	3,70	-	12,15	78,57	-	4,95	68,00	-
Dinophyceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	2,04	-	-	-	-
Oedogoniophyceae	-	-	-	0,35	3,28	-	2,70	20,00	-	-	-	-	1,98	12,24	-	3,48	35,00	-
Chlorophyceae	-	-	-	-	-	-	0,81	12,86	-	-	-	-	1,52	18,37	-	1,62	26,00	-
Clamydophyceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	1,02	-	-	-	-
Euglenophyceae	-	-	-	-	-	-	0,27	4,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustáceos	22,31	80,21	24,20	41,50	81,97	60,30	13,84	50,00	9,46	1,11	14,81	0,25	10,81	48,98	6,18	8,71	52,00	5,53
Cladocera	17,73	75,00	-	30,39	80,33	-	13,84	50,00	-	0,77	14,81	-	9,78	44,90	-	8,28	51,00	-
Copepoda	0,25	4,17	-	6,24	29,51	-	-	-	-	0,06	2,47	-	1,03	8,16	-	0,44	6,00	-
Conchostraca	-	-	-	0,35	1,64	-	-	-	-	0,15	1,23	-	-	-	-	-	-	-
Ostracoda	4,32	9,38	-	4,24	11,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amphipoda	-	-	-	0,82	4,92	-	-	-	-	0,17	1,23	-	-	-	-	-	-	-
Insetos aquáticos	61,34	85,42	70,88	20,81	52,46	19,35	5,39	21,43	1,58	37,16	71,60	40,37	2,79	11,22	0,37	2,24	20,00	0,55
Diptera	5,95	14,58	-	4,59	14,75	-	2,52	7,14	-	32,20	62,96	-	0,54	2,04	-	1,00	9,00	-
Chironomidae	33,27	67,71	-	10,95	36,07	-	2,25	10,00	-	0,39	6,17	-	2,25	9,18	-	1,12	11,00	-
Coleoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	1,23	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	20,68	38,54	-	-	-	-	0,18	1,43	-	0,32	1,23	-	-	-	-	0,12	1,00	-
Ephemeroptera	0,94	4,17	-	5,06	8,20	-	-	-	-	3,83	14,81	-	-	-	-	-	-	-
Restos de insetos - NI	0,50	4,17	-	-	-	-	0,45	4,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outros invertebrados aquáticos	4,76	31,25	2,01	5,89	34,43	3,59	0,45	5,71	0,04	0,31	6,17	0,03	5,38	48,98	3,07	1,43	24,00	0,42
Acari	4,39	27,08	-	4,95	26,23	-	-	-	-	0,24	3,70	-	-	-	-	-	-	-
Tecameba	0,38	6,25	-	0,47	6,56	-	0,27	4,29	-	-	-	-	1,96	21,43	-	0,59	10,00	-
Rotifera	-	-	-	-	-	-	0,18	2,86	-	-	-	-	0,36	4,08	-	0,03	1,00	-
Porifera (espículas)	-	-	-	0,41	6,56	-	-	-	-	0,02	1,23	-	3,06	37,76	-	0,81	16,00	-
Invertebrados terrestres	0,63	3,13	0,03	-	-	-	-	-	-	27,93	49,38	20,93	-	-	-	-	-	-
Hymenoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,58	8,64	-	-	-	-	-	-	-
Coleoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,37	13,58	-	-	-	-	-	-	-
Diptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,87	12,35	-	-	-	-	-	-	-
Hemiptera	0,63	3,13	-	-	-	-	-	-	-	5,46	17,28	-	-	-	-	-	-	-
Odonata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,18	2,47	-	-	-	-	-	-	-
Collembola	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,86	1,23	-	-	-	-	-	-	-
Orthoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,87	1,23	-	-	-	-	-	-	-
Homoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	1,23	-	-	-	-	-	-	-
Lepidoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,39	6,17	-	-	-	-	-	-	-
Araneae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	1,23	-	-	-	-	-	-	-
Número de estômagos	96			61			70			81			98			100		

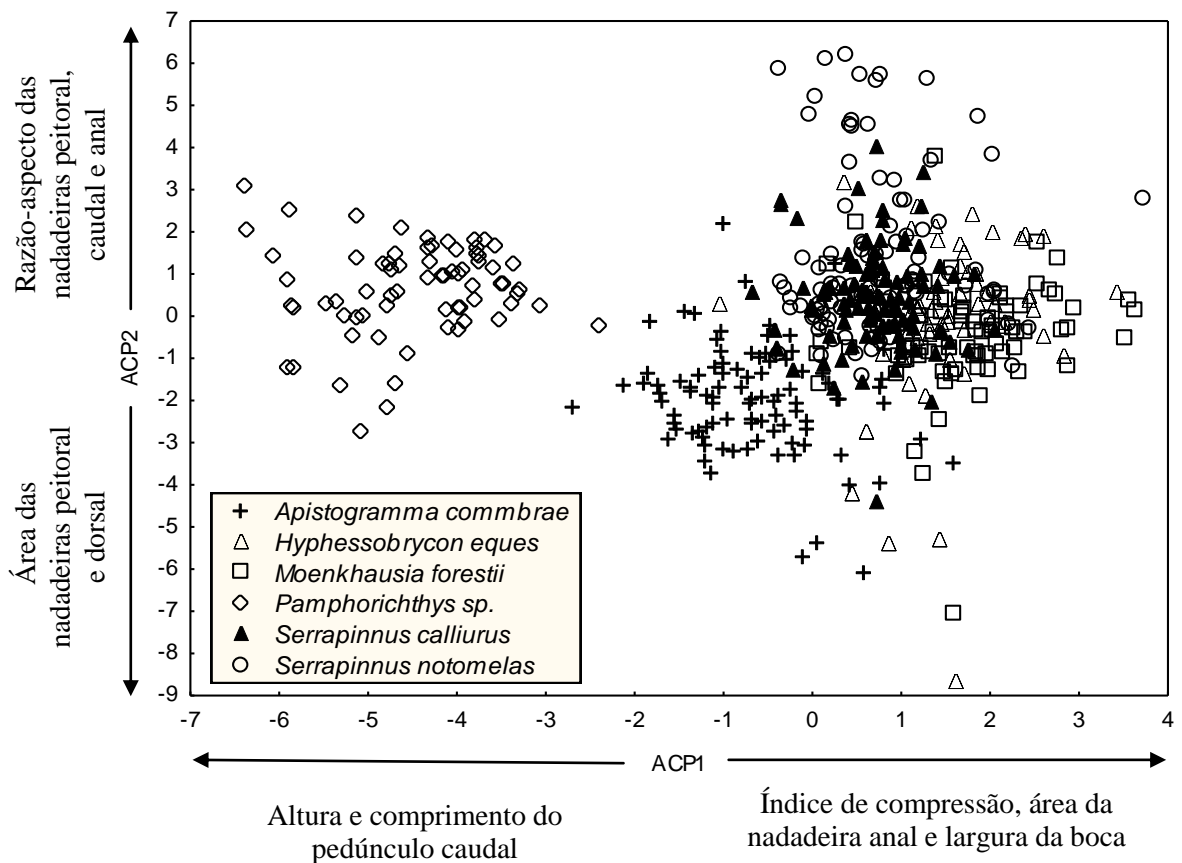


Figura 2. Distribuição dos escores das espécies no espaço ecomorfológico multivariado gerado pelos dois primeiros eixos da ACP. As principais variáveis responsáveis por explicar o padrão de ordenação seguem destacadas em cada eixo.

