

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

LOURDES MERCEDES FIGUEROA ECHE

Cultivo de peixes em tanques-rede: efeito sobre a energia e a estrutura trófica em ambientes
aquáticos

Maringá

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LOURDES MERCEDES FIGUEROA ECHE

Cultivo de peixes em tanques-rede: efeito sobre a energia e a estrutura trófica em
ambientes aquáticos

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 a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Prof^a Dr^a Evanilde Benedito

Maringá

2008

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

F475c Figueroa Eche, Lourdes Mercedes, 1979-
Cultivo de peixes em tanques-rede : efeito sobre a energia e a estrutura trófica em ambientes aquáticos / Lourdes Mercedes Figueroa Eche. -- Maringá, 2008.
39 f. : il.

Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2008.
Orientador: Profª Drª Evanilde Benedito.

1. Peixes de água doce - Tanques-rede - Isótopos estáveis - Tributários do reservatório de Rosana - Paraná (Estado). 2. Peixes de água doce - Tanques-rede - Calorimetria - Tributários do reservatório de Rosana - Paraná (Estado). 3. Ecologia energética. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em "Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais".

CDD 22. ed. -597.176313098162
NBR/CIP - 12899 AACR/2

FOLHA DE APROVAÇÃO

LOURDES MERCEDES FIGUEROA ECHE

Cultivo de peixes em tanques-rede: efeito sobre a energia e a estrutura trófica em ambientes aquáticos

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^a Dr^a Evanilde Benedito
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Dr^a Anna Christina Esper Amaro de Faria
Prefeitura Municipal de Maringá/Secretaria do Meio Ambiente e Agricultura

Prof. Dr. Angelo Antonio Agostinho
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 08 de setembro de 2008.

Local de defesa: Anfiteatro do Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico este trabajo a mi gran familia: a mis padres Gerardo y Mercedes, a mis hermanos: Lalito, Lorena, Daisy, Martin y Andrés, y a la pequeña familia que pronto formaré con Omar.

AGRADECIMENTOS

A Dios, por todas las cosas maravillosas que me ha dado y en especial por haberme permitido viajar a Brasil;

A mis padres: Gerardo y Mercedes, por todo su apoyo y entusiasmo para la realización de la maestría, así como a mis hermanos Gerardo, Lorena, Daisy, Martín y Andrés, quienes también compartieron mi alegría y fueron cómplices de todas mis locuras;

A Omar, por su amor y compañía durante todo este tiempo;

A la Primera Comunidad Neocatecumenal de Maringá: Cynthia, Liliane, Dani, Stella, Alex, Luiz, Rosa, Esmeralda, Taynâ, Tereza, Dolores, Márcio, Naiara, Levi, Fredy, Terezinha, Lucas, Bruna, Andrini, Neia, Janeth, Carlos, por haber sido amigos, hermanos, consejeros, y a veces padres y madres; sin ustedes mi estancia en Maringá nunca hubiese sido tan linda;

A mi querida compañera de turma Daniela Aparecida Garcia, por toda su amistad y compañía siempre que la necesite;

A Simone Rodrigues Slusarski y a Luciana Baza Mendonça, por su amistad y comprensión, ustedes fueron las mejores compañeras de república (y amigas) que alguien podía tener.

A la profesora Evanilde Benedito, por su paciencia y dedicación, sin las cuales este trabajo no hubiera podido realizarse;

Al CNPq y al curso de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA-UEM) por la concesión de la bolsa de maestrado;

A todos os profesores do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, en especial a los profesores Sidinei Magela Thomaz y Luiz Carlos Gomes, por sus valiosos consejos durante la realización del trabajo;

Al biólogo y compatriota José Arenas por su ayuda y consejos durante toda mi estancia en Brasil y en la parte estadística del trabajo;

Al equipo de campo y de laboratório del proyecto PRONEX/2006 y a Vivian, Marília y Mariana por su ayuda en las colectas del material biológico;

A Jaime Luiz Lopes Pereira por la elaboración del mapa y a los funcionarios de la Biblioteca Setorial del Nupélia: Salette y João, quienes siempre estuvieron dispuestos a ayudarme en la obtención del material bibliográfico;

A los amigos del Laboratório de Ecologia Energética: Dani, Gislaine, Ana Rute, Marília, Mariana, Vivian, Michelle, Sara, Bruno, Daiany y Camila, por los momentos de alegría que compartimos durante las jornadas de trabajo;

A todas las personas que, sabiéndolo o no, ayudaron en la realización de este trabajo.

Cultivo de peixes em tanques-rede: efeito sobre a energia e a estrutura trófica em ambientes aquáticos

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho foi o de avaliar a influência do cultivo de peixes em tanques-rede sobre o conteúdo calórico e isotópico em peixes. Para tal fim, foi realizado experimento em tanques-rede em dois rios tributários ao reservatório de Rosana: rios Corvo e Guairacá, entre abril e agosto de 2006. Os resultados, na presente dissertação são apresentados em dois capítulos. No primeiro capítulo, o objetivo foi o de identificar o efeito do cultivo em tanques-rede sobre a quantidade de energia presente nos músculos e o bem estar geral de *Auchenipterus osteomystax*. Foram analisadas fêmeas com gônadas em repouso e com comprimento padrão entre 17-19 cm. Para obtenção da densidade calórica, amostras de músculos foram submetidas a combustão em bomba calorimétrica Parr 1261. Evidenciou-se diferenças significativas na densidade calórica e no fator de condição entre os meses do experimento para ambos os rios, sendo maior ao término do experimento. Registrou-se correlação significativa entre a densidade calórica e o fator de condição durante o período do experimento. No segundo capítulo determinou-se as variações na $\delta^{13}\text{C}$ e de $\delta^{15}\text{N}$ da rede trófica aquática do rio Corvo, analisando-se músculos de espécies de peixes pertencentes a diferentes grupos tróficos como *Auchenipterus osteomystax*, *Satanoperca pappaterra* e *Plagioscion squamosissimus*, e da espécie cultivada *Oreochromis niloticus*, bem como do invertebrado *Corbicula fluminea*, do sedimento, carbono orgânico particulado (COP) e da ração para peixes. Constatou-se enriquecimento significativo em $\delta^{13}\text{C}$ em todas as espécies de peixes externas aos tanques-rede e do invertebrado *C. fluminea*, e identificou-se depleção em $\delta^{13}\text{C}$ da espécie cultivada *Oreochromis niloticus* ao término do experimento. Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ para o COP e o sedimento. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ das espécies *C. fluminea*, *A. osteomystax* e *O. niloticus* mostraram depleção significativa entre o início e o término do experimento. No entanto, para *S. pappaterra*, *P. squamosissimus* e para o sedimento os valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ não diferiram significativamente. Em síntese, a presente dissertação evidenciou que a instalação de tanques-rede pode promover mudanças nas condições alimentares das espécies, incrementando o bem estar do peixe e permitindo acrescentar energia somática. Em decorrência disso, podem ser promovidas mudanças nas composições isotópicas dos organismos da rede trófica aquática, o qual tem efeito sobre as espécies nativas e para o ecossistema.

Palavras-chave: Peixes. Tanques-rede. Densidade calórica. Fator de condição. Isótopos estáveis.

Fontes de energia. Posição trófica.

Fish cage culture: the effect on the energy and the trophic structure in aquatic ecosystems

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the fish cage culture effect on the caloric and isotopic content in fishes. The experiment was carried out in two tributaries of Rosana's reservoir: Corvo and Guairacá. The results of this dissertation are shown in two chapters. In the first chapter the objective was to identify the effect of fish cage culture on the quantity of energy present in the muscle and the general well-being of *Auchenipterus osteomystax*. Just females individuals were selected with resting gonadal maturation stage and standard length between 17-19cm. Caloric density was determined in a calorimeter bomb Parr 1261. Significant differences were found in caloric density and condition factor of *A. osteomystax* among the months of the experiment for both rivers. The highest values were identified at the end of the experiment. There was a significant correlation ($p < 0.005$) among the caloric density and the condition factor during the experimental period. In the second chapter were determined variations at the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ of the aquatic food web of Corvo river. For these, isotopic compositions of muscles fishes belonging to different trophic categories: *Auchenipterus osteomystax* (insectivore), *Satanoperca pappaterra* (invertivore), *Plagioscion squamosissimus* (piscivore) and the raising fish *Oreochromis niloticus* (omnivore); the invertebrate *Corbicula fluminea* (filterer), sediment, particulate organic carbon (COP) and ration fish food were investigated. It was verified increase in the $\delta^{13}\text{C}$ values in muscles of all fish species out of the net-cages and the invertebrate *C. fluminea*. Furthermore, was found depletion in the $\delta^{13}\text{C}$ values in the muscle of *O. niloticus* at the end of the experiment. However, significant differences were not found among the isotopic values of $\delta^{13}\text{C}$ of the COP and sediment. *C. fluminea*, *A. osteomystax* and *O. niloticus* showed more negative $\delta^{15}\text{N}$ values among the beginning and the end of the experiment. However, the $\delta^{15}\text{N}$ values of *S. pappaterra*, *P. squamosissimus* and the sediment did not differ significantly. In summary, the present dissertation showed that the fish cage culture's installation can promote shifts in the species trophic conditions, increasing the general well-being and the somatic energy allocation. As a result of this, it can promote changes in the isotopic composition of aquatic food web organisms, which have an effect over the ecology of the native species, and consequently for the ecosystem.

Keywords: Fishes. Net-cages. Caloric density. Condition factor. Stable isotopes. Energy sources. Trophic position.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Aquaculture Research*. Disponível em:

<<http://www.wiley.com/bw/submit.asp?ref=1355-557X&site=1>>

SUMÁRIO

Capítulo I: Cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório de Rosana: efeito sobre a densidade calórica e o fator de condição de *Auchenipterus osteomystax* (Pisces, Siluriformes).

RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAIS E MÉTODOS	13
<i>Área de estudo</i>	13
<i>Amostragem</i>	14
<i>Obtenção de dados biométricos</i>	14
<i>Determinação da densidade calórica e fator de condição</i>	14
<i>Obtenção das variáveis limnológicas</i>	15
<i>Análise de dados</i>	15
RESULTADOS	16
DISCUSSÃO	19
AGRADECIMENTOS	22
REFERÊNCIAS	22

Capítulo II: Cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório de Rosana: uso de isótopos estáveis na avaliação da estrutura trófica aquática.

RESUMO	27
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAIS E MÉTODOS	29
<i>Área de estudo</i>	29
<i>Amostragem</i>	30
<i>Análise dos dados</i>	31
RESULTADOS	31
DISCUSSÃO	33
AGRADECIMENTOS	36
REFERÊNCIAS	36

CAPITULO I

Cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório de Rosana: efeito sobre a densidade calórica e o fator de condição de *Auchenipterus osteomystax* (Pisces, Siluriformes)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de identificar o efeito do cultivo em tanques-rede sobre a quantidade de energia alocada nos músculos e a condição geral de *Auchenipterus osteomystax*. O experimento foi realizado em dois rios tributários do reservatório de Rosana: rios Corvo e Guairacá, de abril a agosto de 2006. Foram realizadas coletas mensais de indivíduos de *A. osteomystax* nas imediações dos tanques e nas zonas à montante e à jusante e registradas mensalmente variáveis limnológicas. Para o estudo foram considerados apenas fêmeas em repouso e com tamanho entre 17 e 19cm de comprimento padrão. Para obtenção da densidade calórica dos músculos, as amostras foram sujeitas a combustão na bomba calorimétrica Parr 1261. Foram evidenciadas diferenças significativas na densidade calórica e no fator de condição de *A. osteomystax* entre os meses do experimento para ambos os rios, sendo que ao término do experimento identificou-se os maiores valores. Não foram constatadas diferenças significativas entre a densidade calórica e o fator de condição de *A. osteomystax* entre as zonas à montante, tanque e à jusante para ambos os rios. Encontrou-se correlação significativa ($p < 0,005$) entre a densidade calórica e o fator de condição durante o período do experimento. Os valores calóricos e o fator de condição estiveram correlacionadas significativamente ($p < 0,005$) com as condições limnológicas. Estes resultados evidenciaram que a instalação dos tanques-rede promoveu mudanças nas condições limnológicas as quais alteraram as condições tróficas do ambiente. Isto incrementou o bem estar de *A. osteomystax* e permitiu-lhe acrescentar sua alocação de energia somática.

Palavras-chave: tanques-rede, densidade calórica, fator de condição, peixes de água doce, eutrofização, reservatório.

Fish cage culture in the Rosana reservoir: effects on caloric density and condition factor of *Auchenipterus osteomystax* (Pisces, Siluriformes)

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the fish cage culture effect on muscle energy allocation and condition factor of *Auchenipterus osteomystax*. The experiment was carried out in two tributaries of Rosana's reservoir: Corvo and Guairacá. Samples were taken from April to August 2006 in three stations: around the cages fish culture and 400m upstream and downstream. Also, limnological values were registered. Just females individuals were selected with resting gonadal maturation stage and standard length between 17-19cm. Caloric density was determined in a calorimeter bomb Parr 1261. Significant differences were found in caloric density and condition factor of *A. osteomystax* among the months of the experiment for both rivers. The highest values were identified at the end of the experiment. However, the sample zones did not influence the caloric density and the condition factor for both rivers. There was a significant correlation ($p < 0.005$) among the caloric density and the condition factor during the experimental period. This study showed that the fish cage culture's installation promotes shifts in the limnological conditions which changed the trophic conditions. That increased the general well-being and the somatic energy allocation of *A. osteomystax*.

Keywords: net-cages, caloric density, condition factor, freshwater fishes, eutrophication, reservoirs.

INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm demonstrado que a instalação de tanques-rede promove mudanças no ambiente de forma mais ou menos intensa devido aos processos de eutrofização que gera (Tundisi & Henry 1986; Agostinho *et al.* 2007), provocando variações na quantidade e disponibilidade de alimento no ecossistema. Isto porque o cultivo em tanques-rede implica em um aporte de nutrientes resultantes tanto do alimento não ingerido (Beveridge 1987) quanto da liberação das fezes e excreção de amônia (Schindler 1992; Starling 2002). Segundo diversos autores, o cultivo de peixes em tanques-rede têm promovido proliferação de algas nas áreas adjacentes, e portanto, alterações nas comunidades zooplanctônica (Guo & Li 2003; Dias 2007), favorecendo o incremento da fauna zoobêntica (Troell & Berg 1997; Bez *et al.* 2007) e do perifiton (Siqueira 2008). Nesse sentido, Phillips *et al.* (1985) apontaram a necessidade de avaliar o impacto do cultivo de peixes em tanques-rede e melhorar as predições de eutrofização nesses ambientes. No Brasil, o aumento desta atividade faz com que se torne necessária a avaliação dos impactos gerados por esta atividade pela necessidade de se alcançar níveis ótimos de produtividade e de sustentabilidade ambiental (Menezes & Beyruth 2003; Sampaio & Braga 2005; Ferreira *et al.* 2007).

Quando a taxa de consumo de alimento é suficientemente alta, o peixe sintetiza novos tecidos, os quais serão utilizados para o crescimento ou como produtos estocados na forma de gordura (Pandian & Vivekanandan 1985). Desse modo, em condições de alta produtividade, os organismos podem apresentar maiores valores de energia nos seus tecidos (Higuti *et al.* 2003; Dourado *et al.* 2005).

A determinação da densidade energética é considerada uma importante ferramenta para quantificar a dinâmica trófica e avaliar as mudanças na disponibilidade de um determinado recurso no ambiente (Slobodkin 1961; Prus 1970; De Angelis *et al.* 1989). Para Pianka (1982), a energia armazenada nos organismos corresponde ao resultado preciso das limitações e interações entre os custos e benefícios de uma determinada situação ecológica.

O fator de condição também tem sido utilizado como indicador de modificações na condição corporal dos peixes, pois reflete a condição fisiológica, a disponibilidade alimentar e a adaptação dos peixes às flutuações sazonais que ocorrem no ambiente (Le Cren, 1951; Barbieri & Verani 1987; Weatherley & Gill 1987). Relações interespecíficas, como parasitismo, predação e competição, também afetam o fator de condição (Tavares-Dias *et al.* 2000; Dannewitz & Peterson 2001) e possivelmente, a demanda energética necessária ao sucesso e manutenção da espécie no ambiente.

Para o presente trabalho a espécie nativa estudada foi *Auchenipterus osteomystax* (Miranda-Ribeiro, 1918). É conhecida como surumanha, olho-de-gato, mandi-peruano ou carati e é encontrada abundantemente no rio Paraná (Agostinho *et al.* 2004). Aparentemente, essa espécie passou a ocupar regiões da bacia do alto rio Paraná após a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu, apresentando ocorrência generalizada e elevada frequência na maioria dos ambientes (Agostinho *et al.*, 2004). Apresenta desova parcelada, fecundação interna e período reprodutivo que se estende de outubro a dezembro (Vazzoler 1996; Suzuki *et al.* 2004). A maior parte da dieta de *A. osteomystax* é baseada em insetos aquáticos e terrestres, em diferentes fases de desenvolvimento, sendo também os frutos/sementes e microcrustáceos itens representativos de sua dieta (Hahn *et al.* 2004; Fuem/Furnas 2005). Segundo Borges (2007) esta espécie apresenta estratégia alimentar generalista nas primeiras fases de vida havendo tendência ao incremento desta estratégia nos indivíduos maiores, devido a sua maior capacidade de predação. Nesse sentido, pelas características antes apresentadas, *A. osteomystax* foi utilizada como

indicadora de mudanças na disponibilidade de recursos alimentares em resposta às variações no ambiente.

Dessa forma, considerando que a densidade calórica e o fator de condição dos organismos podem refletir modificações do ambiente, o presente trabalho tem como objetivo responder às seguintes questões: i) a energia armazenada nos músculos e a condição corporal da espécie *A. osteomystax* apresentaram variações associadas ao cultivo em tanques-rede?, ii) a energia presente nos músculos reflete a condição corporal do peixe? e iii) mudanças nos fatores limnológicos como turbidez, matéria orgânica, gás carbônico, condutividade, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, nitrato e amônia relacionam-se a essa variação?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O reservatório de Rosana foi construído em 1986 no rio Paranapanema, um dos principais afluentes da margem esquerda do Rio Paraná, na divisa dos estados do Paraná e São Paulo ($22^{\circ}36'S$ $52^{\circ}52'W$). É um reservatório de pequena profundidade, com amplas áreas marginais e do tipo fio de água (CESP 1998).

Em dois braços deste reservatório, nos rios Corvo ($22^{\circ}38'19''S$ e $52^{\circ}47'16''W$) e Guairacá ($22^{\circ}38'18''S$ e $52^{\circ}43'21''$), próximos aos municípios de Diamante do Norte e Terra Rica, no estado do Paraná, foram realizados experimentos de cultivo em tanques-rede, de abril a agosto de 2006 (Figura 1).

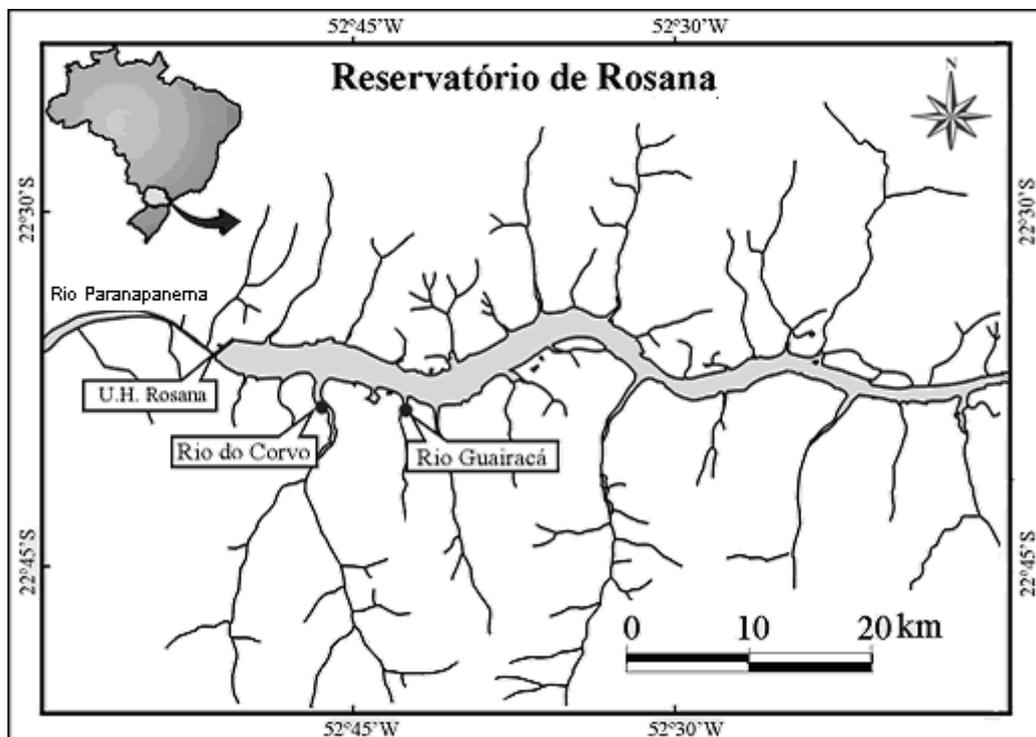


Figura 1. Mapa do reservatório de Rosana, indicando a localização dos tanques-rede nos rios Corvo e Guairacá (●).

Em cada um dos braços foram dispostas três baterias de cinco tanques-rede, com dimensões de 2 x 2 x 1,7 m e 6m³ de volume, sendo cultivados neles exemplares de tilápias do nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758).

Amostragem

As coletas dos exemplares de *A. osteomystax* foram realizadas mensalmente nas imediações dos tanques-rede e a 400 metros à montante e a 400 metros à jusante dos mesmos (Figura 2), sendo que a primeira coleta foi realizada 15 dias antes da introdução dos peixes nos tanques, o qual corresponderá aos valores referenciais de densidade calórica e fator de condição de *A. osteomystax* pré-existent no local. Em cada ponto amostrado foram expostas por 24 horas redes de espera de diferentes malhagens (de 2,4 a 16 cm entre nós adjacentes), com revistas a cada 8 horas.

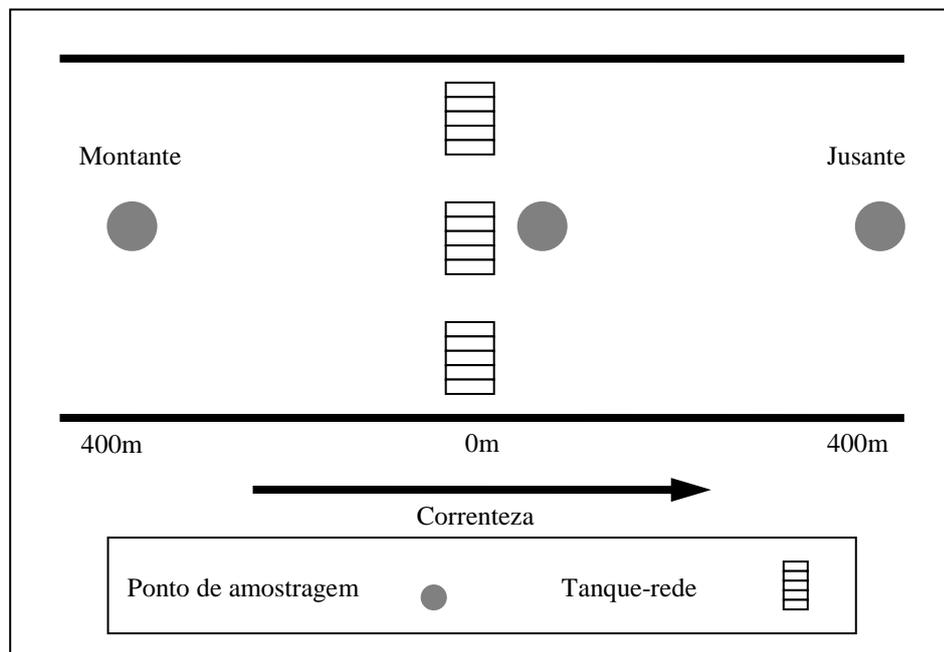


Figura 2. Desenho esquemático das amostragens realizadas nos rios Corvo e Guairacá, reservatório de Rosana (SP-PR) para obtenção de exemplares de *A. osteomystax*.

Obtenção de dados biométricos

Após a captura de cada exemplar de *A. osteomystax*, foram tomados o comprimento padrão (Cp), em centímetros e o peso total (Pt), em gramas. Foi determinado o estágio de maturação gonadal, sendo considerados os caracteres macroscópicos das gônadas: tamanho, coloração, vascularização e visualização de ovócitos (Vazzoler 1996).

Com o intuito de reduzir a variabilidade inerente a taxa de crescimento, sexo e estágio de maturação gonadal, foram considerados, no presente estudo, somente fêmeas em repouso e de Cp entre 17 e 19cm.

Determinação da densidade calórica e fator de condição

De cada indivíduo foram extraídas amostras de musculatura provenientes da região próxima a inserção da nadadeira dorsal. As amostras foram acondicionadas em papel alumínio,

etiquetadas e congeladas. Posteriormente, foram secas em estufa de ventilação forçada a 60°C durante 72h e maceradas para obtenção de um pó fino e homogêneo. A densidade calórica de cada indivíduo, medida em caloria por grama de peso seco (cal/g PS), foi determinada em bomba calorimétrica (modelo Parr 1261), a qual mede o valor energético dos materiais biológicos através da liberação de calor durante o processo de combustão.

O estado fisiológico do peixe foi avaliado para cada indivíduo através do fator de condição (K) (Le Cren 1951), obtido pela fórmula $K=(Pt/Cp^b) \times 100$; onde Pt = peso úmido total; Cp = comprimento padrão; e b = coeficiente angular da relação linear entre o peso total e o comprimento padrão. O parâmetro b foi estimado após transformação logarítmica do peso total e comprimento padrão de todos os dados (Lima-Júnior *et al.* 2002), e subsequente ajuste de uma linha reta aos pontos pelo método dos mínimos quadrados (Zar 1999).

Obtenção das variáveis limnológicas

Os dados limnológicos foram coletados de abril a agosto de 2006 e cedidos pelo Laboratório de Limnologia do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura - Nupélia, da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. Foram utilizadas as seguintes variáveis ambientais: turbidez, matéria orgânica (MO), gás carbônico (CO₂), condutividade (COND), porcentagem de oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total (N-total), nitrato (NO₃) e amônia (NH₄).

Análise de dados

As variações mensais da densidade calórica e fator de condição foram avaliadas graficamente, considerando os valores médios e o desvio padrão.

Com o intuito de determinar possíveis diferenças significativas dos valores da densidade calórica e do fator de condição, associados aos meses e às zonas de amostragem, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) não paramétrica de Modelos Nulos (5000 randomizações) do programa EcoSim, versão 7.44 (Gotelli & Entsminger 2006). Isso devido a que os pressupostos de normalidade e homocedasticidade, da ANOVA paramétrica, não foram atingidos, nem mesmo sendo transformados. Para estes análises adotou-se nível de significância de $\alpha = 0,05$ com correção de Bonferroni para múltiplos testes de significância, sendo significativo se $p < 0,025$ para as análises realizadas.

Para identificar uma possível correlação entre os valores de densidade calórica e o fator de condição nos indivíduos amostrados, os dados foram submetidos à análise de correlação não paramétrica de Kendall-tau (correlação por postos).

A fim de sumarizar as variações mensais dos valores limnológicos de cada rio, o conjunto de dados foi submetido à Análise de Componentes Principais (ACP) (Gauch 1986) utilizando-se o pacote computacional Pcord, versão 3.15 (McCune & Melfford, 1995). A seleção dos eixos para interpretação foi realizada segundo o método de *Broken-Stick* (Jackson 1993). De acordo com isso, os três primeiros eixos obtidos em cada rio foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com o intuito de testar diferenças significativas desses valores durante o período do experimento. Após essa análise e para investigar uma possível relação entre os escores dos eixos da ACP com a densidade calórica e o fator de condição, os dados foram submetidos à análise de correlação não paramétrica de Kendall-tau (correlação por postos).

