



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**ESTRUTURAÇÃO ECOMORFOLÓGICA DE UMA COMUNIDADE DE PEIXES DO**  
**RIO MUNIM, ESTADO DO MARANHÃO**

**Chapadilha - MA**  
**2013**

**DIEGO SOUSA CAMPOS**

**ESTRUTURAÇÃO ECOMORFOLÓGICA DE UMA COMUNIDADE DE PEIXES DO  
RIO MUNIM, ESTADO DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Maranhão, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes

**Chapadilha - MA  
2013**

**DIEGO SOUSA CAMPOS**

**ESTRUTURAÇÃO ECOMORFOLÓGICA DE UMA COMUNIDADE DE PEIXES DO  
RIO MUNIM NO LESTE MARANHENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Maranhão,  
como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes (Orientador) - UFMA

---

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski - UFMA

---

Prof. Dr. Luis Fernando Carvalho Costa – UFMA

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

*Aos melhores pais do mundo,*

*Manoel Silva Campos e Ana Cleide Marinho de Sousa*

*pelo sacrificio e amor investidos.*

Epigrafe

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>AGRADECIMENTOS</b> .....                                 | <b>6</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                               | <b>7</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....                               | <b>9</b>  |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                     | <b>11</b> |
| <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....                            | <b>12</b> |
| <b>Área de estudo</b> .....                                 | <b>12</b> |
| <b>Captura dos exemplares</b> .....                         | <b>14</b> |
| <b>Medição dos exemplares</b> .....                         | <b>16</b> |
| <b>Morfometria e atributos ecomorfológicos</b> .....        | <b>16</b> |
| <b>Análise dos dados</b> .....                              | <b>18</b> |
| <b>RESULTADOS</b> .....                                     | <b>19</b> |
| <b>Caracterização dos padrões ecomorfológicos</b> .....     | <b>23</b> |
| <i>Peixes de corpo Alto, lateralmente comprimidos</i> ..... | <b>23</b> |
| <i>Peixes de corpo Fusiforme e alongado</i> .....           | <b>26</b> |
| <i>Peixes de corpo Deprimido e pedúnculo longo</i> .....    | <b>29</b> |
| <b>DISCUSSÃO</b> .....                                      | <b>31</b> |
| <b>AGRADECIMENTOS</b> .....                                 | <b>35</b> |
| <b>LITERATURA CITADA</b> .....                              | <b>35</b> |

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela graça em tudo o que me permitiu viver e por toda a paz e necessária para buscar os meus objetivos, sem perder a honra, o senso de justiça e amor ao próximo.

Ao grande amigo e orientador Dr. Jorge Luiz Silva Nunes pelo grande investimento humano e material, pelo empenho na instrução, nas horas e horas de boas conversas e conselhos, sobre a vida em geral e a vida acadêmica. Além dos exemplos de caráter, credibilidade, hombridade, determinação e insistência na busca pelo melhor.

Aos meus pais por toda a força, incentivo e sacrifício para me permitir chegar além do que eles mesmos sonharam. Apesar da tristeza por várias ocasiões em que tive e terei que abrir mão da maravilhosa companhia de vocês, a alegria de saber que vocês existem é o combustível que preciso pra acalmar a saudade nos dias em que não dormimos sob o mesmo teto. A alegria é mútua!

Aos amigos e colegas do Laboratório de Organismos Aquáticos, projeto que vimos nascer das e se materializar através de muito esforço, garra e trabalho. Os honoráveis parceiros Maura, Maurilene, Maria Francisca Luiz Phelipe, Jaqueline e aos demais colegas que chegaram depois.

À minha amada Deborah, pelo companheirismo, atenção e carinho que foram restauradores nos muitos momentos críticos.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Fig. 1.</b> Localização geográfica da área de estudo no trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão. Em detalhe a extensão da bacia do Munim sobrepondo o limite do município de Chapadinha. ....   | 12 |
| <b>Fig. 2.</b> Caracterização dos diversos ambientes encontrados no local das amostragens do trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão. (a - b) lagoas adjacentes com macrófitas; (c) local de maior profundidade sem corredeiras; (d) local mais raso com corredeiras e pedras; (e - f) canais adjacentes, entrecortando as margens do leito sazonal ; (g) local de alto hidrodinamismo; (h) local de grande profundidade com correnteza rápida. .... | 13 |
| <b>Fig. 3.</b> Esquema das medidas morfométricas tomadas das espécies utilizadas neste estudo. ...   | 16 |
| <b>Fig. 4.</b> Dendrograma obtido através da análise de similaridade baseada nos dados dos atributos ecomorfológicos calculados das espécies da assembleia de peixes do trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão. ....  | 19 |
| <b>Fig. 5.</b> Dispersão no espaço multidimensional das espécies de peixes do trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão. ....  | 20 |
| <b>Fig. 6.</b> Projeção dos <i>scores</i> individuais no primeiro e segundo eixos da ACP com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação nesses componentes. ....  | 22 |
| <b>Fig. 7.</b> Projeção dos <i>scores</i> individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação nesses componentes. ....  | 23 |
| <b>Fig. 8.</b> Projeção dos <i>scores</i> individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 1. ....  | 25 |
| <b>Fig. 9.</b> Projeção dos <i>scores</i> individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 1. ....  | 26 |
| <b>Fig. 10.</b> Projeção dos <i>scores</i> individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 2. ....   | 28 |
| <b>Fig. 11.</b> Projeção dos <i>scores</i> individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 2. ....   | 28 |
| <b>Fig. 12.</b> Projeção dos <i>scores</i> individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação encontrada entre as espécies do grupo 3. ....  | 30 |

**Fig. 13.** Projeção dos *scores* individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 3..... 31

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> Espécies utilizadas no estudo ecomorfológico da assembleia de peixes do trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão. A coluna ao lado traz as abreviaturas dos nomes das espécies que serão utilizadas para identifica-las nos gráficos. ....  | 15 |
| <b>Tabela 2.</b> Medidas morfométricas utilizadas na composição dos atributos ecomorfológicos analisados. ....  | 16 |
| <b>Tabela 3.</b> Atributos ecomorfológicos e seus respectivos significados biológicos baseados em Balon <i>et al.</i> (1986). ....  | 17 |
| <b>Tabela 4.</b> Componentes principais obtidos da correlação na matriz de espécies e atributos ecomorfológicos e respectivos Autovalor e Variância explicada. ....   | 21 |
| <b>Tabela 5.</b> Cargas dos atributos ecomorfológicos nos três primeiros componentes do ordenamento da Análise de Componentes Principais. Os números entre parêntesis no rótulo das colunas representa o Autovalor do componente no ordenamento. Os atributos mais importantes na definição dos fatores que discriminam as espécies estão destacados em negrito. ....   | 22 |
| <b>Tabela 6.</b> Cargas dos atributos ecomorfológicos nos três primeiros componentes do ordenamento da Análise de Componentes Principais sobre a matriz de espécies do grupo 1. Os números entre parêntesis no rótulo das colunas representam os Autovalores do componente no ordenamento. Os atributos mais importantes na definição dos fatores que discriminam as espécies estão destacados em negrito. .... | 25 |
| <b>Tabela 7.</b> Cargas dos atributos ecomorfológicos nos três primeiros componentes do ordenamento da Análise de Componentes Principais sobre a matriz de espécies do grupo 2. Os números entre parêntesis no rótulo das colunas representam o Autovalor do componente no ordenamento. Os atributos mais importantes na definição dos fatores que discriminam as espécies estão destacados em negrito. ....    | 27 |
| <b>Tabela 8.</b> Cargas dos atributos ecomorfológicos nos três primeiros componentes do ordenamento da Análise de Componentes Principais sobre a matriz de espécies do grupo 3. Os números entre parêntesis no rótulo das colunas representa o Autovalor do componente no ordenamento. Os atributos mais importantes na definição dos fatores que discriminam as espécies estão destacados em negrito. ....     | 30 |

# **Estruturação ecomorfológica de uma comunidade de peixes do rio Munim, Estado do Maranhão**

Diego Sousa Campos & Jorge Luiz Silva Nunes

Through of the ecomorphological approach was analyzed the structuring of the organization related to habitat occupation and utilization by the community of fish species of the middle rio Munim. The patterns highlighted in the clusters indicate the separation of the species with regard of its position in the water column, and the morphological structures related to the feeding and locomotion habits were the best descriptors of these patterns. The species linked to the same microhabitats exhibited closer ecomorphological proximity to each other. Were observed events of adaptive divergence and convergence, as evidenced by the association or the distance between the actual phylogeny and the similarity observed between the taxa in the ecomorphological groups. The use of ecomorphology studies for fish assemblages shows an effective tool to characterize the relation between the profile of the morphotypes encountered and its potential ecological expression and the adjustment to the niche, suggesting the action of mechanisms to reduce the competition through specialization in the usage of available resources on the environment.

Através da leitura ecomorfológica foi analisada a estruturação das relações de organização da comunidade com relação à ocupação e utilização do hábitat pelas espécies de peixes da comunidade do trecho médio do rio Munim. Os padrões evidenciados no agrupamento apontam a separação das espécies com relação à sua posição na coluna d'água, e as estruturas morfológicas relacionadas à alimentação e locomoção foram os melhores descritores desses padrões. As espécies associadas aos mesmos microhabitats apresentaram maior proximidade ecomorfológica entre si. Foram verificados eventos de convergência e divergência adaptativa, evidenciadas na associação ou distância entre a filogenia atual e a similaridade observada entre grupos ecomorfológicos. A utilização de estudos de ecomorfologia para comunidades de peixes se mostra uma ferramenta eficaz para a caracterização da relação entre o perfil dos morfotipos encontrados e a sua potencial expressão ecológica como o ajuste ao nicho, sugerindo a ação de mecanismos de redução da competição através de especializações no uso dos recursos disponíveis no ambiente.