O eixo 1 demonstrou a segregação morfológica relacionada, principalmente, à forma do tronco, tamanho da nadadeira anal, largura da boca, altura e comprimento do pedúnculo caudal. Dessa forma, as espécies *Hyphessobrycon eques*, *Moenkhausia forestii*, *Serrapinnus calliurus* e *S. notomelas*, cujos escores posicionaram-se no extremo positivo e apresentaram maiores valores para o índice de compressão, área relativa da nadadeira anal e largura relativa da boca. No extremo negativo estiveram *Apistogramma commbrae* e *Pamphorichthys sp.* que apresentaram maiores valores para altura e comprimento relativos de pedúnculo caudal (Figura 2, Tabela 2).

O eixo 2 demonstrou a segregação morfológica referente à forma das nadadeiras peitoral, caudal e anal, bem como ao tamanho das nadadeiras peitoral e dorsal. Assim, as espécies com escores mais positivos: *Pamphorichthys sp.* e *Serrapinnus notomelas* tenderam apresentar maiores valores de razão-aspecto das nadadeiras peitoral, caudal e anal, enquanto *Apistogramma commbrae* que apresentou valores superiores de área das nadadeiras peitoral e dorsal posicionou-se mais no extremo negativo do gradiente (Figura 2, Tabela 2).

O teste de Mantel revelou relação interespecífica significativa ($r = 0,93$; $p = 0,002$) entre a morfologia e o uso de recursos alimentares.

Tabela 2. Autovetores dos eixos mais explicativos (ACP1 e 2) gerados pela ACP. As principais variáveis responsáveis por explicar o padrão de ordenação das espécies estão destacadas em negrito. Os autovalores dos eixos, o autovalor predito por *broken-stick* e a proporção das variâncias explicadas por ambos os eixos são listados na parte inferior da tabela.

Atributos ecomorfológicos	ACP 1	ACP 2
Índice de compressão	0,9006	0,1255
Índice de depressão	-0,3722	-0,0225
Comprimento relativo do pedúnculo caudal	-0,8237	-0,1484
Altura relativa do pedúnculo caudal	-0,9125	-0,0569
Largura relativa do pedúnculo caudal	-0,3012	0,2770
Comprimento relativo da cabeça	0,0678	-0,4057
Altura relativa da cabeça	-0,3199	-0,1923
Largura relativa da cabeça	0,3297	0,1644
Altura relativa da boca	0,0282	-0,1458
Largura relativa da boca	0,6068	-0,1849
Posição vertical do olho	-0,3491	-0,1330
Índice de protrusão	0,4942	0,1866
Área relativa da nadadeira dorsal	0,3032	-0,7373
Área relativa da nadadeira caudal	0,2079	-0,5093
Razão-aspecto da nadadeira caudal	0,3641	0,5162
Área relativa da nadadeira anal	0,6539	-0,5276
Razão-aspecto da nadadeira anal	0,0686	0,5145
Área relativa da nadadeira peitoral	-0,0643	-0,7929
Razão-aspecto da nadadeira peitoral	0,2388	0,6544
Razão-aspecto da nadadeira pélvica	0,0808	0,1793
Área relativa do olho	0,1720	-0,5427
Autovalor	4,3	3,4
Autovalor predito: <i>broken-stick</i>	3,6	2,6
Variância explicada (%)	20,474	16,434
Variância acumulada (%)	20,474	36,908

3.2 RELAÇÃO ENTRE ORGANIZAÇÃO TRÓFICA E VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS INTRASPECÍFICAS

A relação intraespecífica entre morfologia e uso de recursos alimentares foi evidenciada pelo segundo teste de Mantel para todas as espécies ($r > 0,71$ para todas as espécies; $p = 0.001$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados dos testes de Mantel utilizando matrizes de distâncias morfológica e trófica de cada espécie

Espécies	Guildas tróficas	Teste de Mantel	
		<i>r</i>	<i>p</i>
<i>Apistogramma commbrae</i>	Insetívora aquática	0,71	0,0001
<i>Hyphessobrycon eques</i>	Invertívora aquática	0,75	0,0001
<i>Moenkhausia forestii</i>	Omnívora	0,82	0,0001
<i>Pamphorichthys sp.</i>	Detritívora	0,85	0,0001
<i>Serrapinnus calliurus</i>	Algívora	0,74	0,0001
<i>Serrapinnus notomelas</i>	Algívora	0,78	0,0001

O Índice Padronizado de Levins (B_i) revelou as diferentes amplitudes de nicho trófico das espécies. A algívora *Serrapinnus calliurus* apresentou nicho trófico mais estreito ($B_i = 0,11$), seguido da insetívora aquática *Apistogramma commbrae* ($B_i = 0,16$), da algívora *S. notomelas* ($B_i = 0,20$), da omnívora *Moenkhausia forestii* ($B_i = 0,31$), da detritívora *Pamphorichthys sp.* ($B_i = 0,36$) e, por fim, a invertívora aquática *Hyphessobrycon eques*, apresentou maior amplitude de nicho trófico ($B_i = 0,48$).

As diversificações ecomorfológicas calculadas para cada população seguem na Tabela 4. A distância média entre as espécies e o centróide (DMC) da população foi maior em *S. notomelas* e *Pamphorichthys sp.*, indicando a ocupação de maiores espaços ecomorfológicos, o que pode estar relacionado à maior diversidade de formas do corpo e nichos ecológicos explorados nas populações (Figura 3, Tabela 4). A distância média entre os vizinhos mais próximos (DMVMP) que, representa o grau de empacotamento das espécies no espaço ecomorfológico ocupado pela população, foi menor em *S. calliurus*. Este fato indicou que os indivíduos tenderam a maior semelhança quanto ao formato corporal (Figura 3, Tabela 4). O desvio padrão da distância média em relação ao vizinho mais próximo (DPDMVMP) representa a equitabilidade do empacotamento dos espécimes no espaço ecomorfológico. O menor valor foi observado em *S. notomelas* indicando que as distâncias entre os vizinhos mais próximos são mais uniformes.