Para a elaboração dos gráficos e as análises de correlação foi utilizado o programa STATISTICA (versão 7.1).

RESULTADOS

Foram analisados 223 fêmeas, sendo 113 provenientes do rio Corvo e 110 do rio Guairacá. Os valores médios de densidade calórica do músculo de *A. osteomystax* em Corvo apresentaram diferenças significativas entre os meses de amostragem ($F = 7,82$; $p = 0,000$), sendo que em agosto foi observado o maior valor calórico (7563 ± 128 cal/g PS) e o menor valor foi constatado em junho (4581 ± 68 cal/g PS). Em Guairacá, também verificaram-se diferenças significativas entre as médias calóricas de *A. osteomystax* durante os meses de amostragem ($F = 6,06$; $p = 0,0002$), sendo que em agosto, foi observado o maior valor (6568 ± 90 cal/g PS) e o menor em abril (4544 ± 92 cal/g PS) (Figura 3). O efeito da zona de amostragem, para ambos os rios, não foi observado como indicado pela ausência de diferenças significativas entre os valores médios (Corvo: $F = 0,662$; $p = 0,518$; Guairacá: $F = 0,587$; $p = 0,558$).

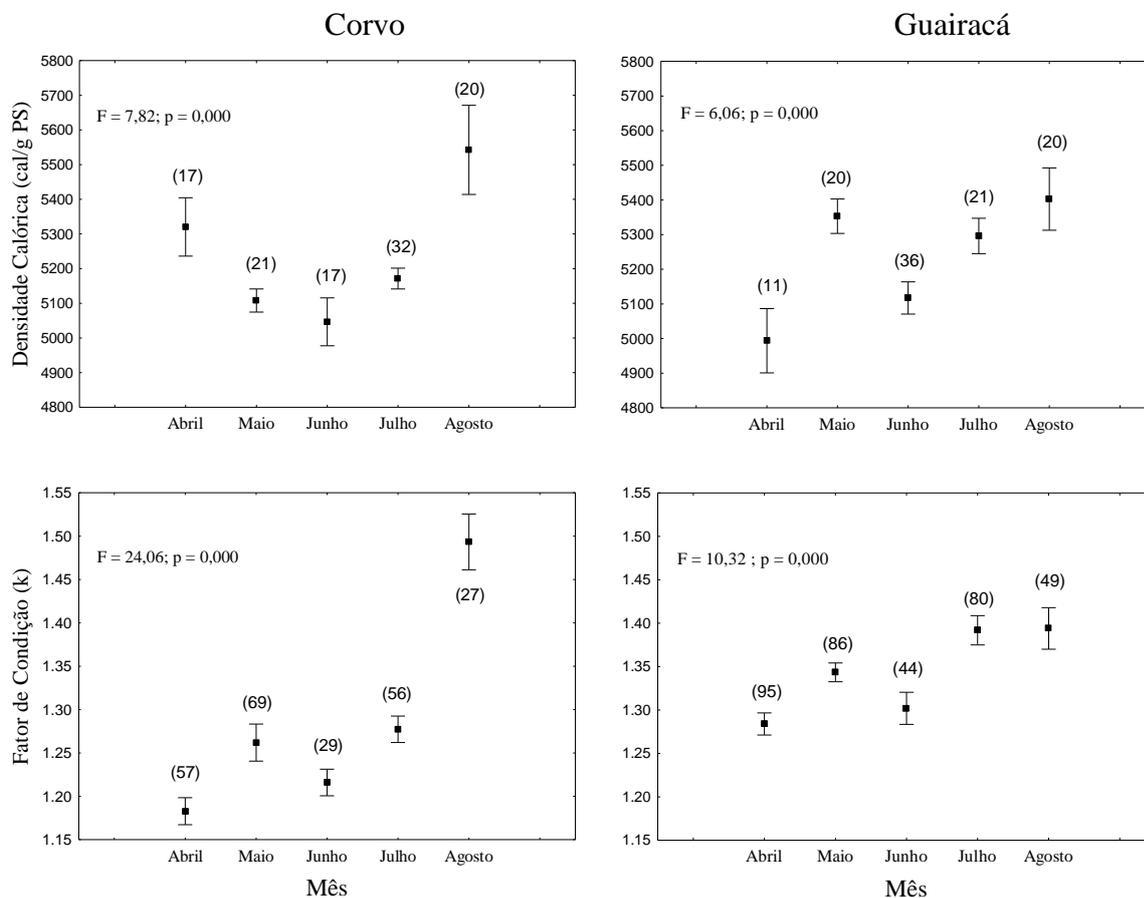


Figura 3. Valores médios da densidade calórica e do fator de condição (■) para *A. osteomystax* durante o período do experimento nos rios Corvo e Guairacá, no reservatório de Rosana (PR) (Número de espécimes amostrados entre parênteses; Erro padrão = barras verticais).

As médias do fator de condição diferiram significativamente entre os meses de estudo (Corvo: $F = 24,06$, $p = 0,000$; Guairacá: $F = 10,32$, $p = 0,000$). Em Corvo observou-se que o mês de agosto apresentou o maior valor ($1,76 \pm 0,031$) enquanto em abril foi registrado o menor ($0,37$

$\pm 0,014$). Para as amostragens realizadas em Guairacá constatou-se que o maior valor foi registrado em agosto ($1,89 \pm 0,01$) enquanto o menor em junho ($0,93 \pm 0,018$) (Figura 3). Não foram identificadas diferenças significativas entre os valores médios do fator de condição entre as zonas tanque, à montante e à jusante para ambos os rios estudados (Corvo: $F = 0,69$; $p = 0,501$; Guairacá: $F = 0,24$; $p = 0,78$).

A partir do resultado da análise de correlação foi verificado que os valores de densidade calórica e do fator de condição de *A. osteomystax* estiveram correlacionados significativamente em ambos os rios (Corvo: $R = 0,3278$; $p < 0,05$; Guairacá $R = 0,4275$; $p < 0,05$).

A matriz de dados limnológicos foi sumarizada através de uma Análise de Componentes Principais (ACP) em cada rio estudado. Em ambos os rios, essa análise revelou a formação de três eixos significativos (componentes principais) (Tabela 1).

Tabela 1. Autovalores reais, porcentagem de explicação dos eixos e autovalores calculados pelo método de *Broken-Stick* para os três primeiros eixos gerados pela ACP nos rios Corvo e Guairacá.

Rios	Eixos	Autovalor	% de Variância	Autovalor de <i>Broken-Stick</i>
Corvo	1	5,47	34,21	3,38
	2	3,66	22,90	2,38
	3	2,61	16,23	1,88
Guairacá	1	2,93	36,60	2,71
	2	1,78	22,25	1,71
	3	1,67	20,90	1,23

Em Corvo os três primeiros eixos da ACP explicaram 73% da variabilidade total. As variáveis que melhor discriminaram, durante o período de realização do experimento, foram o NO_3 e a MO, com valores positivos e o NH_4 e o N-total com valores negativos. Para Guairacá, os três primeiros eixos explicaram 79% da variabilidade total. A formação desses eixos foi fortemente influenciada pela turbidez, NO_3 e N-total (valores positivos) e NH_4 , OD e CO_2 (valores negativos) (Figura 4).

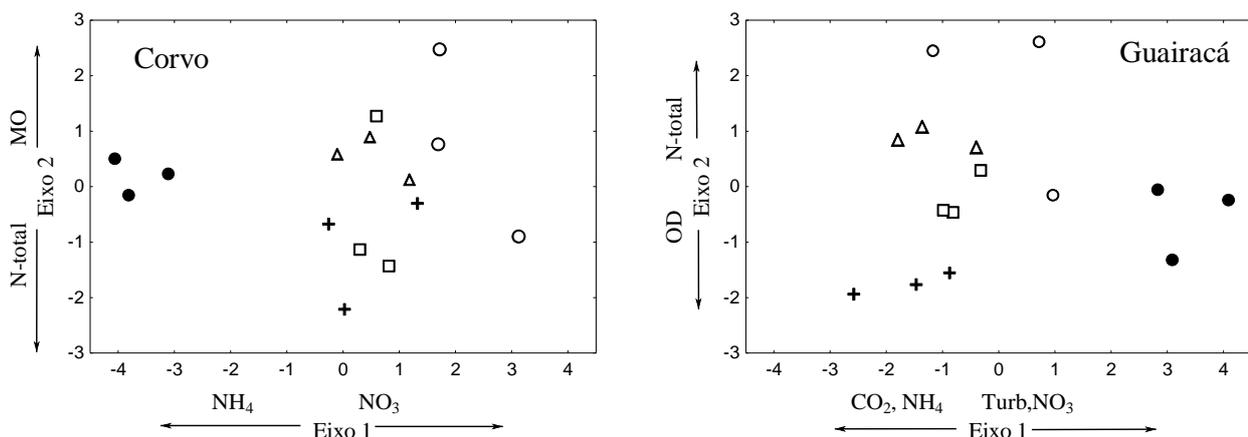


Figura 4. Distribuição dos escores da análise de componentes principais (ACP) para as variáveis limnológicas durante o experimento nos rios Corvo e Guairacá. Abril = (●); Maio = (□); Junho = (○); Julho = (Δ); Agosto = (+).

Os eixos da ACP das variáveis limnológicas apresentaram diferenças significativas para ambos os rios durante o período do experimento, sendo que apenas o eixo 3 de Corvo não apresentou diferença significativa entre os meses (Figura 5).

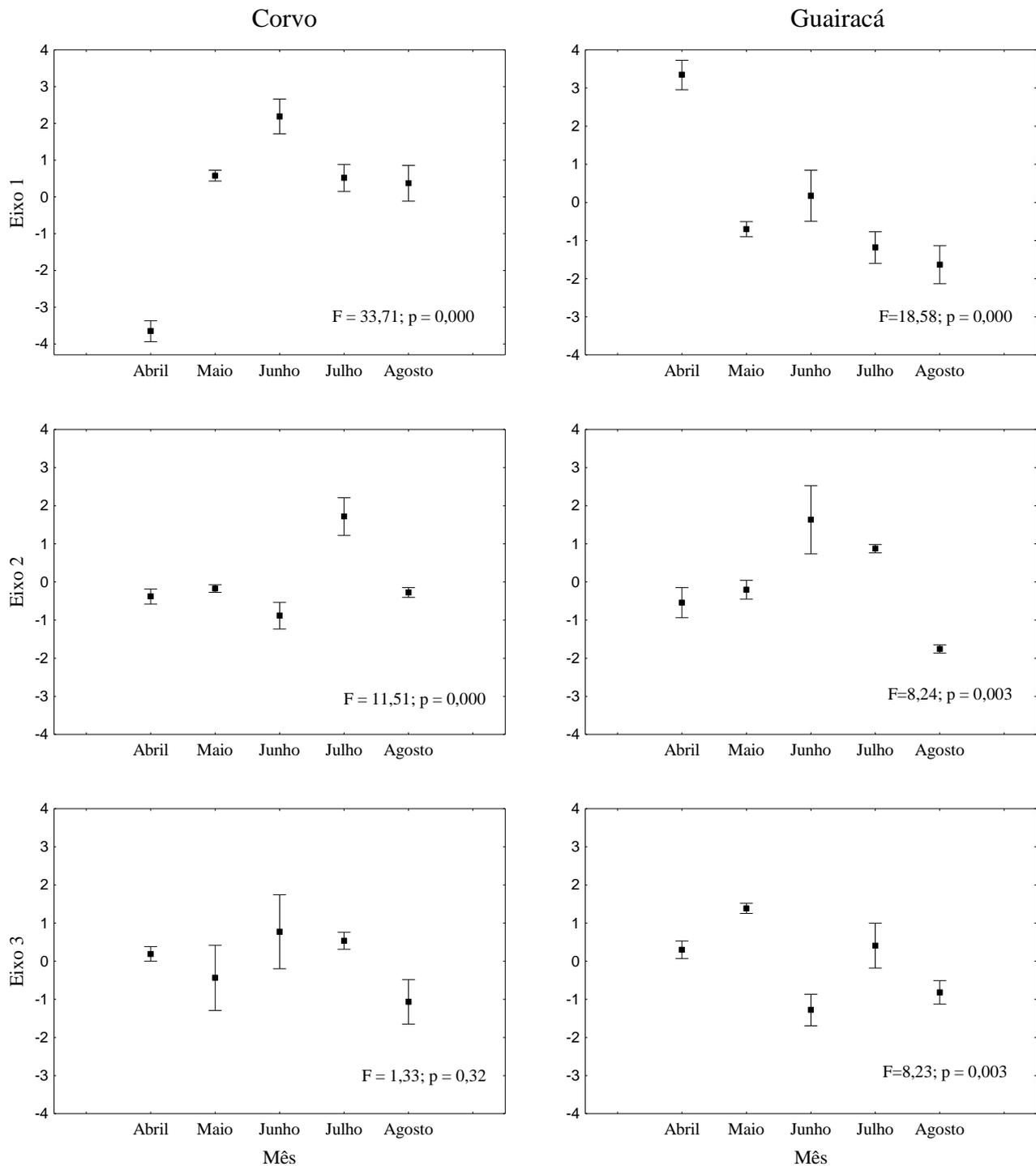


Figura 5. Valores médios (■) dos escores da Análise de Componentes Principais (ACP) realizada para as variáveis limnológicas nos rios Corvo e Guairacá, reservatório de Rosana (PR), de abril a agosto de 2006 (Erro padrão = barras verticais).

A relação entre os eixos da ACP e os valores da densidade calórica foi determinada através das análises de correlação. Encontrou-se correlações significativas ($p < 0,05$) com o eixo 1 da ACP em Corvo e com o eixo 1 da ACP em Guairacá. Para o fator de condição, a análise de correlação apenas indicou correlações significativas ($p < 0,05$) com o eixo 1 da ACP em Guairacá (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes de correlação (Kendall-tau) entre os 3 primeiros eixos da ACP e a densidade calórica (DC) e o fator de condição (K) de *A. osteomystax* para o rio Corvo e o rio Guairacá, reservatório de Rosana (PR). (* correlação significativa: $p < 0,05$).