**Keywords:** Ecomorphology, convergence, body shape, heterogeneity, microhabitats.

## INTRODUÇÃO

As variações nos componentes estruturais do ambiente aquático fomentam uma ampla gama de possibilidades para o desenvolvimento de inter-relações complexas entre os organismos. Os fatores abióticos atuam como um ajuste fino sobre a presença e diversidade de formas de vida ao mesmo tempo em que as pressões ecológicas geradas por essa ação acabam por imprimir o ritmo da resposta adaptativa da biocenose (Castellanos-Galindo et al., 2005; Gratwicke & Speight, 2005; Villéger et al., 2010). Em ambientes onde a heterogeneidade de microhabitats é baixa, é esperada uma comunidade mais homogênea em termos de diversidade de espécies, guildas tróficas e padrões de morfologia (Ferreira, 2007), pois há menos possibilidades de manutenção de diversidade, sendo necessários mecanismos naturais para a coexistência, incluindo-se aí os eventos de convergência (Winemiller, 1992).

Os peixes ocupam ampla diversidade de nichos graças a uma variedade de combinações de forma e desempenho das estruturas locomotoras, sensoriais, alimentares, e reprodutivas (Winemiller, 1991). Essas variações na forma podem ser mensuradas e analisadas através da utilização de índices morfo-biométricos denominados atributos ecomorfológicos, que são padrões que expressam características do indivíduo em relação ao ambiente em que vivem, podendo estabelecer a conexão causal entre *design* e desempenho e garantir o suporte às limitações impostas pelo ambiente, assim permitindo inferências acerca da distribuição no ambiente (Watson & Balon, 1984) e do aspecto trófico (Sampaio & Goulart, 2011; Teixeira & Bennemann, 2007).

A ecomorfologia fundamenta-se na ideia de que a morfologia diferenciada é associada à resposta adaptativa das populações à ação das diferentes pressões ambientais e biológicas típicas e presentes no hábitat dos indivíduos (Gatz, 1979), refletindo, ao menos em parte, uso diferenciado de recursos implicando ecologias diferentes, ou constituindo correlações entre a similaridade morfológica e ecológica (Labropoulou & Markakis, 1998; Albertson & Kocher, 2001).

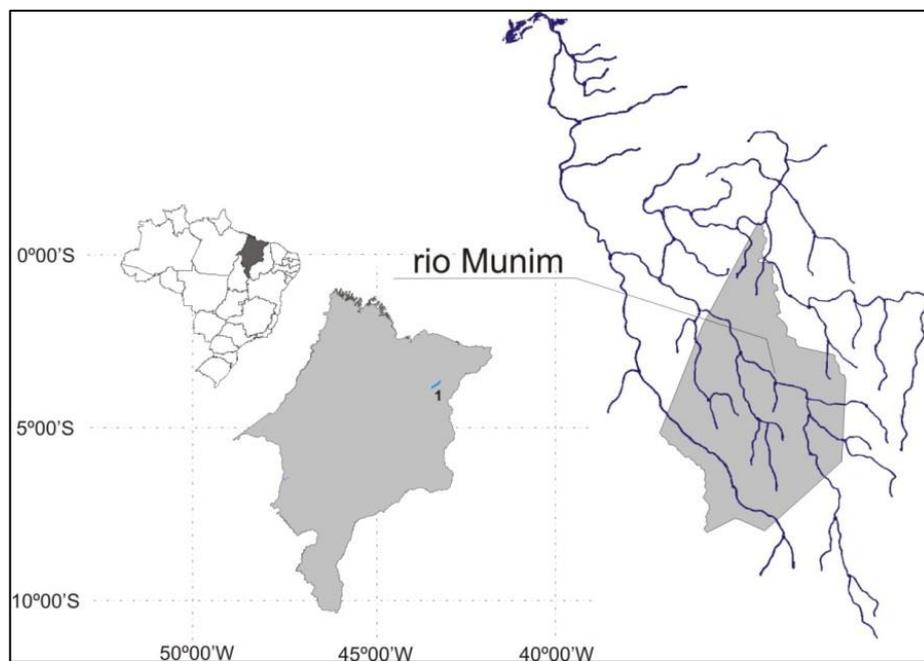
Nossas hipóteses acerca do modelo de estruturação ecomorfológica da comunidade de peixes do rio Munim são de que as espécies que ocupam um mesmo tipo de microhabitat dentre os vários disponíveis, possuem maior similaridade ecomorfológica entre si. Outra hipótese é de que a filogenia deve refletir ao menos em parte no padrão de associação entre forma do corpo e uso do hábitat nas espécies dessa comunidade, e também de que existem eventos de convergência promovendo a sobreposição dos padrões de ecomorfologia das espécies filogeneticamente distantes. Assim, este trabalho tem o objetivo de definir os padrões

ecomorfológicos para a assembleia de peixes do médio Munim avaliando a leitura ecomorfológica sobre o efeito da heterogeneidade de habitats na distribuição espacial das espécies e também os possíveis efeitos destes padrões sobre a estruturação espacial comunidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

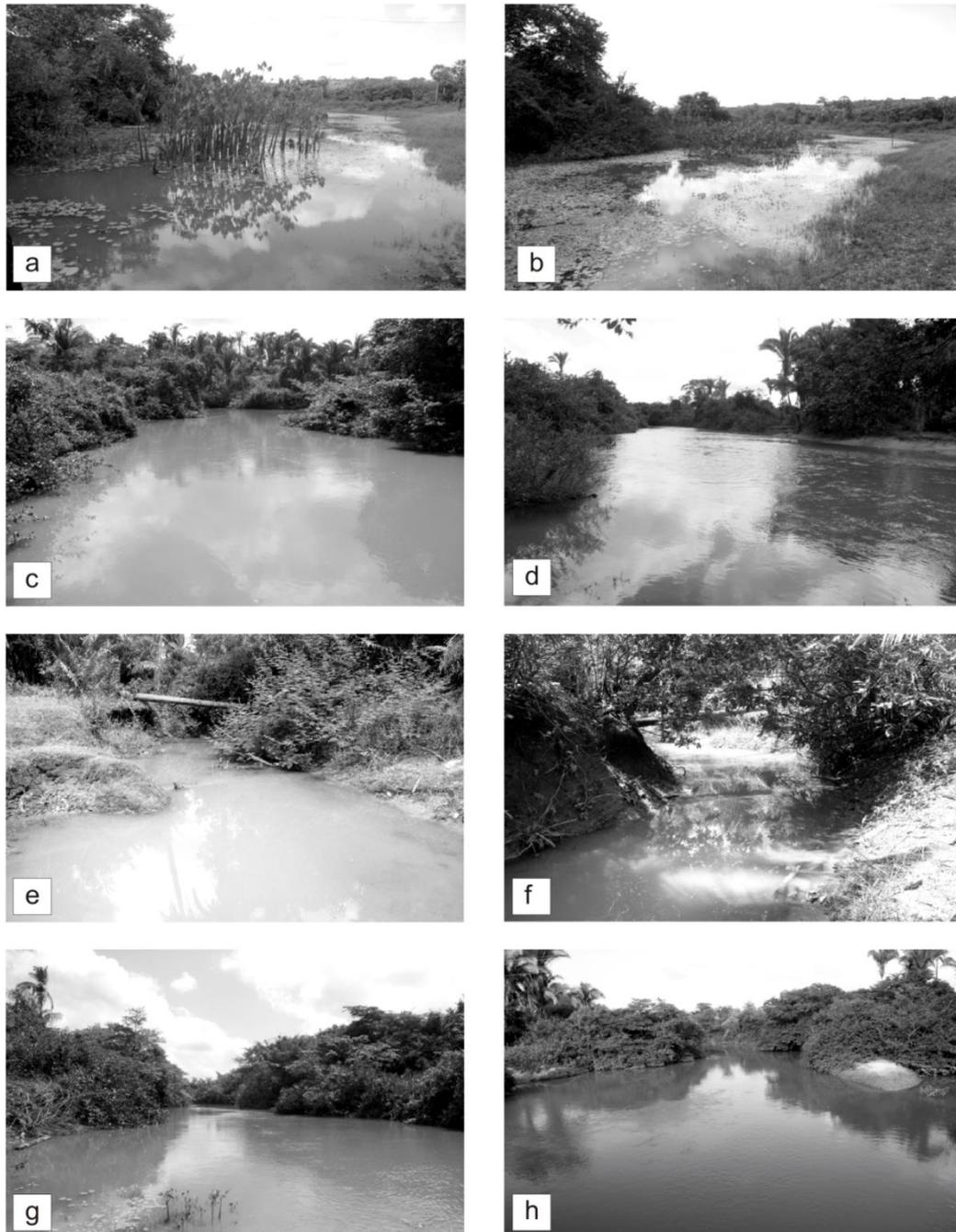
Foram realizadas seis coletas bimestrais em um trecho em que está localizado o povoado Cedro, no curso do rio Munim, ( $03^{\circ}50'19.25''\text{S}$  e  $43^{\circ}19'44.80''\text{W}$ ).



**Fig. 1.** Localização geográfica da área de estudo no trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão. Em detalhe a extensão da bacia do Munim sobrepondo o limite do município de Chapadinha.

Há uma considerável diversidade de microhabitats ao longo do trecho amostrado, que apresenta lagoas com grande amplitude de variação da profundidade em função da sazonalidade, povoadas por diversas espécies de macrófitas total e parcialmente submersas que fornecem abrigo para várias espécies de peixes e invertebrados aquáticos em diferentes fases do desenvolvimento (Figs. 2a, b), trechos de maior profundidade, porém de fluxo lento (Figura 2c), canais que se formam na cheia do rio e adentram o leito sazonal coberto pela vegetação (Figs. 2e, f), trechos de pouca profundidade e margens pouco inclinadas, com alta

velocidade de corrente (Figura 2g) e pontos de grande profundidade, com margens muito inclinadas e correnteza rápida (Figs. 2d, h).



**Fig. 2.** Caracterização dos diversos ambientes encontrados no local das amostragens do trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão. (a - b) lagoas adjacentes com macrófitas; (c) local de maior profundidade sem corredeiras; (d) local mais raso com corredeiras e pedras; (e - f) canais adjacentes, entrecortando as margens do leito sazonal; (g) local de alto hidrodinamismo; (h) local de grande profundidade com correnteza rápida.