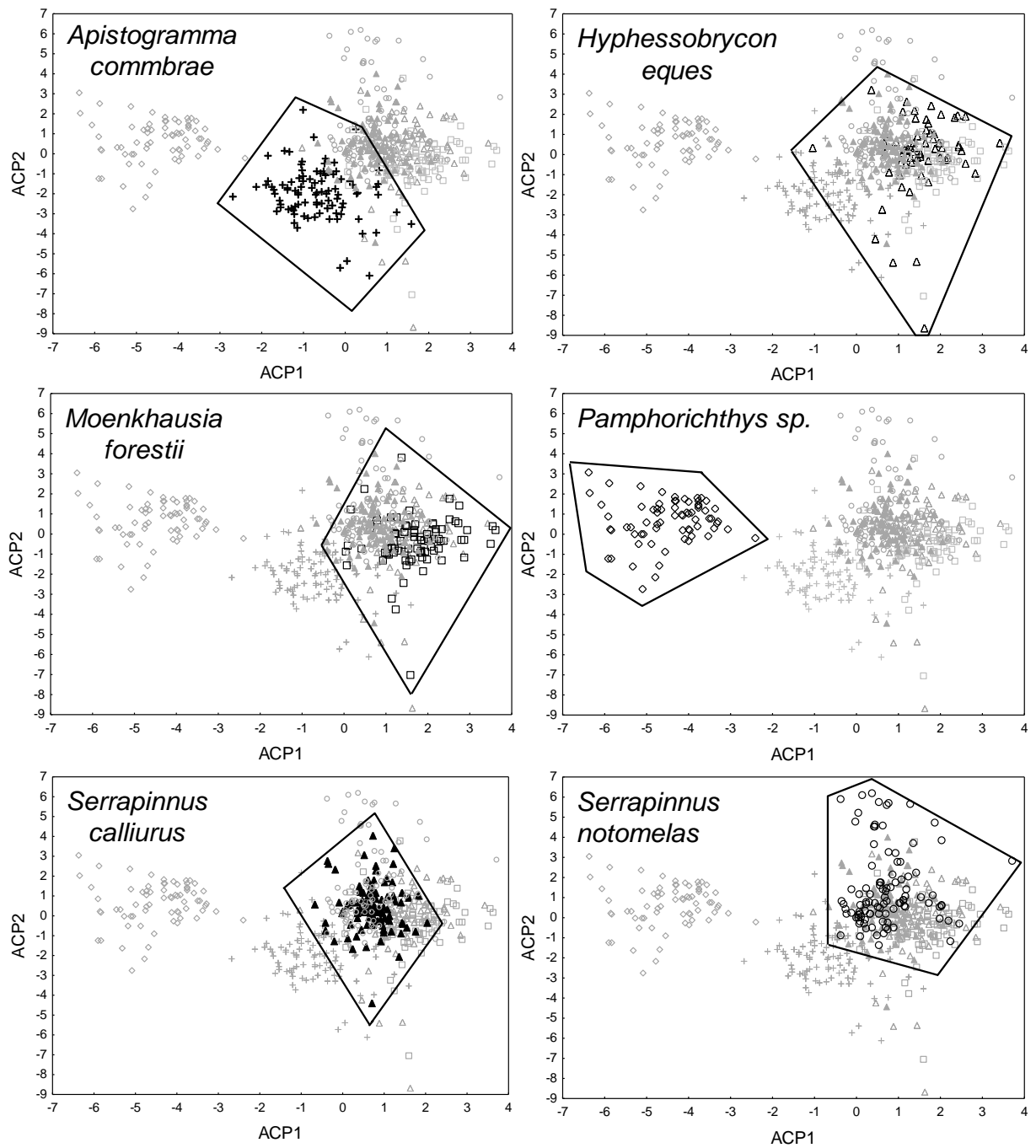


Figura 3. Distribuição dos escores das espécies no espaço ecomorfológico multivariado gerado pelos dois primeiros eixos da ACP. Em cada diagrama, os escores das espécies foram diferenciados por ícones de cor preta. Um polígono foi utilizado para delimitar o espaço ecomorfológico da população.

Tabela 4. Distâncias ecomorfológicas calculadas para cada espécie.

Espécies	DMC	DMVMP	DPDMVMP
<i>Apistogramma commbrae</i>	2,330	0,757	0,223
<i>Hyphessobrycon eques</i>	2,252	0,816	0,282
<i>Moenkhausia forestii</i>	1,813	0,714	0,225
<i>Pamphorichthys sp.</i>	2,514	0,736	0,219
<i>Serrapinnus calliurus</i>	1,610	0,669	0,235
<i>Serrapinnus notomelas</i>	2,559	0,709	0,197

A tendência de variação dos valores observados de DMC, DMVMP, DPDMVMP (variáveis dependentes) conforme a amplitude de nicho trófico (variável independente) entre as diferentes populações analisadas por regressões lineares simples não foi significativa ($p > 0,05$). Este fato indicou que as amplitudes de variações morfológicas e tróficas não estavam significativamente relacionadas (Figura 4).