	Corvo		Guairacá	
	DC	K	DC	K
ACP 1	-0,5378*	-0,1392	-0,7571*	-0,7399*
ACP 2	-0,3821	-0,2508	-0,2536	-0,0559
ACP 3	0,0079	0,3751	-0,1472	0,2785

DISCUSSÃO

A tendência geral em ambos os rios analisados foi o aumento na densidade calórica ao longo do experimento. Diversos autores têm verificado variações na alocação de energia em peixes por efeito de fatores bióticos como crescimento, reprodução, (Bryan *et al.* 1996; Doria & Andrian 1997; Finstad *et al.* 2002; Santos 2006), por mudanças nas condições abióticas (Fry 1979; Wootton 1990; Jobling 1994) ou pela disponibilidade de recursos alimentares (Pandian & Vivekanandan 1985).

Entretanto, no presente experimento, considerou-se apenas fêmeas em repouso e com tamanho semelhante. Desse modo, as variações na densidade calórica de *A. osteomystax* encontradas no presente trabalho estiveram restritas às mudanças nas condições ambientais e na disponibilidade de recursos alimentares.

O intenso aporte de nutrientes decorrente do cultivo de peixes em tanques-rede pode promover proliferação de outras comunidade aquáticas, como a fitoplânctônica e zooplânctônica nas áreas adjacentes (Guo & Li 2003). Elevados valores de CPUE para *A. osteomystax* nos dois primeiros meses após a instalação dos tanques-rede, coincidiram com elevadas densidades de organismos zooplânctônicos (Universidade Estadual de Maringá 2006). Provavelmente, esses organismos forneceram a espécie mais uma opção de dieta, tendo em vista que ela, embora tenha tendência a insetivoria, apresenta plasticidade alimentar, sendo capaz de consumir itens localmente disponíveis como organismos planctônicos (Lowe-McConnell 1999; Fiem/Furnas 2005; Borges 2007). Este fato é confirmado através das análises preliminares dos conteúdos estomacais que evidenciaram mudanças na dieta de *A. osteomystax* de insetos para zooplâncton, junto com incremento no consumo deste último após a instalação dos tanques-rede (Laboratório de Ecologia Trófica de Peixes, Nupélia, comunicação pessoal).

Segundo Wootton (1990), as espécies podem responder às variações na disponibilidade de alimento com mudanças na dieta, economizando da melhor forma possível a energia na captura. A teoria de forrageamento ótimo tenta explicar como um peixe escolhe entre fontes

alternativas de alimento, julgando os benefícios e custos na escolha de uma fonte em contraste com a outra (Gerking 1994). Baseado nessa teoria, pode-se hipotetizar que *A. osteomystax* alterou seu comportamento alimentar, utilizando o recurso mais abundante e acessível no ambiente, o zooplâncton (Dias *et al.* 2007). Desta forma, alcançou o máximo de ganho de energia líquida e economizou energia na captura devido a sua alta abundância. Sendo a taxa de consumo do alimento suficientemente alta, o peixe pôde ter sintetizado novos tecidos, os quais foram estocados no corpo na forma de gordura (Pandian & Vivekanandan 1985).

Estes resultados concordam com o estabelecido por Adams *et al.* (1982). Estes autores consideraram a disponibilidade de recursos alimentares como o fator primário na distribuição de energia para os peixes. Da mesma forma, Pedersen & Hislop (2001) estudando padrões de alocação de energia em peixes do mar do Norte (Europa), determinaram que as variações na densidade energética estiveram associadas a mudanças no consumo de alimento.

Possivelmente, *A. osteomystax*, também tenha incrementado sua energia somática não apenas pelo aumento na abundância do alimento, mas também por estar alimentando de organismos com maior valor energético como o zooplâncton. Tendências similares foram relatadas por Pothoven *et al.* (2006) e Madenjian *et al.* (2006). Para estes autores, elevados valores na densidade energética em peixes dos lagos Hurón e Michigan (América do Norte) é atribuída a variações na dieta e ao maior conteúdo energético das espécies presa. Adicionalmente, este incremento na alocação de energia pela diminuição do nível trófico é a base do paradigma da dinâmica trófica (Lindeman 1991).

O fator de condição têm sido usado como indicador do estado fisiológico e de mudanças na composição do corpo, refletindo variações recentes nas condições alimentares (Filbert & Hawkins 1995; Benedito-Cecilio *et al.* 2005). De acordo a Gomiero & Braga (2005), mudanças no fator de condição podem também refletir alterações no balanço metabólico e na repleção estomacal.

Neste estudo, foi verificado que os maiores valores do fator de condição foram constatados no último mês de experimento. Elevados valores de fator de condição têm sido observados por Santos *et al.* (2006) estudando fêmeas de *Pimelodella gracilis* do rio Amambai (Mato Grosso do Sul). Eles observaram maiores valores de fator de condição no verão, como possível consequência da maior atividade alimentar que os indivíduos apresentaram durante a primavera. A maior disponibilidade de presas é destacada por Santos *et al.* (2001) para explicar a melhor condição apresentada por *Cichla monoculus* no reservatório de Lajes (Rio de Janeiro), em relação a outros reservatórios.

Entretanto, Vazzoler & Vazzoler (1965) apontam que o fator de condição não apenas reflete a atividade alimentar de um peixe adulto, mas também permite inferências sobre o estado de maturação gonadal, baseado no incremento de reservas de gordura durante o período de desova. Desse modo, o fator de condição tem sido considerado como bom indicador do período de reprodução por ser maior no período de maior atividade reprodutiva (Le Cren 1951; Barbieri & Verani 1987).

Considerando que o presente estudo contemplou apenas fêmeas em repouso, pode-se inferir que esse incremento não esteve relacionado com o período de maturação gonadal da espécie. Assim, os resultados obtidos no presente trabalho indicam que o fator de condição mostrou-se eficaz como ferramenta para evidenciar mudanças nas condições tróficas do ambiente.

Por outro lado, não foram constatadas diferenças significativas entre os valores da densidade calórica e o fator de condição de *A. osteomystax* entre as zonas à montante, no tanque e à jusante. Considerando que os peixes são organismos bastante móveis que se deslocam a procura do alimento, é possível que o cultivo em tanques-rede tenha influencia nos organismos

que habitam não somente nas áreas próximas aos tanques, mas também em todo o braço do reservatório. Diversos autores têm verificado que a energia armazenada nos músculos correlaciona-se significativamente com a condição geral do peixe (Herbinger & Friars 1991; Encina & Granado-Lorencio 1997). Entretanto, alguns outros trabalhos não têm encontrado essa correlação (Dória & Andrian 1997; Dourado 2004; Vismara *et al.* 2004) ou a tem verificado de forma não significativa (Chellappa *et al.* 1995).

No presente estudo, provavelmente, o cultivo em tanques-rede tenha influenciado à espécie *A. osteomystax* de maneira integral, tanto no acúmulo da gordura quanto na condição geral da espécie.

Segundo Encina & Granado-Lorencio (1997), pode existir um padrão de convergência sazonal caracterizado pelo incremento no armazenamento de energia somática, maturação gonadal e variações ambientais (disponibilidade alimentar e regime de cheias). No entanto, no presente trabalho houve ausência de atividade reprodutiva de *A. osteomystax*. Dessa forma, é possível inferir que a antecipação do armazenamento energético somático apresentada pela espécie, possa, ao longo prazo, influenciar nos diferentes processos inerentes à espécie.

Mudanças nas condições abióticas do ambiente podem ter uma forte influência na capacidade do peixe em regular a alocação de energia (Dourado & Benedito-Cecilio 2005), sendo a cultivo em tanques-rede um dos principais fatores que promove tais mudanças (Agostinho *et al.* 2007). Segundo Troell & Berg (1997) o cultivo de peixes em tanques-rede ainda pode alterar as condições da água pela entrada constante e elevada de nutrientes como o nitrogênio, fósforo e carbono, os quais elevam os teores de certos compostos como NH_4 e CO_2 e incrementam a demanda no consumo de oxigênio. Nesse sentido, no presente trabalho, verificou-se que o incremento nos valores calóricos e no índice fisiológico de *A. osteomystax* esteve correlacionado com variações nos valores limnológicos, tais como o N-total, CO_2 , NH_4 , MO e OD. Relação entre a energia armazenada nos músculos de peixes e de insetos aquáticos com o estado trófico do ambiente têm sido verificada por Higuti *et al.* (2003) e Dourado *et al.* (2005). Esses autores encontraram maior quantidade de energia nos músculos de organismos que habitam ambientes com maior concentração de nutrientes. Adicionalmente, variações nos níveis de oxigênio dissolvido na água também podem influenciar sobre os índices de ingestão de alimento e, portanto, na alocação de energia (Jobling 1994).

Estudos realizados em reservatórios do Estado de Paraná constataram influência do grau de trofia dos mesmos sobre os padrões de algumas comunidades como bactérias e protozoários (Pagioro *et al.*, 2005), fitoplâncton (Rodrigues *et al.* 2005) e insetos aquáticos (Higuti *et al.* 2005). Desse modo, a variação nas condições limnológicas observadas no presente trabalho, estaria promovendo alterações em outras comunidades biológicas, propiciando mudanças nas condições tróficas no ecossistema. Tais mudanças influenciaram à espécie quanto a alocação de energia e bem estar geral.

Embora no rio Corvo tenha sido observado decréscimo na densidade calórica de *A. osteomystax* logo após a instalação dos tanques, com o transcurso do tempo, esses valores foram aumentando, até encontrarem-se mais elevados do que os iniciais. Entretanto, em Guairacá, observou-se incremento nesses valores desde o início do experimento. Essa diferente resposta na alocação de energia de *A. osteomystax* entre ambos os rios pode ser explicada pela entrada de material alóctone dado pela presença de uma feclaria na montante do rio Corvo. Esse fato poderia estar incrementando os teores dos nutrientes nesse rio. Assim, corrobora-se que as condições limnológicas do ambiente podem ter forte influencia nas formas de alocação de energia nos organismos.

Dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que, para *Auchenipterus osteomystax*, a instalação dos tanques-rede proporcionou um incremento na disponibilidade

alimentar, o qual elevou sua condição corporal e permitiu maior aporte energético e, portanto, uma maior alocação de energia somática. Essas variações podem-se refletir nos demais componentes do sistema, uma vez que a transferência de energia dentro do ecossistema possui efeito cumulativo na cadeia alimentar (Dourado & Benedito-Cecilio 2005). Dessa forma, estudos que tomem em consideração outras espécies ou grupos tróficos poderiam auxiliar no esclarecimento das mudanças nas vias da energia e, conseqüentemente, nas relações ecológicas dentro de um ecossistema, quando submetido a cultivo de peixes, possibilitando a tomada de medidas adequadas de manejo. Mesmo considerando o impacto positivo do cultivo sobre a condição corporal e o aporte energético da espécie estudada, análises mais detalhadas devem ser conduzidas afim de determinar quais seriam os efeitos disso sobre os diferentes processos vitais das espécies, tais como a reprodução, para avaliar de forma mais satisfatória o real impacto desta atividade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PRONEX e ao curso de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) pelo apoio financeiro e logístico; ao CNPq pela concessão da bolsa, a toda equipe do PRONEX/2006; aos laboratórios de Limnologia e Ecologia Trófica do Nupélia/UEM. À Maria Salete Arita e João Fabio Hildebrandt pelo auxílio com o material bibliográfico; ao Jaime pela elaboração do mapa; aos Drs. Sidinei M. Thomaz., Luiz Carlos Gomes e José Arenas Ibarra pelas sugestões ao trabalho e a toda equipe do Laboratório de Ecologia Energética UEM/NUPELIA.

REFERÊNCIAS

- Adams S.M., McLean R.B., Parrotta J.A. (1982) Energy partitioning in largemouth bass under conditions of seasonally fluctuating prey availability. *Transactions of the American Fisheries Society* **111**, 549-558.
- Agostinho A.A., Gomes L.C., Pelicice F.M. (2007) *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em Reservatórios do Brasil*. EDUEM, Maringá.
- Agostinho A.A., Bini L.M., Gomes L.C., Júlio J.H.F., Pavanelli C.S., Agostinho C.S. (2004) Fish assemblages. In: Upper Paraná River and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation (ed. by S.M. Thomaz, A.A. Agostinho, N.S. Hahn), pp 223-246. Backhuys Publishers, Leiden.
- Barbieri G., Verani J.R. (1987) O fator de condição como indicador de desova em *Hypostomus* aff. *plecostomus* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes, Loricariidae), na represa do Monjolinho (São Carlos, SP). *Ciência e Cultura* **39**(7), 655-658.
- Bez M., Guerreschi R.M., Zaniboni-Filho E. & Nuner A.P.O. (2007) Cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório da UHE Itá: influência sobre a comunidade bentônica. In: *Anais do XI Congresso Brasileiro de Limnologia, Macaé*.
- Benedito-Cecilio E., Pereira A.L., Baleroni H. & Faria A.C.E.A. de (2005) Effects of habitat on physiological indicators in *Leporinus friderici* (Pisces, Anostomidae) in the influence area of the Corumbá reservoir, Goiás, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensis* **17**(1), 71-79.
- Beveridge M.C.M. (1987) *Cage aquaculture*. Fishing News Books, Oxford.