### **Captura dos exemplares**

Para captura dos peixes foram utilizados dois tipos de técnicas: a) Técnicas de captura passiva, que consistem na captura de peixes através de apetrechos que não exigem manuseio ativo pelo coletor ou por máquinas (Uieda & Castro, 1999). Desta categoria foram utilizadas as redes de espera de fio de nylon 0,20mm, contendo cordas com boias na parte superior e outra corda com chumbos na parte inferior, com malhas de tamanhos 3, 4, 5, 6 e 7 cm, que ficaram expostas por um período de 12 horas, no início do entardecer na margem ou no meio do rio, evitando-se locais com obstáculos, como: pedras grandes, troncos e galhos de árvores caídos dentro d'água. A outra armadilha de captura passiva utilizada foi do tipo covo (Ribeiro & Zuanon, 2006) que consistem em armadilhas cilíndricas feitas de armação de arame revestido por malha sintética em forma de tonel, com estreitas aberturas em ambas as extremidades que se afunilam em direção ao interior da estrutura, sem comunicação entre as duas extremidades que ficaram submersas pelo mesmo período nas margens do rio e com as aberturas orientadas no sentido do fluxo da água.

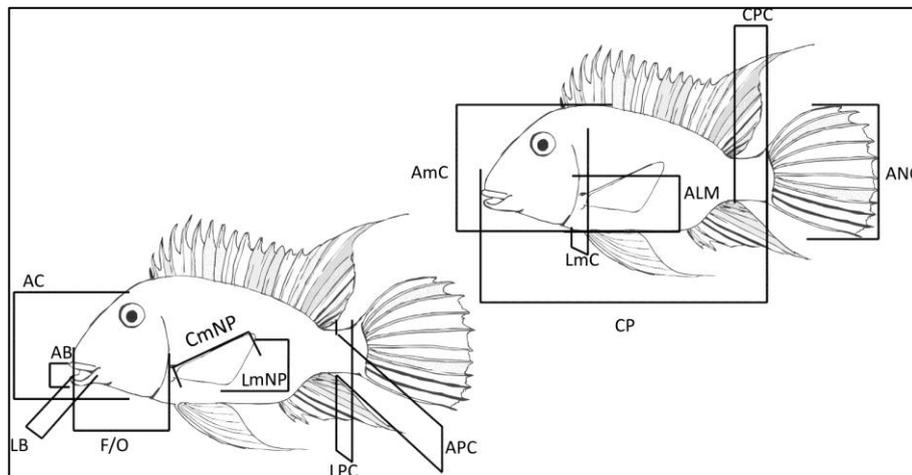
b) Técnicas de captura ativa, nas quais a ação pontual e instantânea do coletor é necessária, através de sua força e habilidade para utilizar instrumentos como puçás, peneiras, redes de arrasto, que são semelhantes às redes de espera, porém, ao contrário destas, são movidas ativamente; tarrafas, que são aparelhos bastante eficientes em ambientes de remansos, poços ou mesmo em corredeiras e sua eficiência depende muito da destreza do coletor; e redes de mão (peneiras e puçás) que são montadas em uma armação de metal com haste, como um coador de café, são eficientes para capturar peixes nos remansos e poços (Ribeiro & Zuanon, 2006).

**Tabela 1.** Espécies utilizadas no estudo ecomorfológico da assembleia de peixes do trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão. A coluna ao lado traz as abreviaturas dos nomes das espécies que serão utilizadas para identifica-las nos gráficos.

| <b>ORDEM CHARACIFORMES</b>  |  |             |
|---|--|-------------|
| <b>Família Anostomidae</b>  |  |             |
| <i>Leporinus friderici</i> (Bloch, 1794)                                      |  | (Lfri)      |
| <b>Família Characidae</b>   |  |             |
| <i>Astyanax</i> sp.   |  | (Asty_sp.)  |
| <i>Charax</i> sp.   |  | (Char)      |
| <i>Tetragonopterus</i> sp.  |  | (Tetrag)    |
| <b>Família Curimatidae</b>  |  |             |
| <i>Curimata</i> sp.   |  | (Bran)      |
| <i>Curimatella</i> sp.  |  | (Curi)      |
| <b>Família Erythrinidae</b>   |  |             |
| <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)                                      |  | (Hmal)      |
| <b>Família Prochilodontidae</b>   |  |             |
| <i>Prochilodus</i> sp.  |  | (Proch)     |
| <b>Família Serrasalminidae</b>  |  |             |
| <i>Metynnis</i> sp.   |  | (Mety)      |
| <i>Pygocentrus nattereri</i> Kner, 1858                                       |  | (Pygo_nt)   |
| <i>Serrasalmus marginatus</i> Valenciennes, 1837                              |  | (Serr_mar)  |
| <b>ORDEM PERCIFORMES</b>  |  |             |
| <b>Família Cichlidae</b>  |  |             |
| <i>Crenicichla</i> sp.  |  | (Cren)      |
| <i>Satanoperca jurupari</i> (Heckel, 1840)                                    |  | (Sata)      |
| <b>ORDEM SILURIFORMES</b>   |  |             |
| <b>Família Auchenipteridae</b>  |  |             |
| <i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus, 1766)                              |  | (Trach_ga)  |
| <b>Família Doradidae</b>  |  |             |
| <i>Hassar</i> sp.   |  | (Hasr)      |
| <i>Platydoras brachylecis</i> Piorski, Garavello, Arce H. & Sabaj Pérez, 2008 |  | (Pbra)      |
| <b>Família Heptapteridae</b>  |  |             |
| <i>Pimelodella cristata</i> (Müller & Troschel, 1849)                         |  | (Pcri)      |
| <b>Família Loricariidae</b>   |  |             |
| <i>Ancistrus damasceni</i> (Steindachner, 1907)                               |  | (Anci)      |
| <i>Hemiodontichthys acipenserinus</i> (Kner, 1853)                            |  | (Hemi_ac)   |
| <i>Hypostomus plecostomus</i> (Linnaeus, 1758)                                |  | (Hyp_plec)  |
| <i>Rineloricaria</i> sp.  |  | (Rinel_sp.) |
| <b>Família Pimelodidae</b>  |  |             |
| <i>Pimelodus blochii</i> Valenciennes, 1840                                   |  | (Plodus)    |

## Medição dos exemplares

As medidas morfométricas foram tomadas com paquímetro de aço de 150mm e para os indivíduos de dimensões maiores foi utilizada uma régua de aço inoxidável. A partir das medidas morfométricas (Tabela 2; Fig. 3) foram calculados os atributos morfológicos (Tabela 3), seguindo a metodologia empregada por Gatz (1979) e Mahon (1984).



**Fig. 3.** Esquema das medidas morfométricas tomadas das espécies utilizadas neste estudo.

## Morfometria e atributos ecomorfológicos

As medidas morfométricas utilizadas para a obtenção dos atributos ecomorfológicos são descritas na tabela 2.

**Tabela 2.** Medidas morfométricas utilizadas na composição dos atributos ecomorfológicos analisados.

| Abreviatura | Descrição da medida  |
|-------------|--|
| CP          | Comprimento padrão: medido da ponta do focinho ao final da coluna vertebral;   |
| ACo         | Altura máxima do corpo: obtida na região de maior altura do corpo;   |
| LCo         | Largura máxima do corpo: obtida na região de maior largura do corpo;   |
| CPC         | Comprimento do pedúnculo caudal: linha vertical no nível das margens posterior da nadadeira mediana mais posterior, até o término da coluna vertebral; |
| APC         | Altura do pedúnculo caudal: medida no seu ponto mediano;   |
| LPC         | Largura do pedúnculo caudal: medida no seu ponto mediano;  |
| CNpt        | Comprimento máximo da nadadeira peitoral: distância da base ao ponto extremo da nadadeira;   |
| LNpt        | Largura máxima da nadadeira peitoral: medida na maior largura da nadadeira peitoral expandida, perpendicularmente ao seu maior eixo;                   |

|             |   |
|-------------|---|
| <b>ANC</b>  | Altura da nadadeira caudal: medida da maior altura da nadadeira caudal totalmente aberta;                             |
| <b>ACMo</b> | Altura da cabeça na linha do meio do olho: medida da altura da cabeça tomando como referência o ponto mediano do olho |
| <b>F/O</b>  | Comprimento da cabeça: distância da ponta do focinho até a margem posterior do opérculo;                              |
| <b>LB</b>   | Largura da boca (totalmente aberta)   |
| <b>AB</b>   | Altura da boca (totalmente aberta)  |
| <b>ALM</b>  | Altura da Linha Média   |

Essas medidas morfométricas são convertidas em atributos ecomorfológicos ou índices através da transformação em proporções (Tabela 2) a fim de reduzir o peso das medidas propostas para o cálculo final (Peres-Neto, 1999).