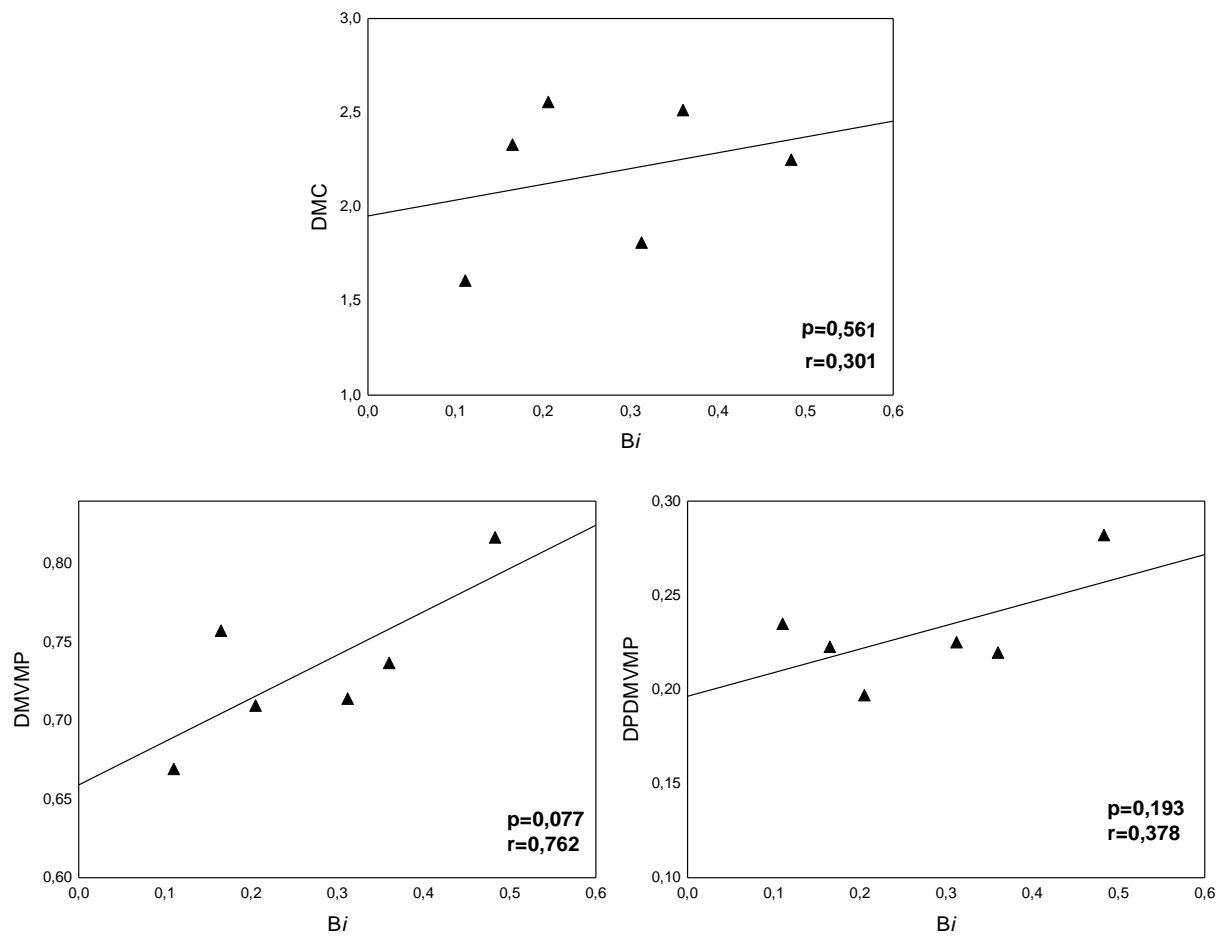


Figura 4. Regressões lineares simples realizadas entre o Índice Padronizado de Levins (B_i) e as distâncias ecomorfológicas calculadas para as populações analisadas. Os valores de significância dos modelos estão destacados (p).

4 DISCUSSÃO

A hipótese de que a morfologia explica as variações na dieta entre as espécies foi corroborada pelas relações significativas entre as matrizes de distâncias trófica e morfológica. Da mesma forma, esta relação foi também significativa para as análises intraespecíficas.

O Índice Alimentar possibilitou a classificação de guildas, algumas das quais foram concordantes com outros trabalhos, tais como para *Hyphessobrycon eques*, invertívora aquática (Casatti *et al.*, 2003), *Serrapinnus notomelas*, algívora (Casatti *et al.*, 2003; Pelicice & Agostinho, 2006) e, congêneres de *Moenkhausia forestii*, omnívora (Luz-Agostinho *et al.*, 2006; Mérona *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2009). Todavia, alguns resultados deste estudo diferiram daqueles presentes na literatura, a exemplo de *H. eques* classificada como invertívora aquática, mas considerada por outros pesquisadores como zooplactívora em bancos de macrófitas aquáticas da mesma planície utilizada neste estudo (Pelicice & Agostinho, 2006; Crippa *et al.*, 2009). *Serrapinnus notomelas*, algívora, foi considerada herbívora consumindo algas e briófitas (Pelicice & Agostinho, 2006) e omnívora com tendência a herbivoria (Brandão-Gonçalves *et al.*, 2010). Essas diferenças alimentares podem ser atribuídas à plasticidade observada em peixes dulcícolas, considerando que características ambientais e a ontogenia podem influenciar no uso de recursos alimentares (Abelha *et al.*, 2001).

A ACP evidenciou que *Pamphorichthys sp.*, detritívora, apresentou pedúnculo caudal maior, o que auxilia na manutenção do corpo ao fundo em ambientes com rápido fluxo de água, que é o seu local típico de forrageio. Também, *Apistogramma commbrae*, insetívora aquática, tendeu apresentar pedúnculo caudal maior, visto que se alimenta, principalmente, de larvas de Chironomidae e Trichoptera que vivem associadas ao substrato. Esta espécie apresentou maiores nadadeiras peitorais que podem estar diretamente associadas a frenagens e acelerações (Gatz, 1979, Watson & Balon, 1984) e, maiores nadadeiras dorsal, que conferem maior capacidade de estabilização e frenagens em acelerações (Breda *et al.*, 2005), essenciais para quem precisa de equilíbrio para aumentar a eficiência de exploração do fundo tendo que minimizar os efeitos da corrente e fluxo.

Os Characiformes *H. eques*, *M. forestii*, *Serrapinnus calliurus* e *S. notomelas*, foram caracterizados por apresentarem corpos comprimidos que são esperados em peixes que ocupam ambientes lênticos e permitem maior eficácia de movimentos verticais (Gatz, 1979; Watson & Balon, 1984), pois tal característica proporciona menor resistência ao realizar uma

manobra como arfagem (movimentos dorso-ventrais) ou guinada (laterais) (Alexander, 1967). Dessa forma, facilita a ocupação de ambientes estruturados como bancos de macrófitas aquáticas que se desenvolvem em locais de menor fluxo de água (Esguícero & Arcifa, 2010). Não obstante, também, apresentaram maiores nadadeiras anais, o que implica em maior capacidade de manobrabilidade e estabilização do movimento (Breda, 2005), provavelmente, facilitando o deslocamento nesses habitats estruturados. Apresentaram ainda, maiores larguras da boca que são encontrados em espécies que se alimentam de presas relativamente maiores (Gatz, 1979). *Serrapinnus notomelas* tendeu apresentar nadadeiras peitorais mais longas e estreitas que estão associadas à maior velocidade de natação (Breda *et al.*, 2005), nadadeira caudal bifurcada que é, geralmente, indicativo de bons nadadores para natação contínua (Breda *et al.*, 2005) e, maior nadadeira anal que conferem maior capacidade de realizar movimentos progressivos e retrógrados com rapidez (Breda, 2005). Este grupo compõe as guildas invertívoro aquático, omnívoro e algívoro. A maior eficiência em realizar movimentos verticais e a grande capacidade natatória, conferida pelas características morfológicas, podem ter possibilitado a utilização de uma ampla variedade de recursos explicando o enquadramento desses peixes Characiformes nestas guildas.

Não houve relação significativa entre a amplitude morfológica demonstrada pelas distâncias ecomorfológicas e a amplitude de nicho trófico dentro de cada espécie, rejeitando-se assim, a segunda hipótese proposta.