- Borges R.Z. (2007) *Variação temporal e alimentação de larvas de Auchenipterus osteomystax (Miranda-Ribeiro, 1918) (Osteichthyes, Auchenipteridae) do rio Ivinheima, planície de inundação do alto rio paraná, Brasil*. Dissertation, Universidade Estadual de Maringá.
- Bryan S.D., Soupir C.A., Duffy W.G. & Freiburger C.E. (1996) Caloric densities of three predatory fishes and their prey in Lake Oahe, South Dakota. *Journal of Freshwater Ecology* **11**: 153-161.
- CESP (1998) *Conservao e manejo nos reservatórios: limnologia, ictiologia e pesca*. São Paulo: Série Divulgao e Informao **220**.
- Chellappa S., Huntingford F.A., Strang R.H. & Thomson R.Y. (1995) Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback. *Journal of Fish Biology* **47**, 775-787.
- Dannewitz J. & Petersson E. (2001) Association between growth, body composition and anti-predator behavior in maturing and immature brown trout parr. *Journal of Fish Biology* **59**, 1081-1091.
- De Angelis D.L., Mulholland P.J., Palumbo A.V., Steinman A.D., Huston M.A. & Elwood J.W. (1989) Nutrient Dynamics and Food-Web Stability. *Annual Review of Ecology and Systematics* **20**, 71-95.
- Dias J. (2008) Impacto da piscicultura em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade zooplanctica em um reservatório subtropical, Brasil. Dissertation, Universidade estadual de Maringá.
- Doria C.R.C. & Andrian I.F. (1997) Variation in energy content of somatic and reproductive, tissues related to the reproductive cycle and feeding of female *Pimelodus maculatus* Lacpde, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) and *Schizodon borellii* Boulenger, 1895 (Characiformes, Anostomidae). *Revista UNIMAR* **19**(2), 421-437.
- Dourado E.C. dos S. (2004) *Variaoes no conteúdo calórico de peixes de reservatórios do Estado do Paraná*. Dissertation, Universidade Estadual de Maringá.
- Dourado E.C. dos S. & Benedito-Cecilio E. (2005) *Ecologia energética de peixes: influência de fatores abióticos e bióticos*. EDUEM, Maringá.
- Dourado E.C. dos S., Benedito-Cecilio E. & Latini J.D. (2005) O grau de trofia do ambiente influencia a quantidade de energia dos peixes? In: *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais* (ed. by L. Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & L.C. Gomes), pp. 211-222. RIMA, São Carlos.
- Encina L. & Granado-Lorencio C. (1997) Seasonal changes in condition, nutrition, gonad maturation and energy content in barbel, *Barbus sclateri*, inhabiting a fluctuating river. *Environmental Biology of Fishes* **50**, 75-84.
- Ferreira T., Cunha L.M., Machado C., Beux L.F., Zaniboni-Filho E. & Nuer P.O. (2007) Cultivo de dourado (*Salminus brasiliensis*) em tanques-rede no reservatório da UHE It: influência sobre a qualidade da gua. In: *Anais do XI Congresso Brasileiro de Limnologia, Maca*.
- Filbert R.B. & Hawkins C.P. (1995) Variation in condition of rainbow trout in relation to food, temperature and individual length in the Green River, Utah. *Transactions of the American Fisheries Society* **124**, 824-835.
- Finstad A.G., Berg O.K., Langeland A. & Lohrmann A. (2002) Reproductive investment and energy allocation in an alpine arctic charr, *Salvelinus alpinus*, population. *Environmental Biology of Fishes* **65**, 63-70.
- Fry F.E.J. (1979) The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: *Fish Physiology* 6 (ed. By W.S. Hoar & D.J. Randall). Academic Press, New York, pp 1-98.

- Fuem-Furnas. (2005) *Biologia pesqueira e pesca na área de influência do APM Manso: Biologia, Ecologia e Socioeconômica*. Fundação Universidade Estadual de Maringá/Nupélia/FURNAS. [Relatório técnico].
- Gauch H.G. (1986) *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gerking S.D. (1994) *Feeding ecology of fish*. Academic Press, San Diego.
- Gomiero L.M. & Braga F.M. de S. (2005) The condition factor of fishes from two river basins in São Paulo state, Southeast of Brazil. *Acta Scientiarum* **27**(1), 73-78.
- Gotelli N.J. & Entsminger G.L. (2007) *EcoSim: Null models software for ecology*. Version 7 Acquired Intelligence Inc., Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. Available in: <http://garyentsminger.com/ecosim.htm>. Accessed 25 fev. 2008.
- Guo L. & Li L.Z. (2003) Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze basin of China. *Aquaculture* **226**, 201-212.
- Hahn N.S., Fugi R. & Andrian I.F. (2004) Trophic ecology of the fish assemblages. In: *The Upper Paraná River and its Floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation* (ed. by S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn) pp. 247-269. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Herbinger C.M. & Friars G.W. (1991) Correlation between condition factor and total lipid content in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. *Aquaculture and Fisheries Management* **22**, 527-529.
- Higuti J., Bagatini Y.M., Takahashi M.A., Zviejkovski I.P., Dias V.G. & Benedito-Cecilio E. (2003) Efeito do estado trófico de reservatórios paranaenses sobre o conteúdo calórico de insetos aquáticos. In: *Anais do Workshop: Produtividade em Reservatórios e Bioindicadores* (ed. by L. Rodrigues, A.A. Agostinho, L.C. Gomes & S.M. Thomaz), pp. 153-160. EDUEM, Maringá.
- Higuti J., Zviejkovski I.P., Takahashi M.A. & Dias V.G. (2005) Chironomidae indicadora do estado trófico em reservatórios. In: *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais* (ed. by: L Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & L.C. Gomes), pp. 136-145. RIMA, São Carlos.
- Jackson D.A. (1993) Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* **74**, 2204-2214.
- Jobling M. (1994) *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall, London.
- Le Cren E.D. (1951) The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and conditions in the perch *Perca fluviatilis*. *Journal of Animal Ecology* **20**(2), 201-219.
- Lima-Júnior S.E., Cardone I.B. & Goitein R. (2002) Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. *Acta Scientiarum* **24**(2), p. 397-400.
- Lindeman R.L. (1991) The trophic-dynamic aspect of ecology. In: *Foundations of Ecology: classic papers with commentaries* (ed. by: L.A. Real & J.H. Brown), pp. 157-176. Foundational Papers, Paper 7. The University of Chicago Press, Chicago, London.
- Lowe-McConnell R.H. (1999) *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Tradução: Vazzoler A.E.A. de M., Agostinho A.A. & Cunningham P.T.M. EDUSP, São Paulo.
- Madenjian CP, Pothoven SA, Dettmers JM, Holuszko JD (2006) Changes in seasonal energy dynamics of alewife (*Alosa pseudoharengus*) in Lake Michigan after invasion of dreissenid mussels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **63**, 891-902.
- McCune B, Mefford MJ (1999) *PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data*. Version 4.01. MjM Software Design, Oregon.
- Menezes, L. C. B. & Beyruth, Z. 2003, Impactos da aquíicultura em tanques-rede sobre a comunidade bentônica da represa de Guarapiranga - São Paulo. *B. Inst. Pesca* **29**(1), 77 – 86.

- Pagioro T.A., Velho L.F.M., Lansac-Tôha F.A., Pereira D.G. & Nakamura A.K. (2005) Influência do grau de trofia sobre os padrões de abundância de bactérias e protozoários planctônicos em reservatórios do estado do Paraná. In: *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais* (ed. by: L. Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & L.C. Gomes), pp. 47-56. RIMA, São Carlos.
- Pandian, T.J. & Vivekanandan, E. (1985) Energetics of feeding and digestion. In: *Fish energetics: News perspectives* (ed. by: P. Tytler & P. Calow), pp. 99-124. Croom Helm, Sydney.
- Pedersen J. & Hislop J.R.G. (2001) Seasonal variation in the energy density of fishes in the North Sea. *Journal of Fish Biology* **59**, 380-389.
- Pereira L.S. (2008) *Alterações na dieta de populações naturais de peixes em área de cultivo de tilápia em tanques redes: efeitos da eutrofização na dieta de Auchenipterus osteomystax*. Final work of Graduation, Universidade Estadual de Maringá.
- Phillips M.J., Beveridge M.C.M. & Ross L.G. (1985) The environmental impact of salmonid cage culture in inland fisheries: present status and future trends. *Journal of Fish Biology* **27**, 123-137.
- Pianka, E.R. (1982) *Ecologia Evolutiva*. Barcelona: Omega.
- Pothoven S.A., Nalepa T.F., Madenjian C.P., Rediske R.R., Schneeberger P.J., He J.X. (2006) Energy density of lake whitefish *Coregonus clupeaformis* in Lakes Huron and Michigan. *Environmental Biology of Fishes* **76**, 151-158.
- Prus T. (1970) Caloric value of animals as an element of bioenergetical investigations. *Polskie Archiwum Hydrobiologh* **17**(30), 183-199.
- Rodrigues L.C., Train S., Pivato B.M., Bovo V.M., Borges P.A.F. & Jati S. (2005) Assembléias fitoplanctônicas de trinta reservatórios do estado do Paraná. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais* (L. Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & L.C. Gomes), pp. 57-72. RIMA, São Carlos.
- Santos R. de N. (2006) *Influência do ciclo hidrológico, maturação gonadal e categoria trófica no teor energético de peixes em uma área de várzea da Amazônia Central*. Dissertation, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) / Universidade Federal do Amazonas (UFAM).
- Santos L.N., Gonzalez A.F. & Araújo F.G. (2001) Dieta do tucunaré amarelo *Cichla monoculus* (Bloch, Schneider) (Osteichthyes, Cichlidae), no reservatório de Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **18**(1), 191-204.
- Santos S.L. dos, Viana L.F. & Lima-Junior S.E. (2006) Fator de condição e aspectos reprodutivos de fêmeas de *Pimelodella* cf. *gracilis* (Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae) no rio Amambai, Estado de Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum* **28**(2), 129-134.
- Schindler D.E. (1992) Nutrient regeneration by sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) fry and subsequent effects on zooplankton and phytoplankton. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **49**, 2498-2506.
- Siqueira N.S. (2008) *Comunidade de algas perifíticas em tanques de cultivo de peixes em reservatório : o processo de colonização e sucessão utilizando substrato artificial*. Dissertation, Universidade Estadual de Maringá.
- Slobodkin L.B. (1961) Preliminary ideas for a predictive theory of ecology. *The American Naturalist* **95**(882), 147-153.
- Starling F., Lazzaro X., Cavalcanti C. & Moreira R. (2002) Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. *Freshwater Biology* **47**(12), 2443-2452.
- Statsoft Inc. (2005) *Statistica* (data analysis software system), version 7.1. Available in: <http://www.statsoft.com>. Accessed 25 Feb 2005.

- Suzuki H.I., Pelicice F.M., Luiz E.A., Latini J.D. & Agostinho A.A. (2004) Reproductive strategies of the fish community of the Upper Paraná river floodplain. In: *Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain* (ed. by: A.A. Agostinho, L. Rodrigues, L.C. Gomes, S.M. Thomaz & L.E. Miranda), pp. 125-130, EDUEM, Maringá.
- Tavares-Dias M., Frascá-Scorvo C.M.D., Novato P.F.C. & Moraes F.R. (2000) Hematological characteristics of hybrid Florida red tilapia, *Oreochromis urolopis hornorum* x *O. mossambicus* under intensive rearing. In: *Anais of the Proceeding of the 5th International Symposium on Tilapia Aquaculture, RJ*.
- Troell M. & Berg H. (1997) Cage fish farming in the tropical lake Kariba, Zimbabwe: impacts and biogeochemical changes in sediments. *Aquaculture Research* **28**, 527-544.
- Tundisi J.G. & Henry R. (1986) Effects of enrichment on the summer surface phytoplanktonic community in a stratified tropical lake. *Revista Brasileira de Biologia* **46**(1), 231-237.
- Universidade Estadual de Maringá (2006) *Avaliação preliminar da viabilidade econômica e ambiental de inverno de tilápia nilótica em tanques-rede*. PRONEX, Nupélia/ Universidade Estadual de Maringá. [Relatório complementar].
- Vazzoler A.E.A. de M. & Vazzoler G. (1965) Relation between condition factor and sexual development in *Sardinella aurita* (Cuv & Val, 1847). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **37**, 353-359.
- Vazzoler A.E.A. de M. (1996) *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM: Nupélia, Maringá.
- Vismara M.R.; Benedito-Cecilio E. & Faria E.A.C.E. (2004) Efeito da maturação gonadal sobre o conteúdo calórico e condição geral de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum* **26**(2), 189-199.
- Weatherley A.H. & Gill H.S. (1987) *The biology of fish growth*. Academic Press, London.
- Wootton R.J. (1990) *Ecology of teleost fishes*. Chapman & Hall, London.
- Zar J.H. (1999) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.

CAPITULO II

Cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório de Rosana: uso de isótopos estáveis na avaliação da estrutura trófica aquática

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de determinar as variações na fonte de energia ($\delta^{13}\text{C}$) e na composição isotópica do $\delta^{15}\text{N}$ (indicador da posição trófica) da rede trófica aquática de um braço do reservatório de Rosana submetido a um experimento de cultivo de peixes em tanques-rede. Para isso foram analisadas as composições isotópicas de músculos de espécies de peixes pertencentes a diferentes grupos tróficos como *Auchenipterus osteomystax*, *Satanoperca pappaterra* e *Plagioscion squamosissimus*, da espécie cultivada *Oreochromis niloticus*, bem como do invertebrado *Corbicula fluminea*, do sedimento, carbono orgânico particulado (COP) e da ração para peixes ao início e ao término do cultivo em tanques-rede. Constatou-se enriquecimento significativo em $\delta^{13}\text{C}$ em todas as espécies externas aos tanques-rede e identificou-se depleção em $\delta^{13}\text{C}$ na espécie cultivada *O. niloticus* ao término do experimento. Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ para o COP e o sedimento. Por outro lado, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ das espécies *C. fluminea*, *A. osteomystax* e *O. niloticus* mostraram depleção significativa ao término do experimento. No entanto, para os peixes *S. pappaterra*, *P. squamosissimus* e para o sedimento os valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ não diferiram significativamente. Assim, estes resultados evidenciam que o cultivo de peixes em tanques-rede promoveu mudanças na fontes de energia, podendo levar a alterações na posição trófica dos organismos da rede trófica aquática. Isto pode ter fortes implicações para as espécies nativas e para o ecossistema como um todo.

Palavras – chave: tanques-rede, isótopos estáveis, fontes de energia, posição trófica, peixes de água doce, reservatório.