**Tabela 3.** Atributos ecomorfológicos e seus respectivos significados biológicos baseados em Balon *et al.* (1986).

| <b>Abreviatura</b> | <b>Índice</b>                            | <b>Interpretação ecológica</b>  |
|--------------------|--|---|
| <b>IC</b>          | Índice de Compressão                     | Valores altos indicam peixes comprimidos lateralmente, Baixos valores geralmente são característicos de peixes bentônicos e/ou habitantes onde a correnteza é muito forte; diretamente relacionados com a capacidade de realizar deslocamentos verticais. |
| <b>ARC</b>         | Altura Relativa do Corpo                 | Baixos valores apontam peixes bentônicos associados a ambientes muito hidrodinâmicos, possibilitando o seu posicionamento estacionário.   |
| <b>CRPC</b>        | Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal | Peixes com grande habilidade natatória exibem valores altos, incluindo peixes bentônicos habitantes de ambientes com hidrodinamismo elevado.  |
| <b>ICPC</b>        | Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal | Valores altos correspondem a peixes bentônicos lentos e de pouca habilidade natatória.  |
| <b>CNP</b>         | Configuração da Nadadeira Peitoral       | Valores altos indicam uma nadadeira estreita e longa, encontrada em peixes que nadam muito.   |
| <b>PRO</b>         | Posição Relativa dos Olhos               | Valores altos indicam animais bentônicos, com cabeças deprimidas.   |
| <b>CRC</b>         | Comprimento Relativo da Cabeça           | Valores altos indicam peixes que capturam as presas relativamente grandes, espécies predadoras.   |
| <b>LRB</b>         | Largura Relativa da Boca                 | Valores maiores ocorrem em espécies predadoras que consomem presas grandes.   |
| <b>ARB</b>         | Altura Relativa da Boca                  | Valores maiores ocorrem em espécies predadoras que consomem presas grandes.   |
| <b>ARNC</b>        | Altura Relativa da Nadadeira Caudal      | Valores altos indicam cauda adaptada para a natação veloz.  |

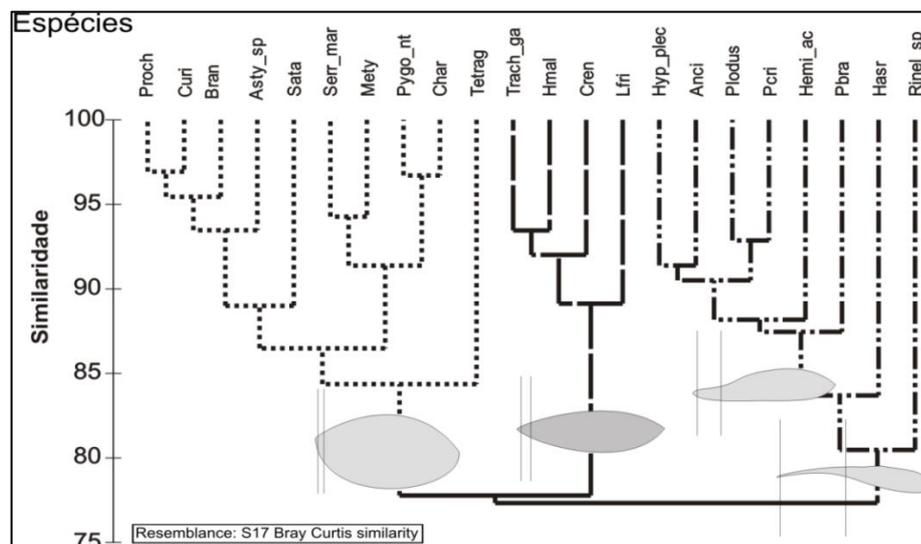
## Análise dos dados

Foram analisados neste trabalho exemplares de 22 espécies, representantes de 12 Famílias, medidos em média 11 indivíduos de cada espécie (Tabela 1). As medidas morfométricas absolutas foram tabuladas em uma planilha para os cálculos dos atributos. Em seguida foram calculadas as médias dos valores de cada um dos atributos e então agrupados todos os valores em uma matriz combinada de atributos morfológicos e espécies analisada no programa *Palaeontological Statistics Software Package* (PAST). A rotina iniciou-se com a submissão dos dados a uma Análise de Componentes Principais (ACP), que é um procedimento para encontrar variáveis hipotéticas (componentes) que representam o máximo da variação possível nos dados multidimensionais, visto que estas novas variáveis são combinações lineares das variáveis originais (Hammer et al., 2001). Assim, o ordenamento permite uma melhor visualização e identificação da variação explicada entre as amostras pela dispersão dos *scores* em função da importância estatística dos índices que compõem cada um dos eixos da análise, agregando significado às informações (Gibran, 2010). Somente fatores com autovalores maiores que 1,0 foram considerados a fim de evitar leitura incorreta influenciada pela ação da variância residual (Watson & Balon, 1984; Gomes et al., 2003; Piorski et al., 2007; Nunes, 2008).

Os dados da matriz de atributos ecomorfológicos e espécies foram transformados pela raiz quadrada e em seguida avaliados através de uma análise de similaridade segundo o algoritmo de Bray-Curtis no programa estatístico Primer-e®-v6.1 e a matriz de similaridade gerada foi então submetida ao ordenamento através do escalonamento não-métrico multidimensional (*nMDS*), uma técnica multivariada que permite a representação gráfica de dados em eixos multidimensionais simplificados para coordenadas de distância em apenas dois novos eixos, respeitando a distância obtida da similaridade no espaço bidimensional sem a perda da ordem de importância estatística (Clarke & Warwick, 2001). A seguir, foi realizada uma análise de agrupamento (*cluster*), sobre a matriz de similaridade, e para melhorar a visualização os modelos corporais associados a cada padrão ecomorfológico descrito nas análises foram circunscritos por um contorno elipsoide genérico, tendo como referência os limites da altura vertical e a distância da extremidade do focinho ao fim da coluna vertebral, e também acompanhando as dimensões do pedúnculo caudal, como altura e comprimento (Fig. 4).

## RESULTADOS

A análise de similaridade realizada sobre a matriz de espécies e índices morfo-biométricos como descritores dos padrões da ecomorfologia da ictiofauna destacou três padrões morfológicos bem distintos. Para a melhor caracterização desses padrões, o elipse do contorno genérico do padrão corporal de cada grupo foi colocado sobrepondo o nó inicial dos respectivos grupos no *cluster* (Fig. 4).



**Fig. 4.** Dendrograma obtido através da análise de similaridade baseada nos dados dos atributos ecomorfológicos calculados das espécies da assembleia de peixes do trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão.

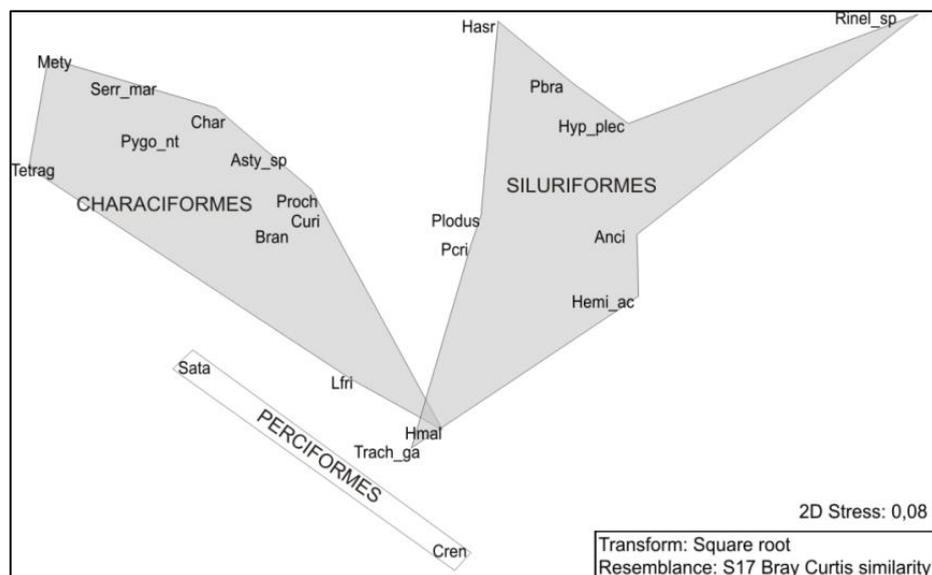
Os grupos evidenciados no *cluster* podem ser descritos em função dos valores em comum que as espécies apresentam para atributos semelhantes, sendo possível defini-los da seguinte forma:

**1 - Peixes de corpo Alto e lateralmente comprimido** – Neste grupo encontram-se as espécies com padrão corporal discoide, com valores elevados para o atributo Índice de Compressão; *Metynnis* sp., *S. marginatus*, *Charax* sp., *P. nattereri*, *Astyanax* sp., *P. lacustris*, *Curimata* sp., *Curimatella* sp. *S. jurupari*, *Leporinus friderici* e *Tetragonopterus* sp.

**2 - Peixes de corpo Fusiforme e alongado** - Maior Comprimento Relativo da Cabeça e também Largura e Altura da boca são fortes descritores da ecomorfologia dos peixes relacionados neste grupo que conta com as espécies *Crenicichla* sp., *Hoplias malabaricus*, *Trachelyopterus galeatus* e *Leporinus friderici*.

**3 – Peixes de corpo Deprimido e pedúnculo longo** - Representados neste estudo pelas espécies *Platydoras brachylecis*, *Hassar* sp., *Pimelodella cristata*, *Hypostomus plecostomus*, *Rineloricaria* sp., *Ancistrus damascenii*, *Hemiodontichthys acipenserinus* e *Pimelodus blochii*, caracterizadas pelos atributos mais comuns aos peixes bentônicos, como Índice de Achatamento Ventral e Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal.

Os dados de similaridade da matriz de atributos e espécies foram comparados e o arranjo da dispersão dos pontos equivalentes às espécies no espaço multidimensional refletiu os padrões ecomorfológicos gerais da assembleia de peixes do trecho médio do rio Munim utilizada nesse estudo. Com a sobreposição do fator ORDEM foi possível perceber que a separação seguiu a hipótese de diferenciação de acordo com os táxons maiores (Fig. 5).



**Fig. 5.** Dispersão no espaço multidimensional das espécies de peixes do trecho médio do rio Munim, Chapadinha, Maranhão.

A Análise de Componentes Principais sobre a matriz de correlação mostrou três componentes que acumulam quase a totalidade da variação observada (Tabela 4). Na composição dos *scores* do primeiro componente, que explicou 40,83% da variação, onde destacaram-se os atributos Índice de Compressão, Altura Relativa do Corpo e Posição Relativa do Olho com os valores positivos e mais elevados, enquanto o Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal apresentou o maior valor negativo (Tabela 5). As espécies cujos valores positivos dos *scores* mostraram maior intensidade nesse componente foram

*Metynnis* sp., *S. jurupari*, *Tetragonopterus* sp., *P. nattereri* e *S. marginatus*, já os valores negativos mais representativos no CP1 são verificados na espécie *Rineloricaria* sp. O padrão evidenciado por esses resultados indica que estas espécies têm boa capacidade de realizar manobras (IC, CNP), vantagens para a busca ativa de presas (CNP, PRO, CRC) e velocidade, em curtas distâncias (AtRNC) (Fig. 6).