A amplitude de nicho trófico em *S. calliurus*, algívora, foi estreita ($B_i = 0,11$), visto que consumiu grande quantidade de algas (IAi 89,29%). A ocupação do espaço ecomorfológico também foi relativamente menor (DMC = 1,61) tendo em vista a maior semelhança de formato corporal (DMVMP = 0,66) entre os espécimes. Diferentemente, *H. eques*, invertívora aquática, apresentou maior amplitude de nicho trófico ($B_i = 0,48$), pois consumiu grande quantidade de crustáceos (Cladocera e Copepoda), insetos aquáticos (Diptera – Chironomidae, Ephemeroptera) e vegetais superiores em menor proporção. Esta espécie apresentou diversificação morfológica relativamente elevada (DMC = 2,25) e os resultados indicaram que maior diversidade morfológica possibilita incremento de itens alimentares aumentando a amplitude de nicho trófico.

Por outro lado, *Serrapinnus notomelas*, algívora, apresentou amplitude de nicho trófico estreita ($B_i = 0,20$) e a maior diversidade morfológica (DMC = 2,55) ocupando maior espaço ecomorfológico e, também, maior equitabilidade (DPDMVMP = 0,19) na distribuição dos espécimes com relação ao formato corporal, assim como *Pamphorichthys sp.*. Dessa forma, Liem (1980), um dos primeiros a observar que alguns especialistas morfológicos

comportavam-se como generalistas tróficos entre táxons de peixes, argumentou que o meio aquático oferece aos peixes diferentes oportunidades para captura de presas, proporcionando maior versatilidade da morfologia trófica do que a outros vertebrados (Liem, 1980, 1990). De acordo com Colborne *et al.* (2013), as características morfológicas, muitas vezes, apresentam múltiplas funções ecológicas, o que poderia resultar em "escolhas" entre essas funções. Robinson e Wilson (1998) sugeriram que as especializações alimentares devam ocorrer quando não há "escolhas" entre o uso de recursos preferenciais e não-preferenciais, ou seja, um peixe com morfologia altamente especializada pode apresentar alimentação especialista, ou mesmo generalista, porque nesse último caso alguns recursos podem ser difíceis de explorar, mesmo por um especialista.

Embora em interpretações isoladas pareça haver relações intraespecíficas entre as amplitudes morfológicas e tróficas, não foi observada relação significativa para o conjunto de espécies através das análises estatísticas utilizadas. Considerando que a morfologia das espécies é associada ao uso do hábitat e a disponibilidade de recursos (Gatz, 1979), a incompatibilidade pode ter ocorrido por interferências nestes fatores. Binning & Chapman (2010) sugeriram que a incompatibilidade entre morfologia e dieta possa ocorrer entre diferentes populações de uma mesma espécie, por razões como a sazonalidade de recursos, plasticidade fenotípica e complexas interações indiretas.

Segundo a Teoria de Forrageamento Ótimo, a abundância ou escassez de alimento interferem na amplitude de nicho trófico das espécies, as quais em ambientes com recursos abundantes consomem alimentos específicos apresentando nicho trófico mais estreito (MacArthur & Pianka, 1966; Schoener, 1971). Este fato pode ter ocorrido com *S. notomelas* e *A. commbrae* que apresentaram diversidades morfológicas (DMC) relativamente grandes, mas nichos estreitos. Entretanto, em locais com escassez de recursos as espécies podem incrementar itens alimentares em sua dieta que, por sua vez, aumentam a amplitude de nicho (MacArthur & Pianka, 1966; Schoener, 1971). Isto pode ter ocorrido com *H. eques* e *Pamphorichthys sp.* que possuíram relativamente grandes diversidades morfológicas e nichos menos estreitos, permitindo o consumo de diferentes itens.

Com base nisso, conclui-se que a morfologia das espécies explica o uso de recursos alimentares e a ecomorfologia se revela uma ferramenta fundamental para melhor compreensão da relação morfologia/dieta e deve ser utilizada associada a análises de abundâncias de recursos, considerando que no presente estudo, espécies com pequena e grande diversidade morfológica apresentaram nicho trófico estreito e que a disponibilidade dos recursos pode ter sido decisiva para o consumo. A ecomorfologia intraespecífica deve ser

mais bem estudada, a fim de entender melhor as complexas relações entre especializações e generalizações morfológicas e ecológicas. Sugere-se que espécies com maior diversidade morfológica possam apresentar maior nicho trófico em ambientes com menor disponibilidade de recursos alimentares e em ambientes com abundância de recursos o nicho possa ser estreito por preferências de forrageio. Para isso, em pesquisas futuras recomendam-se explorar a morfologia interna que é fundamental para o consumo alimentar e externa, abundância de recursos, sazonalidade e variação espacial no uso desses recursos.

REFERÊNCIAS

- Abelha, M. C. F.; Agostinho, A. A.; Goulart, E. (2001). Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, n. 2, pp. 425-434.
- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C.; Julio Jr, H. F. (2003). Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. *In*: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: EDUEM, pp. 261 - 279.
- Alexander, R. McN. (1967). Functional design in fishes. London: Hutchinson University Library. 160p.
- Araújo, M.; Guimarães-Jr, P.; Svanbäck, R.; Pinheiro, A.; Guimarães, P.; Reis, S.; Bolnick, D. (2008). Network analysis reveals contrasting effects of intraspecific competition on individual vs. population diets. **Ecology**, v. 89, n. 7, pp. 1981–1993.
- Autodesk. (2012). **AutoCAD**: graphic computation. Version 2012. San Rafael, Autodesk Inc.
- Benine, R. C.; Mariguela, T. C.; Oliveira, C. (2009). New species of *Moenkhausia* Eigenmann, 1903 (Characiformes: Characidae) with comments on the *Moenkhausia oligolepis* species complex. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 2, pp. 161-168.
- Binning, S. A.; Chapman, L. J. (2010). Is intraspecific variation in diet and morphology related to environmental gradients? Exploring Liem's paradox in a cichlid fish. **Integrative Zoology**, v. 5, pp. 241-255.
- Bolnick, D. I.; Svanback, R.; Araujo, M. S.; Persson, L. (2007). Comparative support for the niche variation hypothesis that more generalized populations also are more heterogeneous. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 104, pp. 10075–10079.
- Bonecker, C. C.; Lansac-Tôha, F. A. (1996). Community structure of rotifers in two environments of the upper River Paraná foodplain (MS) – Brazil. **Hydrobiologia**, v. 325, pp. 137-150.
- Bourke, P., Mangan, P.; Rodriguez, M. A. (1997). Individual variations in habitat use and morphology in brook charr. **Journal of Fish Biology**, v.51, pp. 783-794.

Brandão-Gonçalves, L.; Oliveira, S. A.; Lima-Junior, S. E. (2010). Hábitos alimentares da ictiofauna do córrego Franco, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, pp. 21-30.

