

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**A COMUNIDADE DE PEIXES ASSOCIADA ÀS MACRÓFITAS AQUÁTICAS
FLUTUANTES DO RESERVATÓRIO DE ITÁ – RIO URUGUAI - BRASIL**

SAMARA HERMES SILVA

São Carlos -SP

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**A COMUNIDADE DE PEIXES ASSOCIADA ÀS MACRÓFITAS AQUÁTICAS
FLUTUANTES DO RESERVATÓRIO DE ITÁ - RIO URUGUAI - BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como pré-requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Evoy Zaniboni Filho

Co-Orientador: Prof. Dr. José Roberto Verani

São Carlos - SP

2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

S586cp

Silva, Samara Hermes.

A comunidade de peixes associada às macrófitas aquáticas flutuantes do reservatório de Itá – Rio Uruguai - Brasil / Samara Hermes Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2011. 62 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Ecologia. 2. Ecologia de comunidade de peixes. 3. Macrófitas aquáticas. I. Título.

CDD: 574.5 (20^a)

Samara Hermes Silva

**A COMUNIDADE DE PEIXES ASSOCIADA ÀS MACRÓFITAS AQUÁTICAS
FLUTUANTES DO RESERVATÓRIO DE ITÁ – RIO URUGUAI – BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2011

BANCA EXAMINADORA

Presidente



Prof. Dr. Evoy Zaniboni Filho
(Orientador)

1º Examinador



Prof. Dr. Orlando Moreira Filho
PPGGEV/UFSCar

2º Examinador



Prof. Dr. Irineu Bianchini Júnior
PPGERN/UFSCar

3º Examinador



Prof. Dr. Fernando Mayer Pelicice
UFTO/Porto Nacional-TO

4º Examinador



Prof. Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez
UFSC/Florianópolis-SC

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que ajudaram de alguma forma na realização deste trabalho, especialmente:

- Ao meu orientador Evoy Zaniboni Filho...
- Ao meu co-orientador, José Roberto Verani, que viabilizou a realização deste doutorado junto a PPG-ERN. Sua ajuda foi fundamental!
- Aos funcionários da secretaria da PPG-ERN, João, Roseli e Beth, pelo ótimo atendimento, pela paciência e pelo auxílio nos muitos momentos que precisei, mesmo a distância.
- Ao meu co-orientador americano, Dr. Brian Murphy e sua esposa Martha, por me receberem tão bem nos EUA e tornarem aquele período tão agradável.
- Ao Dr. David Reynalte-Tataje, pelos ensinamentos intermináveis, pela amizade e paciência. Vejo seu crescimento profissional e pessoal nesses longos anos de convivência e espero estar aprendendo muito com isso.
- Ao CNPq, pelas bolsas de estudo, tanto de aqui no Brasil quanto durante meu doutoramento *sandwich* na Virginia Tech (Virginia, EUA).
- À Tractebel Energia, pelo financiamento da pesquisa.
- Aos colegas do LAPAD, pela ajuda nas coletas em campo e nas análises em laboratório, mas especialmente, pela compreensão com as minhas ausências intermináveis.
- Aos colegas de pós-graduação, pela convivência e amizade, pelos muitos encontros e risadas durante as estadas em São Carlos.
- Aos amigos da República que eu ‘invadi’, Mônica, Rafael e Talita, que me receberam tão bem nos muitos momentos que precisei de um teto em São Carlos.
- Às muitas amizades que fiz durante o ano em Blacksburg (Virginia, EUA): Thomas e Martha Olson, Gloria e Stephen Schoenholtz, Eric e Ester Hallerman, Michelle e Scott Davis, Amy Villagma, Jeff Feaga, Jane Argentina, Sunarto Sunarto, Nick Lapointe, Songguang Xie, Daniel Stich, Qing He, Yaw Ansah, Robert Leaf, Jamie Roberts e a muitos outros que conheci por lá.
- Aos amigos brasileiros que se tornaram uma grande família durante esse período: Kiko e Bel, Vivi e Fran, Cris e Régis, Michele e Moacir, Fernanda e Cleiton, Diego e Junia, Alex e Patrícia, Nalvo e Lígia, Marina, Silvia e João, Jesse, Deise, Thomas, Cássio...
- Aos ‘Partners of America’ que plantaram a sementinha ao iniciarem os contatos entre Virginia (EUA) e Santa Catarina (Brasil).
- À minha família, que de alguma forma me acompanha sempre nessas empreitadas!
- Ao meu marido, eterno incentivador, companheiro de todas as horas e parceiro maravilhoso!