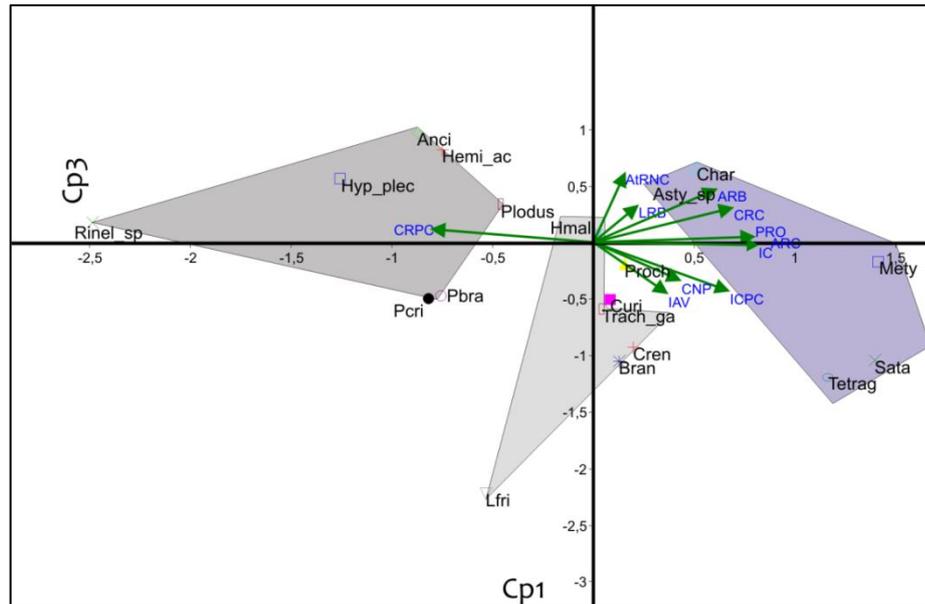
**Tabela 4.** Componentes principais obtidos da correlação na matriz de espécies e atributos ecomorfológicos e respectivos Autovalor e Variância explicada.

| CP | Autovalores | % Variação | % Variação acumulada |
|----|-------------|------------|----------------------|
| 1  | 4,491       | 40,83      | 40,83                |
| 2  | 2,487       | 22,61      | 63,44                |
| 3  | 1,354       | 12,31      | 75,75                |

Os atributos ecomorfológicos Altura Relativa da Nadadeira Caudal, Configuração da Nadadeira Peitoral e o Índice de Compressão contribuíram com os maiores valores positivos para a composição da variação explicada no eixo 2 (Tabela 5), e as espécies para as quais se observou os maiores valores positivos nos atributos do eixo foram *Metynnis* sp. e *Tetragonopterus* sp., já os valores negativos mais representativos foram observados nas espécies *Crenicichla* sp., *H. malabaricus* e *T. galeatus*. Desta forma, os resultados indicam que *Metynnis* sp. e *Tetragonopterus* sp. são espécies que têm boa capacidade de realizar manobras (IC, CNP) e alta atividade natatória com velocidade em curtas distâncias (AtRNC) (Fig. 6).

No terceiro componente principal, que responde por 12,31% da variação encontrada, destacam-se os atributos Altura Relativa da Nadadeira Caudal, Altura Relativa da Boca e Comprimento Relativo da Cabeça por apresentarem os maiores valores positivos e os atributos Índice de Achatamento Ventral e Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal (ICPC) com os maiores valores negativos nas variáveis de maior peso na composição deste eixo. As espécies mais representativas para os índices que compõem este eixo da análise foram *Hassar* sp., *P. nattereri*, e *S. marginatus*. Estas espécies foram diferenciadas por atributos relacionados à captura de presas (ARB, CRC) e hábito de natação ativa (AtRNC) (Fig. 7)





**Fig. 7.** Projeção dos *scores* individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação nesses componentes.

### Caracterização dos padrões ecomorfológicos

Toda a informação associada à ecomorfologia que discriminou os grupos verificados na análise de agrupamento por similaridade encontra-se compartilhada no ordenamento da ACP, o que por definição implica em subaproveitamento de aspectos importantes que possivelmente são desprezados em uma matriz com tantas espécies distribuídas em 12 famílias. Fontes de variação como fisiologia e comportamento podem influenciar as respostas obtidas da análise ecomorfológica sobre grupos filogeneticamente distantes (Breda et al., 2005), , assim as comparações entre táxons mais próximos minimizam essas influências. Por esse motivo, os grupos foram submetidos a novas análises a fim de que as relações entre as espécies reunidas em cada um dos grupos da comunidade pudessem ser mais bem compreendidas.

#### *Peixes de corpo Alto, lateralmente comprimidos*

Como resultado da ACP sobre a matriz de espécies e atributos do grupo 1, foram obtidos três componentes que acumulam 84,4% da variação observada (Tabela 6). Na composição dos *scores* do primeiro componente, que explicou 31,96% da variação, destacaram-se os atributos Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal, com os valores positivos mais elevados e o maior valor negativo foi do atributo Índice de Compressão. A

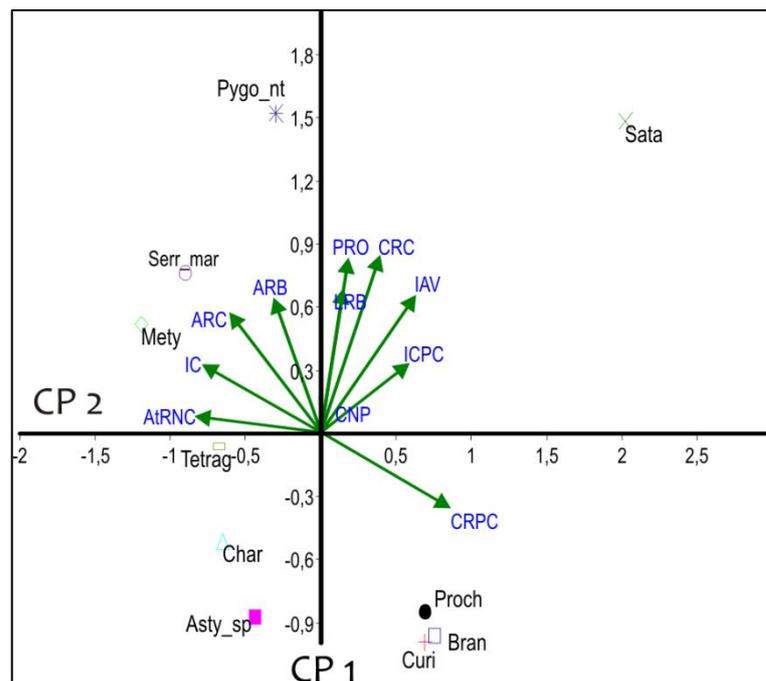
espécie cujos valores positivos dos *scores* mostraram maior intensidade nesse componente foi *S. jurupari*, já os valores negativos mais representativos no CPI são verificados em *S. marginatus*. Os atributos que melhor descrevem as espécies no eixo 1 indicam predisposição para a predação com natação ativa e capacidade de realizar manobras (IC, CNP) e vantagens para a busca ativa de presas (PRO, CRC, ARB e LRB) (Tabela 6, Fig. 8).

Os atributos Comprimento Relativo da Cabeça e Posição Relativa do Olho contribuíram com os maiores valores positivos e para a composição da variação explicada no segundo eixo (31,3%), por outro lado, o atributo Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal apresentou o valor negativo mais elevado. As espécies para as quais foram observados os maiores valores positivos nos atributos do eixo foram *S. jurupari* e *P. nattereri*, enquanto que os valores negativos mais representativos foram observados nas espécies *Curimata* sp. (*Bran*), *Curimatella* sp., e *Prochilodus* sp. A projeção dos *scores* indica que as espécies *P. nattereri* e *S. jurupari* compartilham uma característica forte relacionada à busca ativa eficiente de presas grandes. As espécies *Curimata* sp., *Curimatella* sp. e *Prochilodus* sp. compartilham a similaridade no Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (Fig. 8).

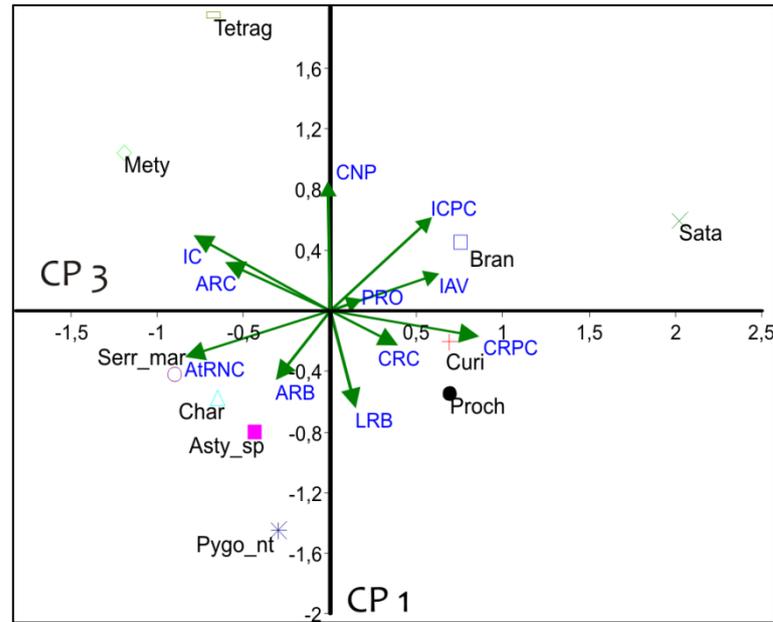
Os atributos Configuração da Nadadeira Peitoral e Índice de compressão do Pedúnculo Caudal apresentando os maiores valores positivos e o atributo Largura Relativa da Boca com os maiores valores negativos nas variáveis com maior peso na composição deste eixo. As espécies mais representativas para os índices que compõem este eixo da análise foram *Metynnis* sp. e *Tetragonopterus* sp. com os maiores valores positivos e para os valores negativos mais representativos destacaram-se as espécies *P. nattereri* e *Astyanax* sp. A posição dessas espécies na representação gráfica do ordenamento reflete a aptidão para a atividade de exploração do ambiente por espécies que nadam muito, porém a Largura Relativa da Boca com valores negativos sugere uma alimentação a base de presas de tamanho reduzido como observado em *Metynnis* sp. e *Tetragonopterus* sp. (Fig. 9).