Breda, L. (2005). **Ecomorfologia de *Astyanax altiparanae*, *Moenkhausia intermedia*, *Roeboides paranensis* e *Serrasalmus marginatus* (Osteichthyes-Characidae) da planície alagável do alto rio Paraná, Brasil: variações inter e intra-específica**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. 30p. Dissertação de Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Breda, L.; Oliveira, E. F.; Goulart, E. (2005). Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotrópicas. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n.4, pp. 371-381.

Britski, H. A.; Silimon, K. Z. S.; Lopes, B. S. (2007). **Peixes do Pantanal: manual de identificação**. Segunda edição. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. 227p.

Casatti, L.; Mendes, H. F.; Ferreira, K. M. (2003). Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana reservoir, Paranapanema river, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 2, pp. 213-222.

Cochran-Biederman, J. L.; Winemiller, K. O. (2010). Relationships among habitat, ecomorphology and diets of cichlids in the Bladen River, Belize. **Environmental Biology of Fishes**, v. 88, pp. 143-152.

Colborne, S. F.; Peres-Neto, P. R.; Longstaffe, F. J.; Neff, B. D. (2013). Effects of foraging and sexual selection on ecomorphology of a fish with alternative reproductive tactics. **Behavioral Ecology**, v. 24, n. 6, pp. 1339–1347.

Crippa, V. E. L.; Hahn, N. S.; Fugi, R. (2009). Food resource used by small-sized fish in macrophyte patches in ponds of the upper Paraná river floodplain. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 2, pp. 119-125.

Dennison, M. D.; Baker, A. J. (1991). Morphometric variability in continental and Atlantic island populations of chaffinches (*Fringilla coelebs*). **Evolution**, v. 45, pp. 29–39.

Drewe K. E.; Horn, M. H.; Dickson, K. A.; Gawlicka, A. (2004). Insectivore to frugivore: ontogenetic changes in gut morphology and digestive enzyme activity in the characid fish *Brycon guatemalensis* from Costa Rican rain forest streams. **Journal of Fish Biology**, v. 64, n. 4, pp. 890–902.

Esguícero, A. L. H.; Arcifa, M. S. (2010). Which is the best environment for the development of the early life stages of fish during the dry season? **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 3, pp. 267-275.

Esteves, F. A. (1988). **Fundamentos de Limnologia**. Editora Interciência: FINEP, Rio de Janeiro. 575p.

Fugi, R.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (2001). Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n.1, pp. 27-33.

- Gatz, A. J. (1979). Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane Studies in Zoology and Botany**, v. 21, n. 2, pp. 91-124.
- Gerking, S. D. (1994). **Feeding Ecology of Fish**. Academic Press, San Diego, CA. 399p.
- Gomiero, L. M.; Garuana, L.; Braga, F. M. S. (2008). Reproduction of *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) (Characiforms) in the Serra do Mar State Park, São Paulo, **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 1, pp. 187-192.
- Gotelli, N. J.; Ellison, A. M. (2004). **A primer of ecological statistics**. Massachusetts, Publishers Sunderland, 479p.
- Graça, W. J.; Pavanelli, C. S. (2007). **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 241p.
- Griffen, B. D.; Mosblack, H. (2011). Predicting diet and consumption rate differences between and within species using gut ecomorphology. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, pp. 854–863.
- Hellawell, J. M.; Abel, R. (1971). A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 3, pp. 29-37.
- Hurlbert, S. H. (1978). The measurement of niche overlap and some relatives. **Ecology**, v. 59, pp. 67–77.
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, pp. 411-429.
- Isaac, A. (2013). **Metodologias de classificação de peixes em guildas tróficas para uso em estudos ecológicos e avaliações ambientais**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. 39p. Tese de Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.
- Junk, W. J. (1973). Investigations on the ecology and production-biology on the 'Floating Meadows' (*Paspalo-Echinochloetum*) on the Middle Amazon. **Amazoniana**, v.4, pp. 9-102.
- Kawakami, E.; Vazzoler, G. (1980). Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia**, São Paulo, v. 29, n. 2, pp. 205-207.
- Lansac-Tôha, F. M.; Velho, L. F. M.; Bonecker, C. C. (2003). Influência de macrófitas aquáticas sobre a estrutura da comunidade zooplanctônica. *In*: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: EDUEM, pp. 231-242.
- Liem, K. F. (1980). Adaptive significance of intraspecific and interspecific differences in the feeding repertoires of cichlid fishes. **American Zoologist**, v. 20, n. 1, pp. 295-314.
- Liem, K. F. (1990). Aquatic versus terrestrial feeding modes: possible impacts on the trophic ecology of vertebrates. **American Zoologist**, v. 30, pp. 209-21.
- Luz-Agostinho, K. D. G.; Bini, L. M.; Fugi, R.; Agostinho, A. A.; Júlio Jr, H. F. (2006). Food spectrum and trophic structure of the ichthyofauna of Corumbá reservoir, Paraná river Basin, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 1, pp. 61-68.

- MacArthur, R. H.; Pianka, E. R. (1966). On optimal use of a patchy environment. **American Naturalist**, v. 100, pp. 603–609.
- Maldonado, E.; Hubert, N.; Sagnes, P.; Mérona, B. (2009). Morphology–diet relationships in four killifishes (Teleostei, Cyprinodontidae, *Orestias*) from Lake Titicaca. **Journal of Fish Biology**, v. 74, pp. 502–520.
- McCune, B.; Mefford, M. J. (2006). **PC-ORD**. Multivariate Analysis of Ecological Data. version 5.0, MjM Software, Gleneden Beach, Oregon.
- Mérona, B.; Santos, G. M.; Almeida, R. G. (2001). Short term effects of Tucuruí dam (Amazonia, Brazil) on the trophic organization of fish communities. **Environmental Biology of Fish**, v. 60, pp. 375-392.
- Mérona, B.; Hugueny, B.; Tejerina-Garro, F. L.; Gautheret, E. (2008). Diet-morphology relationship in a fish assemblage from a medium-sized river of French Guiana: the effect of species taxonomic proximity. **Aquatic Living Resources**, n. 21, pp. 171–184.
- Mise, F. T.; Fugi, R.; Pagotto, J. P. A.; Goulart, E. (2013). A coexistência de espécies endêmicas de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) é propiciada por variações tróficas e ecomorfológicas. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, pp. 21-28.
- Mitsch, W. J.; Gosselink, J. G. (1993). **Wetlands**. New York: Van Nostrand Reinhold, 2 ed. 722p.
- Montag, L. F. A.; Freitas, T. M. S.; Raiol, R. D. O.; Silva, M. V. (2011). Length-weight relationship and reproduction of the guppy *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in urban drainage channels in the Brazilian city of Belém. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 3, pp. 93-97.
- Montaña, C. G.; Winemiller, K. O. (2010). Local-scale habitat influences morphological diversity of species assemblages of cichlid fishes in a tropical floodplain river. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 19, pp. 216-227.
- Montaña, C. G.; Winemiller, K. O. (2013). Evolutionary convergence in Neotropical cichlids and Nearctic centrarchids: evidence from morphology, diet, and stable isotope analysis. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 109, pp. 146–164.
- Motta, P. J.; Norton, S. F.; Luczkovich, J. J. (1995). Perspectives on the ecomorphology of bony fishes. **Environmental Biology of Fishes**, v. 44, pp. 11–20.
- Novakowski, G. C.; Fugi, R.; Hahn, N. S. (2004). Diet and dental development of three species of *Roeboides* (Characiformes: Characidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 2, n. 3, pp. 157-162.
- Oliveira, E. F. (2005). **Padrões ecomorfológicos da assembléia de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil**: efeitos das estruturas trófica, espacial e filogenética. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 64p. Tese de doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