Fish cage culture in the Rosana Reservoir: the use of stable isotopes to assess aquatic trophic structure

ABSTRACT

The objective of this study was to assess whether the fish cage culture promoted variations in the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in an aquatic food web. The study was carried out from April to August 2006 in a tributary of the Rosana Reservoir. The isotopic compositions of fish muscle from fish outside of the cages, the fish being farmed in the cages (*Oreochromis niloticus*), the invertebrate *Corbicula fluminea*, sediment, particulate organic carbon (POC) and the fish feed were investigated. An increase in $\delta^{13}\text{C}$ values in muscle samples from the species around the cages and a depletion in the $\delta^{13}\text{C}$ values of *O. niloticus* was observed. $\delta^{15}\text{N}$ values for *C. fluminea*, *Auchenipterus osteomystax* and *O. niloticus* were found to be depleted, while those for *Satanoperca pappaterra*, *Plagioscion squamosissimus* and the sediment did not differ significantly. These results demonstrate that the fish cage culture promoted changes in the isotopic composition of the aquatic food web organisms, reflecting shifts in the trophic conditions, which could have severe implications for the native species and the ecosystem.

Keywords: net cages, stable isotopes, energy sources, trophic position, freshwater fish, reservoirs.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, alguns reservatórios, destinados a geração de energia elétrica e irrigação, vêm sendo progressivamente utilizados para instalação de projetos de cultivo em tanques-rede. Esta atividade vem crescendo em larga escala no Brasil, sendo considerada uma opção promissora de investimentos e produção alternativa de pescado (Agostinho *et al.* 2007).

Entretanto, diversos estudos têm demonstrado que a instalação de tanques-rede promove mudanças no ambiente de forma mais ou menos intensa devido aos processos de eutrofização que gera (Tundisi & Henry 1986; Agostinho *et al.* 2007), provocando variações na quantidade e disponibilidade de alimento no ecossistema. Assim, o cultivo em tanques-rede, promove intensificação no aporte de nutrientes provenientes tanto do alimento não ingerido, quanto da liberação de fezes e excreção de amônia (Troell & Berg 1997), levando a proliferação de algas nas áreas adjacentes, e portanto, alterações em diversas comunidades como a zooplancônica e a zoobêntica (Guo & Li 2003).

Alterações na produção primária, respiração e solubilidade dos carbonatos podem ser identificadas por variações nas razões isotópicas (Angradi 1994). Os isótopos estáveis nos organismos refletem a dieta durante a qual os tecidos foram sintetizados (Peterson & Fry 1987). Eles constituem uma ferramenta importante na determinação do fluxo de energia nas redes tróficas de um ecossistema. A razão do isótopo estável de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) exibe pequeno enriquecimento ao longo da cadeia trófica (0,2 a 1‰ a cada nível trófico) e é utilizado na identificação das fontes de produção aos consumidores (De Niro & Epstein 1981). As razões do isótopo estável de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) são enriquecidas cerca de 3-4‰ entre o tecido da presa e do predador, provendo uma medida da posição trófica dos consumidores (Minagawa & Wada 1984). Dessa forma, conjugando-se os valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ é possível determinar as diferentes fontes de energia dos consumidores e sua posição nas redes tróficas.

Atualmente, a poluição dos ambientes (Cabana & Rasmussen 1994; Vander Zander & Rasmussen 1996) e a introdução de espécies (Zaret & Paine 1973; Mitchell *et al.* 1996; Eby *et al.* 2006) são responsáveis pela maior parte das mudanças na estrutura e funcionamento das redes tróficas nos ecossistemas, devido especialmente às alterações no comprimento das cadeias tróficas (Post 2002). Portanto, são de suma importância os estudos que visem avaliar e quantificar as consequências de tais mudanças, em vista do fato que estas alterações podem se estender a todo o ecossistema (Dourado & Benedito-Cecilio 2005).

Partindo destas premissas, o cultivo de peixes em tanques-rede poderia estar determinando modificações nas fontes de energia e afetando a estrutura trófica no ecossistema. Dentro deste contexto, o presente trabalho objetivou determinar as variações na fonte de energia ($\delta^{13}\text{C}$) e na composição isotópica do $\delta^{15}\text{N}$ (indicador da posição trófica) de organismos pertencentes a rede trófica aquática de um braço do reservatório de Rosana submetido ao cultivo de peixes em tanques-rede. Buscou-se verificar se a ração fornecida aos peixes durante o cultivo influenciou na composição isotópica dos organismos acuáticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O reservatório de Rosana foi construído em 1986, no rio Paranapanema, um dos principais afluentes da margem esquerda do Rio Paraná, na divisa dos estados do Paraná e São

Paulo (22°36'S e 52°52'W). É um reservatório de pequena profundidade, com amplas áreas marginais e do tipo fio de água (CESP 1998).

No rio Corvo (22°38'19''S e 52°47'16''W), tributário da margem esquerda do Reservatório de Rosana, próximo ao Município de Diamante do Norte e Terra Rica (PR), foi realizado um experimento de cultivo em tanques-rede de abril a agosto de 2006 (Figura 1).

Os tanques-rede foram dispostos nas áreas de remanso, constituindo-se de três baterias de cinco tanques-rede, com dimensões de 2 x 2 x 1,7 m e 6m³ de volume, sendo cultivados neles exemplares de tilápias do nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758).

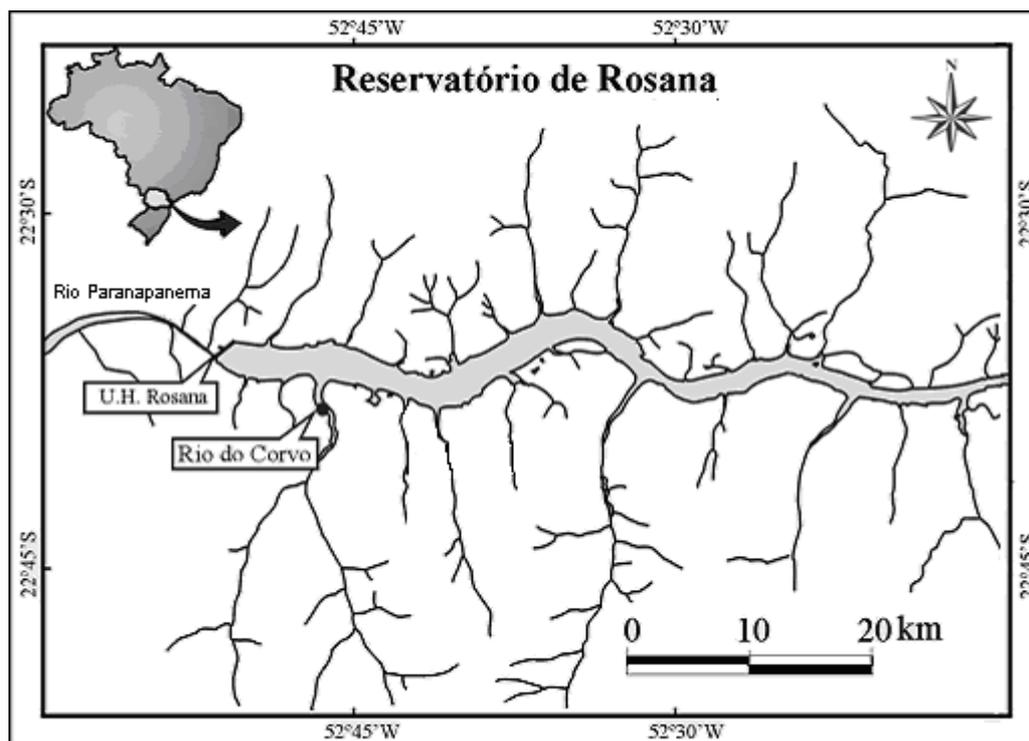


Figura 1. Mapa do reservatório de Rosana. O ponto preto indica a localização dos tanques-rede no rio Corvo.

Amostragem

As amostragens foram realizadas antes da instalação dos tanques-rede (abril de 2006) e na fase final do experimento, (agosto de 2006). Com o uso de redes de espera de diferentes malhagens (variando de 2,4 a 16 cm entre nós adjacentes) foram capturados nas imediações dos tanques-rede exemplares das espécies de peixes: *Auchenipterus osteomystax* (Miranda-Ribeiro, 1918) (N = 17, insetívoro), *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (N = 13, detritívoro/invertívoro) e *Plagioscion squamosissimus* Heckel, 1840 (N = 13, piscívoro). Foram amostrados exemplares da espécie cultivada *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (N = 20, onívoro). Após a captura de cada exemplar, foram tomados o comprimento padrão (Cp), em centímetros e peso total (Pt), em gramas. Para as análises foram consideradas apenas os indivíduos com comprimento padrão superior ao tamanho médio da primeira maturação sexual (Vazzoler *et al.*, 1996). De cada indivíduo foram extraídas amostras de musculatura provenientes da região próxima a inserção da nadadeira dorsal. Exemplares do molusco exótico filtrador *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (N = 10) foram coletados do sedimento abaixo dos tanques-rede utilizando um pegador tipo Petersen modificado. No laboratório, os tecidos foram separados das conchas. Amostras de

sedimento (N = 3) foram obtidas através de um pegador tipo Petersen modificado. Amostras de COP (carbono orgânico particulado) (N = 6) foram obtidas com auxílio de redes de plâncton de 15 μ m e retidas em filtros de fibra de vidro previamente submetidos à combustão a 550°C durante 4 horas. A ração fornecida a *O. niloticus* tinha como base proteína bruta de soja (Tabela 1). Os valores isotópicos da ração apresentados neste trabalho pertencem a amostras fornecidas aos peixes durante esta última fase.

Tabela 1. Porcentagem de proteína bruta (PB) fornecida aos peixes durante os dias do experimento em tanques-rede.

Fase	%PB	Peso do peixe (g)	Dias
1	32	≤100	30
2	26	>100 até 500	90

Todas as amostras, devidamente identificadas, foram submetidas à secagem em estufa a 60°C (durante 72 horas) e maceradas até a obtenção de pó fino e homogêneo e enviadas ao Centro de Isótopos Estáveis (CIE), da Universidade Estadual Paulista (USP) para a determinação da razão isotópica de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) em espectrômetro de massa.

Análise de dados

As variações das razões isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foram avaliadas graficamente, considerando os valores médios e o desvio padrão.

Para testar possíveis diferenças nos valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos diferentes espécimes de peixe e invertebrado, COP e sedimento entre o início e o término do experimento, os dados foram submetidos ao teste *t* para amostras dependentes e as análises gráficas foram conduzidas com o auxílio do pacote Statistica for Windows 7.1 (Statsoft Inc. 2005).

RESULTADOS

De forma geral, os valores isotópicos mais enriquecidos em $\delta^{13}\text{C}$ foram encontrados no peixe cultivado *O. niloticus* (-20,4 a -18,4‰) e os mais deplecionados foram observados para *C. fluminea* (-35,0 a -29,0‰). Essa última espécie apresentou a maior variabilidade isotópica entre o início e o término do experimento, enquanto que a menor variabilidade foi observada para o COP (-27,7 a -25,7‰) (Figura 2).

Os valores isotópicos mais enriquecidos em $\delta^{15}\text{N}$ foram verificados para o peixe *P. squamosissimus* (18,1 a 18,8‰) e os mais deplecionados foram observados para *O. niloticus* (6,1 a 6,9‰). Da mesma forma, a espécie *C. fluminea* apresentou a maior variabilidade entre os dois períodos de amostragem (9,3 a 11,7‰), enquanto que a menor foi observada para o sedimento (7,4 a 7,9‰) (Figura 2).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do COP ao término do experimento não puderam ser determinados devido a que a sensibilidade do espectrômetro não identificou o isótopo.

Os resultados do teste *t* evidenciaram que os valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ de todas as espécies de peixes externas aos tanques-rede e do invertebrado *C. fluminea* diferiram significativamente entre os meses de amostragem, verificando-se enriquecimento em $\delta^{13}\text{C}$ ao término do experimento e depleção em $\delta^{13}\text{C}$ na espécie cultivada *O. niloticus*. Entretanto, o

mesmo teste determinou que não houve diferenças significativas entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ para o COP e sedimento (Tabela 2).

Adicionalmente, os resultados do teste t para os valores de $\delta^{15}\text{N}$ evidenciaram a existência de diferenças significativas entre os valores isotópicos médios de *C. fluminea*, *A. osteomystax* e *O. niloticus* entre o início e o término do experimento. No entanto, para os peixes *S. pappaterra* e *P. squamosissimus* e para o sedimento, os valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ não apresentaram diferença significativa (Tabela 2).

Para a ração de peixes, os valores isotópicos da fase final foram $19,9 \pm 0,3\text{‰}$ e de $4,5 \pm 0,1\text{‰}$ para o ^{13}C e o ^{15}N , respectivamente.