**Tabela 6.** Cargas dos atributos ecomorfológicos nos três primeiros componentes do ordenamento da Análise de Componentes Principais sobre a matriz de espécies do grupo 1. Os números entre parêntesis no rótulo das colunas representam os Autovalores do componente no ordenamento. Os atributos mais importantes na definição dos fatores que discriminam as espécies estão destacados em negrito.

| Atributos                    | CP1 (3,51506) | CP2 (3,44259) | CP3 (2,32619) |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>IC</b>                    | <b>-0,796</b> | 0,324         | 0,491         |
| <b>ARC</b>                   | -0,614        | 0,576         | 0,314         |
| <b>IAV</b>                   | 0,629         | 0,656         | 0,244         |
| <b>CRPC</b>                  | <b>0,858</b>  | <b>-0,362</b> | -0,174        |
| <b>ICPC</b>                  | 0,589         | 0,334         | 0,615         |
| <b>CNP</b>                   | -0,015        | 0,172         | <b>0,853</b>  |
| <b>PRO</b>                   | 0,183         | <b>0,831</b>  | 0,068         |
| <b>CRC</b>                   | 0,395         | <b>0,844</b>  | -0,236        |
| <b>LRB</b>                   | 0,147         | 0,690         | <b>-0,649</b> |
| <b>ARB</b>                   | -0,317        | 0,646         | -0,465        |
| <b>Variância</b>             | 31,96         | 31,30         | 21,15         |
| <b>Variância acumulada %</b> | 31,96         | 63,25         | 84,40         |



**Fig. 8.** Projeção dos *scores* individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 1



**Fig. 9.** Projeção dos *scores* individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 1

### *Peixes de corpo Fusiforme e alongado*

A variação contida nos componentes principais considerados na ACP para estas espécies foi a maior entre os três grupos de espécies que representam os padrões ecomorfológicos da comunidade (Tabela 7). O primeiro eixo explicou 54,73% da variação e em sua composição destacaram-se os atributos Índice de Compressão, Altura relativa do Corpo, Configuração da Nadadeira Peitoral e Altura Relativa da Nadadeira Caudal com os valores positivos mais elevados. Os valores mais negativos para os atributos que influenciaram este eixo foram Comprimento Relativo da Cabeça e Largura Relativa da Boca e Altura Relativa da Boca. A espécie cujos valores positivos dos *scores* mostraram maior intensidade nesse componente foi *L. friderici*, enquanto que os valores negativos mais elevados foram encontrados em *Crenicichla* sp. De acordo com o ordenamento representado na Fig. 10, a espécie *H. malabaricus* possui características de peixe predador de emboscada, em função do Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal e das características necessárias para a ingestão de presas grandes ou inteiras, como Largura Relativa da Boca e Altura Relativa da Boca. Os atributos relativos à natação mais efetiva e maior atividade de deslocamento na coluna d'água são associados a *L. friderici* (Fig. 10).

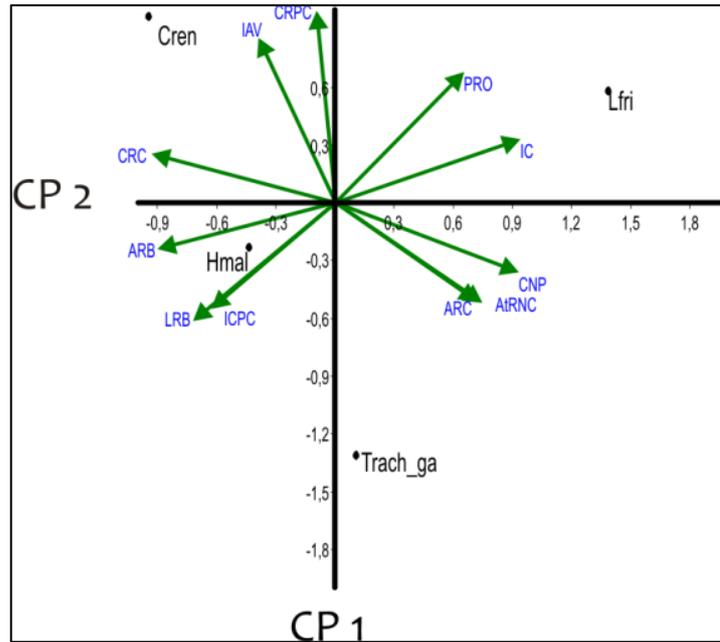
Os atributos ecomorfológicos Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal e Altura Relativa da Cabeça mostraram os maiores valores positivos e Altura Relativa da Nadadeira

Caudal mostrou os valores negativos para a caracterização do padrão para a composição da variação explicada no eixo 2. As espécies para as quais se observou os maiores valores positivos nos atributos do eixo foram *Crenicichla* sp. e *T. galeatus*, enquanto que os valores negativos mais elevados foram verificados em *H. malabaricus*. O ordenamento apresentou a forte distinção em função da morfologia das espécies analisadas neste trabalho. Portanto, os atributos associados à exploração do ambiente através de natação prolongada e eficiente (Comprimento Relativo do Pedúnculo), ou da possibilidade de natação rápida em período curto, porém em busca ativa por presa (Posição Relativa do Olho) (Fig. 10).

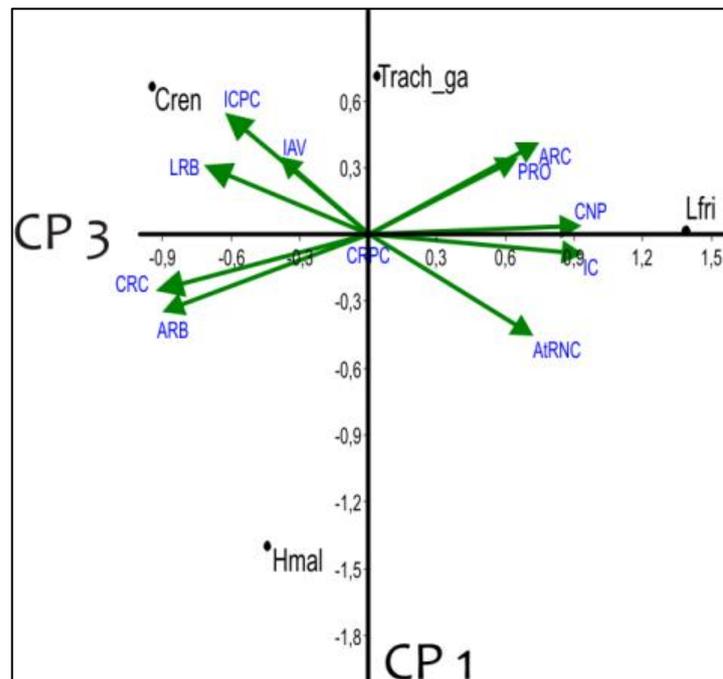
O terceiro eixo que responde por 11,03% da variação encontrada destaca que os atributos Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal, Altura Relativa da Cabeça e Altura do, Altura Relativa da Boca e Comprimento Relativo da Cabeça apresentam os maiores valores positivos, enquanto os atributos Altura Relativa da Nadadeira Caudal e Altura Relativa da Boca com os maiores valores negativos do eixo. As espécies associadas aos valores mais positivos deste eixo da análise foram *Crenicichla* sp. e *T. galeatus*, por outro lado, valores negativos foram associados a *H. malabaricus*, indicando caracterização principalmente em função dos atributos que denotam predação de itens grandes e natação por curto período, porém em grande velocidade (ARB, LRB e ICPC) (Fig. 11).

**Tabela 7.** Cargas dos atributos ecomorfológicos nos três primeiros componentes do ordenamento da Análise de Componentes Principais sobre a matriz de espécies do grupo 2. Os números entre parêntesis no rótulo das colunas representam o Autovalor do componente no ordenamento. Os atributos mais importantes na definição dos fatores que discriminam as espécies estão destacados em negrito.

| Atributos                    | CP1 (6,02073)  | CP2 (3,76616)  | CP3 (1,2131)   |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| IC                           | <b>0,9412</b>  | 0,3252         | -0,09184       |
| ARC                          | <b>0,7449</b>  | -0,5241        | <b>0,4128</b>  |
| CNP                          | <b>0,9303</b>  | -0,3649        | 0,03655        |
| AtRNC                        | <b>0,7227</b>  | -0,5142        | <b>-0,4618</b> |
| IAV                          | -0,3919        | <b>0,8525</b>  | <b>0,3461</b>  |
| CRPC                         | -0,0964        | <b>0,9948</b>  | -0,0335        |
| ARB                          | <b>-0,9027</b> | -0,2462        | -0,353         |
| LRB                          | <b>-0,7222</b> | <b>-0,6188</b> | <b>0,3092</b>  |
| CRC                          | <b>-0,9345</b> | 0,2497         | -0,2536        |
| <b>Variância %</b>           | 54,73          | 34,24          | 11,03          |
| <b>Variância acumulada %</b> | 54,73          | 88,97          | 100,00         |



**Fig. 10.** Projeção dos *scores* individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 2.



**Fig. 11.** Projeção dos *scores* individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 2.

*Peixes de corpo Deprimido e pedúnculo longo*

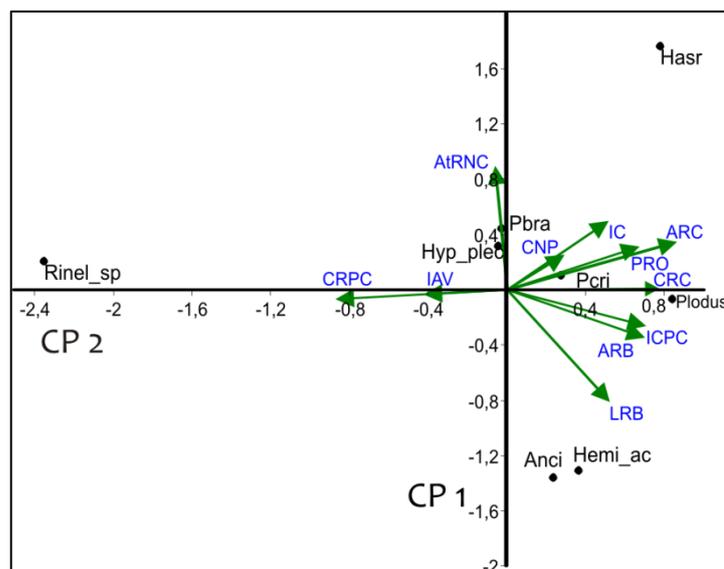
Da Análise de Componentes Principais sobre a matriz de correlação foram obtidos três componentes que acumulam 39,84% da totalidade da variação observada (Tabela 8). Na composição dos *scores* do primeiro componente, os atributos Altura Relativa da Cabeça, Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal, Comprimento relativo da Cabeça, Altura Relativa da Boca e Posição Relativa do Olho com os valores positivos, enquanto que os valores negativos estão representados no atributo Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal. As espécies cujos valores positivos mostraram maior intensidade nesse componente foram *Pimelodus* sp. e *Hassar* sp., enquanto que os valores negativos mais representativos no eixo 1 são verificados em *Rineloricaria* sp. Os atributos que melhor descrevem as espécies no eixo 1 indicam predação de itens grandes (CRC, ARC), por outro lado, *Rineloricaria* sp. é caracterizada em função da dimensão do pedúnculo, que nesse caso reflete uma adaptação junto com o Índice de Achatamento Ventral com a finalidade de permanecer estático no substrato em ambiente muito hidrodinâmico (Fig. 12).