- Oliveira, E. F.; Goulart, E.; Breda, L.; Minte-Vera, C. V.; Paiva, L. R. S.; Vismara, M. R. (2010). Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, pp. 569-586.
- Pagotto, J. P. A.; Goulart, E.; Oliveira, E. F.; Yamamura, C. B. (2009). A ecomorfologia como ferramenta para análise da estrutura de assembleias. *In*: Lansac-Tôha, F. A.; Benedito, E.; Oliveira, E. F. (Org.). **Contribuições da história da ciência e das teorias ecológicas para a Limnologia**. Maringá: EDUEM. pp. 327-346.
- Pagotto, J. P. A.; Goulart, E.; Oliveira, E. F.; Yamamura, C. B. (2011). Trophic ecomorphology of Siluriformes (Pisces, Osteichthyes) from a tropical stream. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, pp. 469-479.
- Pelicice, F. M.; Agostinho, A. A. (2006). Feeding ecology of fishes associated with *Egeria spp.* patches in a tropical reservoir, Brazil. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 15, pp. 10–19.
- Peres-Neto, P. R., (1999). Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riacho. *In*: Caramaschi, E. P.; Mazzoni, R.; Peres-Neto, P. R. (Eds.). **Série Oecologia Brasiliensis: ecologia de peixes de riachos**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ. v. 6, pp. 209-236.
- Pouilly, M.; Lino, F.; Bretenoux, J. G.; Rosales, C. (2003). Dietary–morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. **Journal of Fish Biology**, v. 62, pp. 1137–1158.
- Robinson, B. W.; Wilson, D. S. (1998). Optimal foraging, specialization, and a solution to Liem’s paradox. **American Naturalist**, v. 151, pp. 223–35.
- Rodrigues, L.; Bicudo, D. C. (2004). Periphitic algae. *In*: Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N.S. (Eds.). **The Upper Paraná River and its Foodplain: Physical Aspects, Ecology and Conservation**. Backhuys Publishers Leiden, pp. 125-143.
- Sampaio, A. L. A.; Pagotto, J. P. A.; Goulart, E. (2013). Relationships between morphology, diet and spatial distribution: testing the effects of intra and interspecific morphological variations on the patterns of resource use in two Neotropical Cichlids. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 2, pp. 351-360.
- Santos, C. L.; Santos, I. A.; Silva, C. J. (2009). Ecologia trófica de peixes ocorrentes em bancos de macrófitas aquáticas na baía Caiçara, Pantanal Mato-Grossense. **Brazilian Journal of Biosciences**, v. 7, n. 4, pp. 473-476.
- Savino, J. F.; Stein, R. A. (1982). Predator-prey interaction between largemouth bass and bluegill as influenced by simulated, submersed vegetation. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, v. 111, n. 3, pp. 255-266.
- Schoener, T. W. (1971). Theory of feeding strategies. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 2, pp. 369–404.
- Statsoft, Inc, (2005). **Statistica (data analysis software system)**, version 7.1.
- Svanbäck, R.; Bolnick, D. I. (2005). Intraspecific competition affects the strength of individual specialization: an optimal diet theory model. **Evolutionary Ecology Research**, v. 7, pp. 993–1012.

Takeda, A. M.; Souza-Franco, G. M.; Melo, S. M.; Monkolski, A. (2003). Invertebrados associados às macrófitas aquáticas da planície de inundação do alto rio Paraná (Brasil). *In*: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.), **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: EDUEM, p. 243-260.

Van Valen, L. (1965). Morphological variation and width of ecological niches. **American Naturalist**, v. 99, pp. 377–390.

Vitule, J. R. S.; Braga, M. R.; Aranha, J. M. R. (2008). Ontogenetic, spatial and temporal variations in the feeding ecology of *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Teleostei: Characidae) in a Neotropical stream from the Atlantic rainforest, southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 2, pp. 211-222.

Wainwright, P. C. (1999). Ecomorphology of prey capture in fishes. pp. 375-387. *In*: Saksena, E. (Ed.). **Advances in Ichthyological Research**. Jiwaji University Press, Gwalior India.

Watson, D. J.; Balon, E. K. (1984). Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**, v. 25, pp. 371-384.

Winemiller, K. O. (1991). Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, v. 61, n. 4, pp. 343-365.

Wootton, R. J. (1992). **Ecology of Teleost Fishes**. Chapman & Hall, London, UK. 404p.

ANEXO A - Classificação taxonômica das espécies coletadas na planície de inundação do alto rio Paraná e respectivos números de lote do material testemunho

Táxon	Material testemunho
CHARACIFORMES	
Characidae	
<i>Moenkhausia forestii</i> Benine, Mariguela & Oliveira, 2009	NUP 017081, 017087, 017091, 017096, 017100
<i>Hyphessobrycon eques</i> (Steindachner, 1882)	NUP 017080, 017086, 017090, 017099
Cheirodontinae	
<i>Serrapinnus calliurus</i> (Boulenger, 1900)	NUP 017083, 017092, 017102
<i>Serrapinnus notomelas</i> (Eigenmann, 1915)	NUP 017084, 017098, 017103
CYPRINODONTIFORMES	
Poecillidae	
<i>Pamphorrichthys</i> sp.	NUP 017082, 017088, 017094, 017097, 017101

PERCIFORMES

Cichlidae

Geophaginae

Apistogramma commbrae (Regan, 1906)