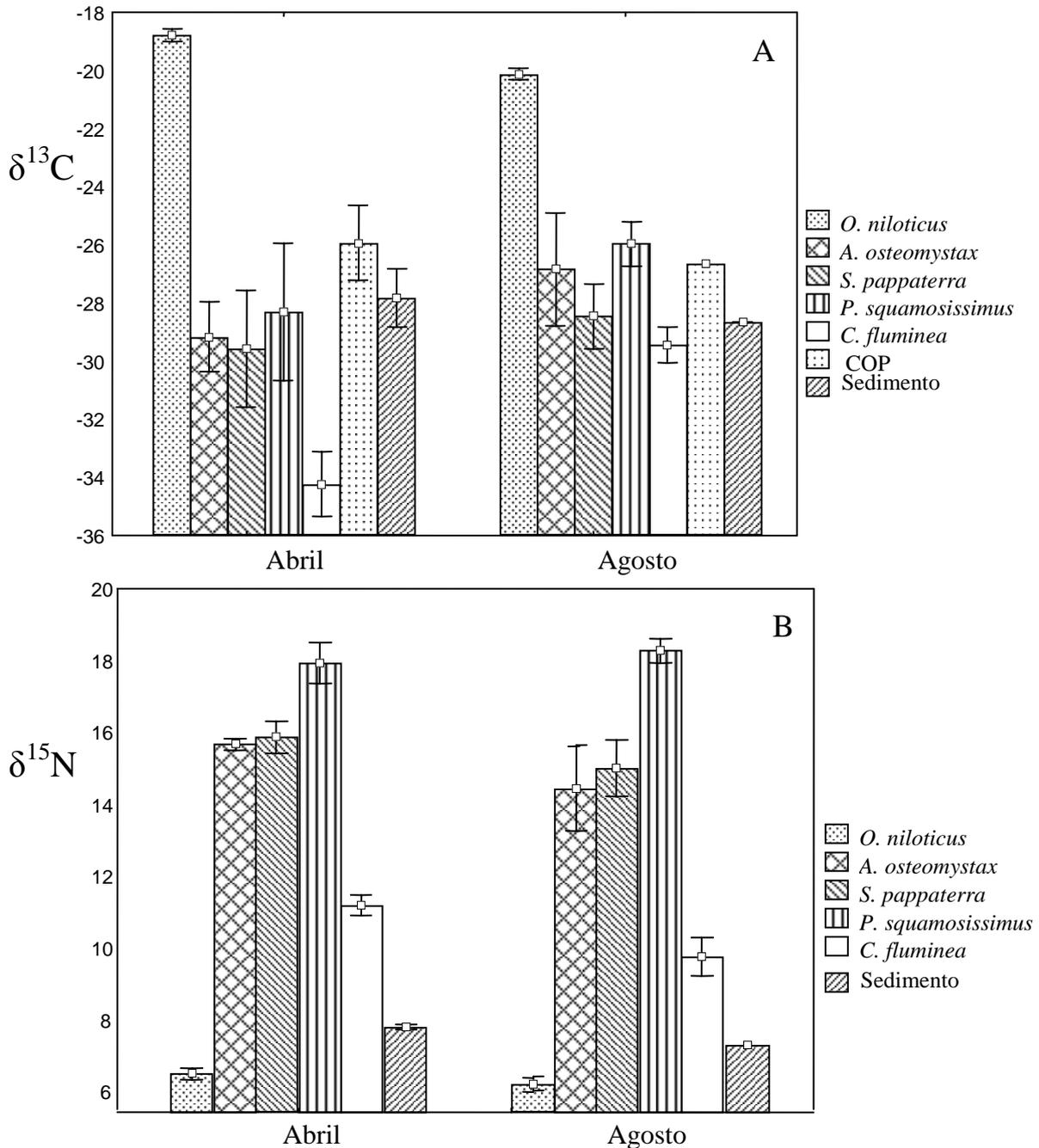


Figura 2. Comparação entre os valores médios e desvio padrão de $\delta^{13}\text{C}$ (A) e $\delta^{15}\text{N}$ (B) ao início e ao término do experimento.

Tabela 2. Valores obtidos através do teste *t* entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ao início (abril-2006) e ao término (agosto-2006) do experimento, no rio Corvo, reservatório de Rosana (PR). *=-diferença significativa; [--] Não foram obtidas os valores de $\delta^{15}\text{N}$ do COP em agosto.

	Carbono		Nitrogênio	
	<i>t</i>	p	<i>t</i>	p
<i>A. osteomystax</i>	-6,92	0,000 *	2,66	0,037 *
<i>S. pappaterra</i>	-18,46	0,000*	1,28	0,290
<i>P. squamosissimus</i>	-7,10	0,006*	-0,59	0,597
<i>O. niloticus</i>	44,06	0,000 *	6,69	0,000*
<i>C. fluminea</i>	-35,25	0,000 *	5,38	0,033 *
COP	-1,25	0,429	--	--
Sedimento	0,66	0,627	6,41	0,098

DISCUSSÃO

Fatores externos, como a introdução de espécies, exploração desordenada da pesca, atividades de piscicultura e outras perturbações podem ter um papel importante na estruturação das redes tróficas aquáticas (Vanni *et al.* 1990; Kitchell *et al.* 2000; Pinnegar & Polunin 2000). Assim, o uso de isótopos estáveis em estudos ecológicos pode servir como ferramenta importante para traçar as vias da matéria orgânica nas redes tróficas e suas variações (Vander Zanden *et al.* 2003; Schmidt *et al.* 2007), pois as composições isotópicas em um organismo encontram-se sob o controle de fatores endógenos e exógenos, sendo claramente o alimento o fator mais importante para os organismos (Vander Zander & Rasmussen 2001). Decorrente disso, nos últimos anos, têm se incrementado o reconhecimento dos estudos ao nível de ecossistemas como cruciais para entender e predizer seus principais processos (Schindler 1998).

No presente trabalho, observou-se que as razões isotópicas dos peixes se sobrepuseram àquelas das plantas C3 encontradas por Manetta *et al.* (2003) e Benedito-Cecilio *et al.* (2004) na planície de inundação do alto rio Paraná, independente do grupo trófico. Dessa forma, pode-se inferir, que no ambiente estudado, os peixes também obtêm sua energia das plantas C3 tais como macrófitas, perifiton e vegetação ripária (com exceção do fitoplâncton) ou pelo uso indireto delas através da assimilação de organismos consumidores dessas plantas, como fungos, bactérias e invertebrados.

De maneira geral, o presente trabalho identificou alterações nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ dos organismos estudados entre o início e o término do experimento. Modificações do ambiente por efeito da instalação de tanques-rede (Penczak *et al.* 1982), junto com a elevada plasticidade alimentar das espécies (Lowe-McConnell 1999) poderiam explicar tais alterações.

Segundo Hahn & Cunha (2005), *S. pappaterra* (detritívora-invertívora) seleciona seu alimento de acordo com a sua abundância no ambiente. Para a espécie *A. osteomystax*, diversos autores têm encontrado que a dieta é baseada em insetos aquáticos e terrestres, frutos/sementes e microcrustáceos, demonstrando amplo espectro alimentar (Fuem/Furnas 2005; Borges 2007). Da mesma forma, *P. squamosissimus* tem a capacidade de alterar seu comportamento alimentar de acordo com a disponibilidade das presas (Hahn *et al.* 1997; Almeida *et al.* 1997). Assim, é possível as espécies estudadas, pelo fato de apresentarem grande plasticidade alimentar, alteraram seu comportamento alimentar quando as condições tróficas do ambiente mudaram por efeito da instalação de tanques-rede, utilizando os recursos mais abundantes e acessíveis no

ambiente. Nesse sentido, segundo Wootton (1990), as espécies respondem a variações na disponibilidade de alimento com mudanças na dieta, economizando na melhor forma possível a energia na captura. Assim, os peixes podem apresentar mudanças comportamentais e fisiológicas, que induzem à variações no seu valor isotópico (Pereira 2005). Além disso, é possível que os produtores sofreram influência da ração de peixes, a qual apresenta valores mais enriquecidos em $\delta^{13}\text{C}$. Sendo assim, todos os níveis tróficos apresentariam tais variações.

Por outro lado, *O. niloticus*, a espécie cultivada nos tanques-rede, mostrou valores isotópicos bem diferentes daqueles observados para as outras espécies estudadas. Isso é explicado pelo fato da espécie obter seu alimento da ração, a qual tem como base farelo de soja (planta C_3), resultando em valores mais enriquecidos em $\delta^{13}\text{C}$.

Entretanto, esta espécie apresentou depleção nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ ao término do experimento. Embora no presente trabalho não registrou-se a composição isotópica de ração da primeira fase, é possível assumir que estes valores eram isotópicamente mais enriquecidos do que os valores da fase final. Isto é devido a que a porcentagem de proteína de soja na primeira fase foi maior. Desta forma, a depleção dos valores isotópicos nos músculos da espécie *O. niloticus* pode ser explicada por esta diminuição. Este fato confirma a alta eficiência na utilização de alimentos desta espécie (Furuya *et al.* 2001).

O invertebrado *C. fluminea* apresentou os valores isotópicos mais deplecionados em comparação com as outras espécies estudadas, indicando uma fonte de energia distinta. Sabendo que ele é um organismo filtrador e que o fitoplâncton apresenta os valores mais deplecionados dentre os produtores (Araújo-Lima *et al.* 1986; Manetta *et al.* 2003; Lopes & Benedito-Cecilio 2002), supõe-se que os valores isotópicos essencialmente negativos de *C. fluminea* ao início do experimento estiveram relacionados com a utilização do fitoplâncton como fonte de energia.

No entanto, ao término do experimento, observou-se que *C. fluminea* apresentou grande variação isotópica, com enriquecimento significativo nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ ($\sim 6\%$). Provavelmente *C. fluminea* começou a compartilhar a mesma fonte de energia que as outras espécies. Essa espécie é considerada como filtradora não seletiva (Lauritsen 1986), podendo consumir, além do fitoplâncton, outros itens alimentares como o bacterioplâncton (Vaughan & Hakenkamp 2001). Dessa forma, ficou evidente que a fonte de energia dessa espécie mudou, passando a soja presente na ração a ser o responsável pelo enriquecimento de $\delta^{13}\text{C}$.

Por outro lado, o COP é constituído de mistura de fitoplâncton e organismos vivos e mortos suspensos na coluna de água (Araújo-Lima *et al.* 1986). O sedimento, por sua vez, é constituído de matéria orgânica, na sua porção vegetal, oriunda de plantas C_3 (perifiton e macrófitas) além de plantas C_4 . A sobreposição dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ do COP e do sedimento com os valores isotópicos encontrados para as plantas C_3 na planície de inundação (Benedito-Cecilio *et al.* 2004; Lopes 2007), fazem supor, mais uma vez, que a principal fonte de energia no rio estudado provêm das plantas C_3 (vegetação ripária, macrófitas e perifiton e material alóctone), as quais apresentam valores mais enriquecidos de $\delta^{13}\text{C}$.

Entretanto, no presente trabalho, a composição isotópica do ^{13}C do COP e do sedimento não apresentaram variações significativas entre os dois periodos de estudo. Assim, embora exista uma entrada constante de carbono isotópicamente mais enriquecido por parte da ração, a ausência de variações na composição isotópica pode estar relacionada à forte influência do material alóctone sobre a rede trófica no ambiente estudado, devido à ocupação do entorno por atividades agropecuárias (Júlio Jr. *et al.* 2005). Nesse sentido, diversos estudos tem apontado a importância do *microbial loop* na transferência de energia em cadeias alimentares aquáticas (Lopes & Benedito-Cecilio 2002; Manetta *et al.* 2003; Lopes 2007). Sendo assim, as bactérias e outros microorganismos presentes neste ambiente (Pagioro *et al.* 2005), podem ter promovido uma expressiva utilização do carbono de origem alóctone.

Com relação aos valores de $\delta^{15}\text{N}$, verificou-se que as espécies *A. osteomystax*, *O. niloticus* e *C. fluminea* apresentaram depleção nos valores finais, quando comparados aos encontrados no início do experimento. Cabe resaltar que *S. pappaterra*, embora não tenha apresentado diferença significativa, mostrou uma tendência à depleção. Sendo assim, é possível supor que os produtores do ecossistema tenham assimilado em maior quantidade o nitrogênio isotopicamente mais leve proveniente da ração. Além disso, também é provável que *A. osteomystax* e *S. pappaterra* mudaram seu recurso alimentar por um recurso mais próximo aos produtores, o qual apresentou menor fracionamento isotópico de $\delta^{15}\text{N}$, podendo finalmente refletir em variações na sua composição isotópica.

Por outro lado, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ do COP não puderam ser detectados pela impossibilidade de determinação do espectômetro de massas nos níveis apresentados. Com respeito ao sedimento, não foram encontradas diferenças significativas entre as composições isotópicas do ^{15}N entre os períodos de estudo, embora tenha sido observada uma tendência à depleção. Esta ausência de variação, como mencionado anteriormente para o $\delta^{13}\text{C}$, pode ser decorrente da grande influência do material alóctone junto com o importante papel do *microbial loop* no ambiente de estudo.

Considerando que os isótopos de nitrogênio permitem estabelecer a posição trófica dos organismos, pode ser inferido que os valores deplecionados em $\delta^{15}\text{N}$ encontrados no presente trabalho, estariam refletindo um encurtamento da cadeia trófica promovido pela ração. Um dos poucos trabalhos que examinam as variações na posição trófica dos organismos por efeito de perturbações foi o realizado por Vander Zanden *et al.* (1999). Esses autores detectaram que a introdução do predador *Micropterus dolomieu* em lagos canadenses levou à truta nativa predadora de topo *Salvelinus namaycush* a uma redução na sua posição trófica (de 3,9 a 3,3). A introdução desse predador levou ao declínio na abundância da principal espécie presa litoral da truta nativa. Sendo assim, a truta mudou a sua dieta para zooplâncton, levando modificações na estrutura da rede trófica naqueles lagos.

Entretanto, a espécie piscívora *P. squamosissimus* não apresentou diferenças em suas razões isotópicas. A explicação para esta ausência de variação na composição isotópica pode ser encontrada em um estudo realizado por Jepsen & Winemiller (2002). Esses autores, estudando as redes tróficas de rios venezuelanos, encontraram que os predadores de topo apresentaram composições isotópicas menos variáveis do que espécies de grupos tróficos inferiores. Além disso, por ser esta espécie consumidora de terceira ordem, o tempo requerido para registrar tais variações poderia ser maior.

Os organismos produtores que assimilam o nitrato apresentam valores mais enriquecidos em $\delta^{15}\text{N}$ daqueles que utilizam o NH_4 (Pennock *et al.* 1996). Isso, porque o nitrato sofre menor tempo de exposição aos processos fracionantes (Robinson 2001). Além disso, o cultivo em tanques-rede altera as condições da água pela entrada constante e elevada de nutrientes os quais elevam os teores de certos compostos como o NH_4 (Beveridge 1987; Troell & Berg 1997). Na presença de altos níveis de NH_4 os valores isotópicos dos produtores, tais como as plantas C_3 , poderiam ter sido alterados dando como resultado mudanças nos valores isotópicos dos outros grupos taxonômicos, como os verificados no presente estudo.

De acordo com Grey *et al.* (2001), mudanças nas composições isotópicas nos organismos podem estar relacionadas a mudanças sazonais na dieta e à entrada de fontes alóctones ao sistema. Estes são fatores que atuam na determinação da extensão dos fracionamentos isotópicos, e conseqüentemente, na variabilidade isotópica dos organismos.