O atributo Altura Relativa da Nadadeira Caudal apresentou o maior valor positivo para a composição da variação explicada no segundo eixo (19,8%), contudo, o atributo Largura Relativa da Boca apresentou o valor negativo mais elevado. A espécie para a qual foi observado o maior valor positivo nos atributos do eixo foi *Hassar* sp., já que para *H. acipenserinus* foi verificado o valor negativo mais elevado. A projeção dos *scores* indica que as espécies *Pimelodus* sp. e *P. cristata* são caracterizadas pelos atributos relacionados ao consumo de presas através de busca ativa por alimento (CRC, PRO, ARC). *Rineloricaria* destaca-se em todas as representações pelo efeito do Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (Fig. 12).

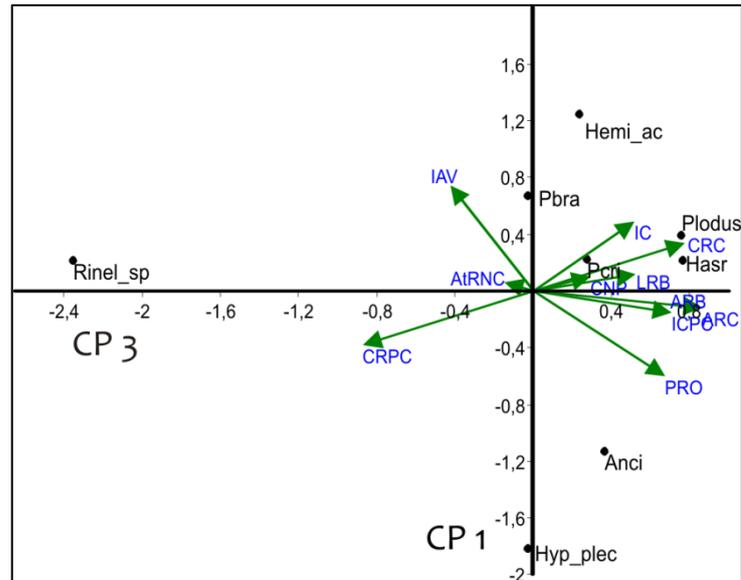
Na composição da variação encontrada no terceiro eixo destacam-se os atributos Altura Relativa da Cabeça e Comprimento Relativo da Cabeça apresentaram os maiores valores positivos e o atributo Posição Relativa do Olho com os maiores valores negativos na composição deste eixo. A espécie mais representativa para os índices que compõem este eixo da análise foi *H. acipenserinus* e *H. plecostomus*. A posição dessas espécies na representação gráfica do ordenamento reflete a aptidão para a alimentação à base de presas grandes (PRO, CRC, ARC), porém o formato corporal de *H. acipenserinus* acentua o efeito do Índice de Achatamento Ventral (Fig. 13)

**Tabela 8.** Cargas dos atributos ecomorfológicos nos três primeiros componentes do ordenamento da Análise de Componentes Principais sobre a matriz de espécies do grupo 3. Os números entre parêntesis no rótulo das colunas representa o Autovalor do componente no ordenamento. Os atributos mais importantes na definição dos fatores que discriminam as espécies estão destacados em negrito.

| Atributos             | CP1 (4,38212) | CP2 (2,17682)  | CP3 (1,47199)  |
|-----------------------|---------------|----------------|----------------|
| ARC                   | <b>0,8673</b> | 0,3414         | -0,1257        |
| CRC                   | <b>0,7765</b> | 0,003879       | 0,3376         |
| AtRNC                 | -0,06305      | <b>0,8902</b>  | 0,01889        |
| IAV                   | -0,4274       | -0,04222       | <b>0,7374</b>  |
| LRB                   | 0,5224        | <b>-0,8169</b> | 0,113          |
| PRO                   | 0,6761        | 0,3051         | <b>-0,6048</b> |
| Variância %           | 39,84         | 19,79          | 13,38          |
| Variância acumulada % | 39,84         | 59,63          | 73,01          |



**Fig. 12.** Projeção dos *scores* individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação encontrada entre as espécies do grupo 3.



**Fig. 13.** Projeção dos *scores* individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos mais representativos para a variação entre as espécies do grupo 3.

## DISCUSSÃO

A análise de similaridade mostrou uma compartimentação dos padrões de forma na assembleia de peixes do rio Munim, justificada por uma variedade de características associadas ao uso de microhabitats, exploração do ambiente e alimentação. Nossa hipótese inicial de que as espécies que ocupam um mesmo tipo de microhabitat possuem maior proximidade ecomorfológica encontra fundamentação na segregação dos padrões ecomorfológicos que reuniram em uma faixa de similaridade superior a 95% as espécies bentopelágicas *Prochilodus* sp., *Curimatella* sp., *Curimata* sp., *Charax* sp. e a espécie pelágica *P. nattereri*, que juntas representam 4 das 12 famílias analisadas, todas pertencentes à mesma Ordem. De modo geral, os três padrões evidenciados na análise de agrupamento apontam a separação das espécies com relação à sua posição na coluna d'água entre bentônicas, bentopelágicas e pelágicas em função da interpretação ecológica dos atributos morfológicos que serviram de base para o agrupamento (Watson & Balon, 1984; Casatti & Castro, 2006).

Outra hipótese em relação à estruturação ecomorfológica da comunidade estudada foi a de que a filogenia reflete ao menos em parte o padrão de associação entre a forma do corpo e uso do hábitat. Nossos resultados indicaram forte associação maior proximidades espécies da ordem Siluriformes, representadas em 5 Famílias, das quais todas contidas no mesmo

grupo (3) segundo a análise de similaridade que caracterizou os padrões gerais de ecomorfologia da assembleia, com exceção de *Tracheliopterus galeatus* (Auchenipteridae).

Das seis Famílias contidas na Ordem Characiformes com representantes na amostra, quatro estão totalmente inclusas no grupo 1, sendo que as espécies *L. friderici* (Anostomidae) e *H. malabaricus* (Erythrinidae) foram incluídas no grupo 2, que reúne ainda as espécies *T. galeatus* (Siluriformes:Auchenipteridae) e *Crenicichla* sp. (Perciformes:Cichlidae), configurando o grupo mais heterogêneo filogeneticamente, porém definido com cerca de 90% de similaridade entre as espécies.

A configuração da filogenia sugerida atualmente para as Ordens dentro da Classe Actinopterygii, com a maior proximidade entre Characiformes e Siluriformes, pertencentes à Superordem Ostariophysi, e distantes da Ordem Perciformes contida na Superordem Acanthopterygii (Nelson, 2006) não se repetiu nos padrões de diferenciação morfológica da comunidade de peixes estudada, pois de acordo com os valores da matriz de similaridade, o grupo 3, representado quase em sua totalidade por Siluriformes mostrou-se mais distante dos dois outros grupos. É importante a posição do grupo 3, bem heterogêneo filogeneticamente por reunir espécies pertencentes às 3 Ordens, como sendo mais próximo do grupo 1, onde todas as espécies incluídas são Characiformes com exceção de *S. jurupari* (Perciformes:Cichlidae).

Dentre os possíveis resultados esperados de um estudo de ecomorfologia sobre uma comunidade de peixes de riacho, há uma tendência de direcionamento para a compreensão dos eventos de convergência e divergência (Winemiller, 1992; Norton & Brainerd, 1993; Boyle & Horn, 2006; Gibran, 2010; Mise, 2012), pela importância ecológica das variações morfológicas que as espécies podem desenvolver como resposta ao ambiente. Assim, a terceira hipótese sobre a estruturação ecomorfológica da comunidade de peixes estudada foi testada, partindo da idéia de que os eventos de convergência promovem a sobreposição dos padrões de morfologia de espécies filogeneticamente distantes. Neste caso, a combinação particular de valores nos atributos que levou 4 espécies de famílias distintas, distribuídas em 3 Ordens a serem reunidas em um mesmo grupo configurando um padrão ecomorfológico importante na estrutura da comunidade evidencia claramente o efeito da convergência adaptativa que selecionou estas espécies para uma mesma faixa de utilização do hábitat, que tem como membro distante apenas *L. friderici*, cuja similaridade mostra-se reduzida ao design fusiforme e alongado do corpo, apenas. As espécies *T. galeatus* e *H. malabaricus* apresentam características ecomorfológicas para o desempenho de predação de itens de maior tamanho, como pequenos peixes inteiros, inclusive, cuja estratégia de predação é a emboscada, uma vez

que o padrão ecomorfológico dessas espécies é otimizado para a aceleração, porém é desvantajoso para a natação contínua (Breda et al., 2005).