NUP 017079, 017085, 017089,
017093, 017095

ANEXO B - Medidas morfométricas lineares e áreas tomadas

1. **CP - Comprimento padrão:** Distância da extremidade anterior da cabeça ao término do pedúnculo caudal.
 2. **AIMCp - Altura máxima do corpo:** Maior distância vertical perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
 3. **AILM - Altura da linha mediana do corpo:** Distância do ventre até a linha horizontal que se estende da extremidade anterior da cabeça ao término do pedúnculo caudal (no ponto de altura máxima do corpo).
 4. **LMCp - Largura máxima do corpo:** Maior distância horizontal perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
 5. **CPd - Comprimento do pedúnculo caudal:** Distância do ponto mais posterior da base da nadadeira anal até o término do pedúnculo caudal.
 6. **AlPd - Altura do pedúnculo caudal:** Menor altura do pedúnculo.
 7. **LPd - Largura do pedúnculo caudal:** Medida horizontal do pedúnculo no ponto de menor altura, perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
 8. **AIC - Altura da nadadeira caudal:** Maior distância vertical perpendicular ao eixo do comprimento da nadadeira caudal.
 9. **CA - Comprimento da nadadeira anal:** Maior distância ântero-posterior da nadadeira anal.
 10. **CPt - Comprimento da nadadeira peitoral:** Maior distância da base da nadadeira peitoral até sua extremidade distal.
 11. **CPv - Comprimento da nadadeira pélvica:** Maior distância da base da nadadeira pélvica até sua extremidade distal.
 12. **CCb - Comprimento da cabeça:** Distância da extremidade anterior da cabeça até a porção posterior do opérculo.
 13. **AICb - Altura da cabeça:** Medida vertical na linha dos olhos.
 14. **LCb - Largura da cabeça:** Distância horizontal na região dos olhos, perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
 15. **AIO - Altura dos olhos em relação à cabeça:** Distância vertical do centro do olho até a parte ventral da cabeça.
-

-
16. **AlBo - Altura da boca:** Maior distância vertical (dorso-ventral) da abertura bucal.
 17. **LBo - Largura da boca:** Maior distância horizontal (lateral) da abertura bucal.
 18. **AD - Área da nadadeira dorsal:** Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira dorsal.
 19. **AC - Área da nadadeira caudal:** Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira caudal.
 20. **AA - Área da nadadeira anal:** Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira anal.
 21. **APt - Área da nadadeira peitoral:** Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira peitoral.
 22. **APv - Área da nadadeira pélvica:** Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira pélvica.
 23. **AO - Área do olho:** Área delimitada pelo contorno externo do olho.
-

ANEXO C - Índices ecomorfológicos

Índice de compressão (IC) - AIMCp/LMCp: Altos valores indicam compressão lateral do corpo, o que é esperado para peixes que habitam ambientes lênticos (Watson & Balon, 1984).

Índice de depressão (ID) - AILM/AIMCp: Baixos valores indicam espécies com corpos deprimidos, o que é esperado para peixes que exploram habitats com rápido fluxo de água (Watson & Balon, 1984; Oliveira, 2005).

Comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPd) - CPd/CP: Grandes pedúnculos caudais estão associados a peixes adaptados a locais com rápido fluxo de água, em função da necessidade de arranques em curto deslocamento (Watson & Balon, 1984; Oliveira, 2005).

Altura relativa do pedúnculo caudal (AIRPd) - AIPd/AIMCp: Baixos valores indicam alta capacidade de manobrabilidade (Oliveira, 2005).

Largura relativa do pedúnculo caudal (LRPd) - LPd/LMCp: Altos valores indicam nadadores contínuos (Oliveira, 2005).

Área relativa da nadadeira dorsal (ARD) - AD/(CP)²: Espécies com áreas de nadadeiras dorsais relativamente grandes apresentam maior capacidade de estabilização e frenagens em acelerações (Breda *et al.*, 2005).

Área relativa da nadadeira caudal (ARC) - AC/(CP)²: Grandes áreas de nadadeiras caudais são importantes para aceleração (Breda *et al.*, 2005; Oliveira, 2005).

Razão-aspecto da nadadeira caudal (RAC) - (AIC)²/AC: Peixes que apresentam altos valores para este índice possuem nadadeiras caudais com tendência à bifurcação, sendo, geralmente, bons nadadores para natação contínua. Por outro lado, espécies com baixos valores para este índice apresentam nadadeiras com maiores áreas, e exibem excelente desempenho para aceleração (Breda *et al.*, 2005).

Área relativa da nadadeira anal (ARA) - AA/(CP)²: Áreas relativas maiores implicam em maior capacidade de manobrabilidade e estabilização do movimento (Breda, 2005).

Razão-aspecto da nadadeira anal (RAA) - (CA)²/AA: Razões-aspecto maiores implicam em maior capacidade de realizar movimentos progressivos e retrógrados com rapidez (Breda, 2005).

Área relativa da nadadeira peitoral (ARPt) - APt/(CP)²: Áreas maiores podem estar diretamente

associadas a frenagens e acelerações (Gatz Jr., 1979, Watson & Balon, 1984).

Razão-aspecto da nadadeira peitoral (RAPt) - $(CPt)^2/APt$: Alta razão-aspecto representa nadadeira peitoral longa e estreita. Os maiores valores para este índice estão associados à maior velocidade de natação (Breda *et al.*, 2005).

Razão-aspecto da nadadeira pélvica (RAPv) - $(CPv)^2/APv$: Altos valores representam nadadeiras longas, e estão associados a frenagens (Gatz Jr., 1979).

Comprimento relativo da cabeça (CRCb) - CCb/CP : Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Gatz, 1979; Watson & Balon, 1984).

Altura relativa da cabeça (AIRCb) - $AICb/ALMCp$: Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Oliveira, 2005).

Largura relativa da cabeça (LRCb) - $LCb/LMCp$: Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Oliveira, 2005).

Altura relativa da boca (AIRBo) - $AlBo/ALMCp$: Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Gatz Jr., 1979, Watson & Balon, 1984). Menores valores estão associados à maior capacidade de sucção (Norton & Brainerd, 1993).

Largura relativa da boca (LRBo) - $LBo/LMCp$: Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Gatz Jr., 1979). Menores valores estão associados à maior capacidade de sucção (Norton & Brainerd, 1993).

Posição vertical do olho (PVO) - $AIO/AICb$: Índice associado à posição de forrageamento na coluna d'água. Maiores valores representam espécies com olhos dorsais (Gatz Jr., 1979, Watson & Balon, 1984).

Área relativa do olho (AO) - $AO/(CP)^2$: Índice associado diretamente à capacidade visual e a detecção do alimento na coluna d'água. Valores mais elevados indicam espécies com maior acuidade visual (Pankhurst, 1989).

Índice de protrusão (IP) - CFA/CFF : Assume altos valores para peixes que se alimentam de presas menores, ou seja, os que protraem mais a mandíbula e maxilares se alimentam de presas pequenas em detrimento aos que não protraem ou protraem menos que se alimentam de presas maiores (Gatz-Jr., 1979).