Variações nas composições isotópicas dos tecidos dos organismos por efeito de perturbações também têm sido encontradas por Caquet (2006). Ele identificou depleções nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em ninfas predadoras do hemíptero *Notonecta glauca* em resposta a

adição de contaminantes ao ambiente. Segundo este autor, tais alterações são indicativos de mudanças integrais na estrutura da rede trófica.

Durante a execução do presente experimento, Dias *et al.* (2007) e Sampaio *et al.* (2007) verificaram elevadas densidades de organismos zooplancônicos e zoobênticos após a instalação dos tanques-rede. Adicionalmente, análises preliminares dos conteúdos estomacais evidenciaram mudanças na dieta de *A. osteomystax* de insetos para zooplâncton, junto com incremento no consumo deste após a instalação dos tanques-rede (Universidade Estadual de Maringá 2006).

Provavelmente, a entrada constante de carbono isotopicamente mais enriquecido através da ração de peixes promoveu enriquecimento no carbono dos organismos produtores. Além disso, a entrada de nutrientes decorrentes do cultivo, levou a variações na estrutura trófica do ecossistema. Assim, *A. osteomystax* (insetívora) pôde ter mudado a sua dieta por alterações na comunidade zooplancônica. Entretanto, nas espécies consumidoras de topo como *S. pappaterra* (detritívora-invertívora) e *P. squamosissimus* (piscívoro) é provável que as mudanças nas composições isotópicas dos tecidos sejam registradas ainda em um tempo maior. Serão necessários estudos mais aprofundados e ao longo prazo para determinar tais mudanças.

Desse modo, pode-se concluir, que as diferenças nas composições isotópicas de carbono e nitrogênio encontradas na maior parte dos organismos estudados, identificaram que a instalação de tanques-rede produziu variações nas relações alimentares entre os organismos que habitam as imediações das áreas de cultivo. É importante destacar que as mudanças dependem do nível trófico a que pertence o organismo em análise, podendo variar entre aqueles que ocupam a base da cadeia até os consumidores de topo. Isto, ao longo prazo, poderia promover alterações no comprimento das cadeias tróficas, o qual confirmaria que elas são dinamicamente instáveis (Pimm 2002).

Finalmente, se considerarmos que as espécies, de fato encontram-se expostas a mudanças ambientais muito grandes impostas pelas usinas hidroelétricas, serão necessárias ações de manejo adequadas para reduzir no mínimo possível os efeitos do cultivo em tanques-rede sobre as espécies nativas. Estes cultivos devem tomar em consideração as características tróficas das espécies nativas, o entorno dos ambientes do cultivo e a localização dos tanques-rede, bem como as características físicas do ambiente do cultivo como profundidade e correnteza.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Pronex-CNPq e ao curso de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) pelo apoio financeiro e logístico; ao CNPq pela concessão da bolsa, a toda equipe do PRONEX/2006; ao laboratório de Zoobentos do Nupélia/UEM. À Maria Salete Arita e João Fabio Hildebrandt pelo auxílio com o material bibliográfico; ao Jaime pela elaboração do mapa e a toda equipe do Laboratório de Ecologia Energética UEM/NUPELIA.

REFERÊNCIAS

- Agostinho A.A., Gomes L.C. & Pelicice F. M. (2007) *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em Reservatórios do Brasil*. EDUEM, Maringá.
- Almeida V.L.L. de, Hahn N.S. & Vazzoler A.E.A. de M. (1997), Feeding patterns in five predatory fishes of the high Parana River floodplain (PR, Brazil). *Ecology of Freshwater Fish*, **6**, 123-133.

- Angradi T.R. (1994) Trophic linkages in the lower Colorado river: multiple stable isotope evidence. *Journal of North American Benthological Society*, **13**, 479-495.
- Araujo-Lima C.A.R.M., Forsberg B.R., Victoria R.L. & Martinelli L. (1986) Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science*, **234**, 1256-1258.
- Benedito-Cecilio E., Lopes C., Manetta G.I., Gimenes M., Faria A.C.E.A. de, Dourado E.C. dos S., Pinheiro R.P., Martinelli L.A. (2004) Trophic structure of fish assemblage in the floodplain of the upper Paraná river: use of stable isotopes. In: *The upper Paraná river floodplain long term ecological research* (ed. by A.A. Agostinho, L.Rodrigues, L.C. Gomes, S.M. Thomaz, L. E. Miranda), pp. 145-149. Eduem, Maringá.
- Beveridge M.C.M. (1987) *Cage aquaculture*. Fishing News Books, Oxford.
- Borges R.Z. (2007) *Varição temporal e alimentação de larvas de Auchenipterus osteomystax (Miranda-Ribeiro, 1918) (Osteichthyes, Auchenipteridae) do rio Ivinheima, planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil*. Dissertation, Universidade Estadual de Maringá.
- Cabana G. & Rasmussen J.B. (1994) Modelling food chain structure and contaminant bioaccumulation using stable nitrogen isotopes. *Nature*, **372**, 255-257.
- Caquet T. (2006) Use of carbon and nitrogen stable isotope ratios to assess the effects of environmental contaminants on aquatic food webs. *Environmental Pollution*, **141**, 54-59.
- CESP (1998) *Conservação e manejo nos reservatórios: limnologia, ictiologia e pesca*. São Paulo: Série Divulgação e Informação 220.
- De Niro M.L. & Epstein S. (1981) Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochim Cosmochim Acta*, **45**, 341-351.
- Dias J. (2008) *Impacto da piscicultura em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade zooplanctônica em um reservatório subtropical, Brasil*. Dissertation, Universidade estadual de Maringá.
- Dourado E.C. dos S. & Benedito-Cecilio E. (2005) *Ecologia energética de peixes: influência de fatores abióticos e bióticos*. EDUEM: Maringá.
- Eby L.A., Roach W.J., Crowder L.B. & Stanford J.A. (2006) Effects of stocking-up freshwater food webs. *Trends in ecology and evolution*, **21**(10), 576-584.
- Fry B. (1988) Food web structure on Georges bank from stable C, N, and S isotopic compositions. *Limnology and Oceanography*, **33**(5), 1182-1190.
- Fuem-Furnas (2005) *Biologia pesqueira e pesca na área de influência do APM Manso: Biologia, Ecologia e Socioecnomia*. Fundação Universidade Estadual de Maringá/Nupélia/FURNAS. [Relatório técnico].
- Furuya W.M., Pezzato L.E., Miranda E.C., Furuya V.R. & Barros M.M. (2001) Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). *Acta Scientiarum*, **23**(2), 465-469.
- Grey J, Jones R.I. & Sleep D. (2001). Seasonal changes in the importance of the source of organic matter to the diet of zooplankton in Loch Ness, as indicated by stable isotope analysis. *Limnology and Oceanography*, **46**(3), 505-513.
- Guo L. & Li L.Z. (2003) Effects of nitrogen and phosphorus from fish cageculture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze basin of China. *Aquaculture*, **226**:201-212.
- Hahn N.S., Agostinho A.A. & Goiten R. (1997) Feeding ecology of curvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Perciformes) in the Itaipu reservoir and Porto Rico floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **9**, 11-22.
- Hahn N.S., Loureiro V.E. & Delariva R.L. (1999), Atividade alimentar da curvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel,1840) (Perciformes, Sciaenidae) no rio Paraná. *Acta Scientiarum*, **21**(2), 309-314.

- Hahn N.S. & Cunha F. (2005) Feeding and trophic ecomorphology of *Satanoperca pappaterra* (Pisces, Cichlidae) in the Manso reservoir, Mato Grosso state, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **48**(6), 1007-1012.
- Jepsen D.B. & Winemiller K.O. (2002) Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios. *Oikos*, **96**, 46-55.
- Júlio Jr. H.F., Thomaz S.M., Agostinho A.A., Latini J.D. (2005) Distribuição e caracterização dos reservatórios. In: *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais* (ed. by L. Rodrigues, A. A. Agostinho, L. C. Gomes) pp. 1-16, Rima, São Carlos.
- Kitchell J.F., Cox S.P., Harvey C.J., Johnson T.B., Mason D.M., Schoen K.K., Aydin K., Bronte C., Ebener M., Hansen M. (2000) Sustainability of the Lake Superior fish community: interactions in a food web context. *Ecosystems*, **3**, 545-560.
- Lauritsen D.D. (1986) Filter-feeding in *Corbicula fluminea* and its effect on seston removal. *Journal of North American Benthological Society*, **5**, 165-172.
- Lopes C.A. & Benedito-Cecilio E. (2002) Variabilidade isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) em produtores primários terrestres e de água doce. *Acta Scientiarum*, **24**(2), 303-312.
- Lopes C.A. (2007) Estrutura trófica de peixes exploradores de fundo na planície de inundação do alto rio Paraná: fontes de energia e posição trófica. Thesis, Universidade Estadual de Maringá.
- Lowe-McConnell R.H. (1999) *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Translation by: A.E.A. de M.Vazzoler, A.A. Agostinho & P.T.M. Cunningham. EDUSP: São Paulo.
- Manetta G.I., Benedito-Cecilio E. & Martinelli L.A. (2003) Carbon sources and trophic position of the main species of fishes of Baía river, Paraná river floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, **63**(2), 283-290.
- Minagawa M. & Wada E. (1984) Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochim Cosmochim Acta*, **48**, 1135-1140.
- Mitchell M.J., Mills E.L., Idrisi N. & Michener R. (1996) Stable isotopes of nitrogen and carbon in an aquatic food web recently invaded by *Dreissena polymorpha* (Pallas). *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, **53**, 1445-1450.
- Pagioro T.A., Velho L.F.M., Lansac-Tôha F.A., Pereira D.G. & Nakamura A.K. (2005) Influência do grau de trofia sobre os padrões de abundância de bactérias e protozoários planctônicos em reservatórios do estado do Paraná. In: *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais* (ed. by: L. Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & L.C. Gomes), pp. 47-56. RIMA, São Carlos.
- Pennock J.R., Velinsky D.J., Ludlam J.M., Sharp J.H. & Fogel M.L. (1996) Isotopic fractionation of ammonium and nitrate during uptake by *Skeletonema costatum*: implications for $\delta^{15}\text{N}$ dynamics under bloom conditions. *Limnology and Oceanography*, **32**, 1195-1213.
- Penczak T., Galicka W., Molinski M., Kusto E. & Zalewski M. (1982) The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Applied Ecology*, **19**, 371-393.
- Pereira A.L. (2005) *Fatores que determinam o comprimento da cadeia alimentar em reservatórios neotropicais: uso dos isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N* . Dissertation, Universidade Estadual de Maringá.
- Peterson B.J. & Fry B. (1987) Stable Isotopes in Ecosystem Studies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **18**, 293-320.
- Pimm S.L. (2002) *Food Webs*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Pinnegar J.K. & Polunin N.V.C. (2000) Contributions of stable-isotope data to elucidating food webs of Mediterranean rocky littoral fishes. *Oecologia*, **122**, 399-409.

- Post D.M. (2002) Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods and assumptions. *Ecology*, **83**, 703-718.
- Robinson D. (2001) $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. *Trends in Ecology Evolution*, **16**(3), 153-162.
- Sampaio A.L.A., Takeda A.M., Fujita D.S. (2007) Influência do cultivo de peixes em tanques rede sobre a comunidade de oligochaeta no rio Guairacá-PR. In: XI Congresso Brasileiro de Limnologia, 2007, Macaé. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Limnologia, 2007*.
- Schindler D.W. (1998) Replication versus realism: the need for ecosystem-scale experiments. *Ecosystems*, **1**, 323-334.
- Schmidt S.N., Olden J.D., Solomon C.T. & Vander Zanden M.J. (2007) Quantitative approaches to the analysis of stable isotope food web data. *Ecology*, **88**(11), 2793-2802.
- Statsoft, Inc. (2005) *STATISTICA (data analysis software system)*, version 7.1. www.statsoft.com.
- Troell M. & Berg H. (1997) Cage fish farming in the tropical lake Kariba, Zimbabwe: impacts and biogeochemical changes in sediments. *Aquaculture Research*, **28**, 527-544.
- Tundisi J. G. & Henry R. (1986) Effects of enrichment on the summer surface phytoplanktonic community in a stratified tropical lake. *Revista Brasileira de Biologia*, **46**(1), 231-237.
- Universidade Estadual de Maringá (2006) Avaliação preliminar da viabilidade econômica e ambiental de inverno de tilápia nilótica em tanques-rede, PRONEX, Nupelia/ Universidade Estadual de Maringá (Relatório complementar).
- Vander Zanden M.J., Casselman J.M. & Rasmussen J.B. (1999) Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasion in lakes. *Nature*, **401**, 464-467.
- Vander Zanden M.J., Chandra S., Allen B., Reuter J.E. & Goldman C.R. (2003) Historical Food web structure and restoration of native aquatic communities in the Lake Tahoe (California-Nevada) basin. *Ecosystems*, **6**, 274-288.
- Vander Zanden M.J. & Rasmussen J.B. (1996) A Trophic Position Model of Pelagic Food Webs: Impact on Contaminant Bioaccumulation in Lake Trout. *Ecological Monographs*, **66**(4), 451-477.
- Vander Zanden M.J. & Rasmussen J.B. (2001) Variation in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ Trophic Fractionation: Implications for Aquatic Food Web Studies *Limnology and Oceanography*, **46**(8), 2061-2066.
- Vanni M.J., Luecke C., Kitchell J.F., Allen Y., Temte J. & Magnuson J.J. (1990) Effects on lower trophic levels of massive fish mortality. *Nature*, **344**, 333-335.
- Vaughn C.C. & Hakenkamp C.C. (2001) The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, **46**, 1431-1446.
- Vazzoler A.E.A. de M. (1996) *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*, EDUEM: Nupélia, Maringá.
- Wootton R.J. (1990) *Ecology of teleost fishes*. Chapman & Hall, London.
- Zaret T.M. & Paine R.T. (1973) Species introduction in a tropical lake. *Science*, **182**(2), 449-455.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)