Os resultados mostraram que grupo 1 reúne dez espécies de cinco famílias reunidas nas ordens Characiformes (8 spp) e Perciformes (2 spp). O padrão ecomorfológico do grupo indica representantes de corpo alto, lateralmente comprimido, classificados como nectônicos (Casatti & Castro, 2006). A variação total se mostrou distribuída nos três componentes principais de forma homogênea, o que indica que os valores de correlação não se concentraram em um determinado aspecto da forma. Os atributos mais importantes na caracterização do grupo nos dois primeiros eixos refletem o comportamento de natação ativa (Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal) com destaque para as espécies *Prochilodus* sp., *Curimata* sp. e *Curimatella* sp., que são caracterizadas como bentopelágicas cujo padrão ecomorfológico baseado nos atributos permite a distinção em relação às demais espécies do grupo. Atributos que refletem a agilidade nas manobras (Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal, Configuração da Nadadeira Peitoral) e alimentação à base de itens maiores ou pequenos peixes inteiros (Comprimento Relativo da Cabeça) são as características ecomorfológicas desses grupos de espécies (Teixeira & Bennemann, 2007).

As espécies de corpo fusiforme e alongado, cujos atributos ecomorfológicos mais representativos da descrição do padrão são Altura Relativa da Nadadeira Caudal, o Índice de Achatamento Ventral, o Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal e os atributos relacionados diretamente à alimentação, como Altura Relativa da Boca, Largura Relativa da Boca, Altura Relativa da Cabeça e Comprimento Relativo da Cabeça são os principais descritores do grupo 2. Através desses atributos é possível a descrição do padrão ecomorfológica das espécies. Em relação aos atributos *L. friderici* pode ser caracterizada como espécie bentopelágica, com menor largura do corpo, sendo uma espécie nadadora ativa no ambiente, uma vez que o formato fusiforme é o design ótimo para a natação periódica sustentada, na qual a propulsão ocorre por meio de movimentos cíclicos e contínuos (Breda et al., 2005). Os atributos relacionados à ingestão de presas grandes e natação em impulso rápido por curto período de tempo estão associados às espécies *H. malabaricus* e *T. galeatus*.

O padrão ecomorfológico indicado na leitura dos atributos das espécies reunidas no grupo 3 sugerem as relações entre tamanho das estruturas utilizadas na captura das presas e o tamanho dos itens alimentares. Altura Relativa da Boca, Posição Relativa do Olho, Altura Relativa da Cabeça e Índice de Compressão apontam o hábito predador desempenhado pelas espécies *Pimelodus* sp. e *Pimelodella cristata* a despeito do padrão geral dos siluriformes que geralmente indica hábito bentônico. Sobre essa diversificação de hábitos, Kirchheim &

Goulart (2010) demonstraram que em Siluriformes há uma plasticidade trófica e comportamental associada a pequenas diferenciações no plano básico geral, como neste caso específico, onde *P. cristata* apresenta valores de Índice de Compressão que conferem maior liberdade de movimentos além dos atributos relacionados à natação ativa e visualmente bem orientada, uma vez que os olhos não são subutilizados como nos siluriformes associados ao substrato. O Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal foi determinante na separação de *Rineloricaria* sp. de todas as demais e reflete uma adaptação que associada ao alto valor de achatamento ventral permite a aderência ao substrato rochoso em corredeiras e ambientes muito hidrodinâmicos.

Estes padrões de morfologia associada ao funcionamento do ambiente implicam em uma relação de interdependência que conecta espécies filogeneticamente próximas e distantes com todos os compartimentos do ambiente. As respostas adaptativas que possibilitam a coexistência das espécies mesmo em situações de desequilíbrio populacional, falta de recursos ou qualquer outra fonte de stress exigem uma escala de tempo adequada e de certa forma são limitadas, pois na maioria dos casos a coexistência também necessita de mecanismos fisiológicos e comportamentais para evitar a exclusão competitiva (Chesson, 2000).

Através da leitura ecomorfológica foi possível obter uma visão da estruturação e das relações de organização da ocupação e utilização do hábitat pelas espécies de peixes da comunidade do trecho médio do rio Munim. Um ambiente com múltiplas configurações espaciais de leito, margens e recursos alimentares e de abrigo que sustenta uma ictiofauna diversificada e estruturada em 3 padrões gerais de relação entre *design* e desempenho na ocupação dos nichos. As estruturas morfológicas relacionadas às atividades mais elementares das funções ecológicas das espécies, como alimentação e locomoção constituíram os melhores descritores desses padrões. As espécies associadas aos mesmos compartimentos do hábitat apresentaram mais proximidade ecomorfológica entre si e os padrões ecomorfológicos apresentaram forte efeito da filogenia na relação de similaridade, principalmente entre os Siluriformes. Um caso de convergência foi evidenciado no agrupamento de quatro espécies contidas em três Ordens, configurando o grupo mais heterogêneo definido com cerca de 90% de similaridade entre as espécies.

## Agradecimentos

Este estudo fez parte do estudo da estrutura de comunidade da ictiofauna do trecho médio do rio Munim. Agradecemos à FAPEMA pelo financiamento do projeto, bem como aos membros do Laboratório de Organismos Aquáticos (LabAqua) pela colaboração na realização das atividades que permitiram a viabilização do material para este estudo.

## Literatura Citada

- Albertson, R. C.; Kocher, T. D., 2001. Assessing Morphological Differences in an Adaptive Trait: A Landmark-Based Morphometric Approach 403, 385–403. *Journal of Experimental Zoology* 289:385–403.
- Balon E.K., Crawford S.S., Lelek A. 1986. Fish communities of the upper Danube River (Germany, Austria) prior to the new Rhein-Main-Donau connection. *Environmental Biology of Fishes* 15(4): 243–271.
- Boyle, K., Horn, M., 2006. Comparison of feeding guild structure and ecomorphology of intertidal fish assemblages from central California and central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 319, 65–84.
- Breda, L., Oliveira, E.F. De, Goulart, E., 2005. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 27, 371–381.
- Casatti, L., Castro, Ricardo M C, 2006. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 4(2):203-214.
- Castellanos-Galindo, G.A., Giraldo, A., Rubio, E.A., 2005. Community structure of an assemblage of tidepool fishes on a tropical eastern Pacific rocky shore, Colombia. *Journal of fish Biology* 67, 392–408.
- Clarke K. R. ; Warwick R. M. 2001 *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd edition. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, PRIMER-E.
- Chesson, P. 2000. Mechanisms of Maintenance of Species Diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Published by: Annual Reviews Stable Vol. 31: 343-366.
- Ferreira, K.M., 2007. Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio Mogi-Guaçu basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 5, 311–326.
- Gatz, A.J., 1979. Community Organization in Fishes as Indicated by Morphological Features. *Ecology* 60, 711.

- Gibran, F., 2010. Habitat partitioning, habits and convergence among coastal nektonic fish species from the São Sebastião Channel, southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 8, 299–310.
- Gomes, L.N.; Pinheiro-Júnior, J.R. & Piorski, N.M. 2003. Aspectos ecomorfológicos da comunidade de peixes do estuário do rio Anil, Ilha de São Luís - MA. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 16: 29-36.
- Gratwicke, B., Speight, M., 2005. The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. *Journal of Fish Biology* 66(3) 650–667.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Kirchheim, P.D., Goulart, E., 2010. Ecomorfologia de predação e antipredação em Siluriformes (OSTEICHTHYES). *Oecologia Australis* 14, 550–568.
- Labropoulou, M., Markakis, G., 1998. Morphological-dietary relationships within two assemblages of marine demersal fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 51(3), 309-319.
- Mahon, R. 1984. Divergent structure in fish taxocenes of North temperate streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1984, 41(2): 330-350.
- Mise, F.T., 2012. Peixes de riachos Neotropicais : padrões ecomorfológicos , convergência evolutiva e uso de recursos alimentares Peixes de riachos Neotropicais : padrões ecomorfológicos , convergência evolutiva e uso de recursos alimentares. Universidade Estadual de Maringá, 37p.
- Nelson, J.S., 2006. *Fishes of the World*, 4th Edition, Fish and Fisheries. John Wiley & Sons. Hoboken (New Jersey, USA): 601 p.
- Norton, S.F., Brainerd, E.L., 1993. Convergence in the feeding mechanics of ecomorphologically similar species in the Centrarchidae and Cichlidae. March 1, 1993 *Journal of Experimental Biology* 176, 11-29.
- Nunes, J. L. S. 2008. Morfometria geométrica e ecomorfologia de Labridae e Pomacentridae do Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Pernambuco, 126 pp.
- Peres-Neto, P.R., 1999. Alguns métodos e Estudos em Ecomorfologia de Peixes de Riachos. pp 209-236. In Caramashi, E. P.; Mazzoni, R. & P. R. Peres-Neto (eds). *Ecologia de Peixes de Riachos. Série Oecologia Brasiliensis*, vol VI. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
- Piorski, N.M., Dourado, E.C.S., Nunes, J.L.S., 2007. Análise ecomorfológica de três espécies de peixes do parque estadual marinho do Parcel de Manuel Luiz. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia* 20, 70–76.

- Ribeiro, O.M., Zuanon, J., 2006. Comparação da eficiência de dois métodos de coleta de peixes em igarapés de terra firme da Amazônia Central. *Acta Amazonica* 36, 389–394.
- Sampaio, A.A., Goulart, E., 2011. Ciclídeos neotropicais: ecomorfologia trófica. *Oecologia Australis* 15, 775–798.
- Teixeira, I., Bennemann, S.T., 2007. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. *Biota Neotropica* 7, 67–76.
- Uieda, V.S., Castro, R. M. C., 1999. Coleta e Fixação de Peixes de Riachos, pp. 01–22. In Caramashi, E. P.; Mazzoni, R. & P. R. Peres-Neto (eds). *Ecologia de Peixes de Riachos. Série Oecologia Brasiliensis*, vol VI. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
- Villéger, S., Miranda, J.R., Hernández, D.F., Mouillot, D., 2010. Contrasting changes in taxonomic vs . functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications* 20, 1512–1522.
- Watson, D.J., Balon, E.K., 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology* 25, 371–384.
- Winemiller, K O, 1991. Ecomorphological Diversification in Lowland Fresh-Water Fish Assemblages from 5 Biotic Regions. *Ecological Monographs* 61, 343–365.
- Winemiller, K. O. 1992. Ecomorphology of freshwater fishes. Ecological divergence and convergence in freshwater fishes. *National Geographic Research & Exploration*, 8 (3): 308-327.