SUMÁRIO

Resumo	I
Abstract	II
1. Introdução	1
2. Objetivos	6
3. Materiais e Métodos	7
4. Resultados e Discussão	12
Artigo 1: Relação espécie-específica entre as espécies de peixes e de macrófitas aquáticas flutuantes no reservatório de Itá, Brasil	12
Abstract	12
Introdução	12
Materiais e Métodos	14
Resultados	16
Discussão.....	20
Agradecimentos.....	21
Resumo.....	21
Referências	22
Artigo 2: Distribution of littoral fishes in an impounded tributary, Upper Uruguay River – Brazil	24
Abstract	24
Introduction	24
Materials and Methods	25
Results	26
Discussion	31
Acknowledgements	33
References	33
Artigo 3: Fish assemblage structure in a vegetated impounded tributary (Itá reservoir, Brazil)	36
Abstract	36
Resumo.....	36
Introduction	37
Materials and Methods	37
Results	39
Discussion	47
Acknowledgements	49
Literature Cited	49
5. Conclusões Gerais	52
6. Anexos	53

RESUMO

Diferentes amostragens foram realizadas nos bancos de macrófitas aquáticas flutuantes existentes no reservatório de Itá, durante o período de setembro de 2006 a março de 2008, com o objetivo de: (1) verificar a existência de uma relação espécie-específica entre as espécies de peixes e as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia* sp.; (2) analisar quais fatores determinam a distribuição da assembleia de peixes litorâneos; e (3) avaliar se a presença das macrófitas aquáticas influenciam a distribuição espaço-temporal da assembleia de peixes da região. Foi observada uma segregação das assembleias presentes nos bancos de *Eichhornia crassipes* e *Salvinia* sp., sugerindo uma forte influência da composição dos bancos na estruturação das assembleias de peixes. Também foi evidenciada uma forte preferência das tuviras *Gymnotus carapo* e *Eigenmannia virescens* e da traíra *Hoplias malabaricus* pelos bancos compostos por *E. crassipes*, ajudando a reforçar a existência de uma relação espécie-específica entre algumas espécies de peixes e de macrófitas aquáticas. Em relação à distribuição da assembleia de peixes litorâneos, foi observado que, aparentemente, a presença das macrófitas aquáticas não é o único fator que está influenciando a estrutura da assembleia de peixes, a qual parece estar se beneficiando do banco de macrófitas em períodos de baixa e média cobertura vegetal. Nos períodos em que o tamanho do banco se torna maior, apenas algumas espécies continuam utilizando esse ambiente. Portanto, é possível afirmar que a estrutura das assembleias de peixes das regiões estudadas no reservatório de Itá foi influenciada pela presença das macrófitas aquáticas, embora tenha sido observada uma forte variação diária e sazonal na comunidade de peixes local.

ABSTRACT

Different samplings were done in the floating macrophytes stands at Itá reservoir during September, 2006 and March, 2008, with the following objectives: (1) verify the existence of a species-specific relationship between fish species and the floating macrophytes *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia* sp.; (2) analyze which factors explain the distribution of littoral fish assemblage; and (3) evaluate if the presence of aquatic macrophytes influences the spatiotemporal distribution of fish assemblages in this region. It was observed some fish assemblage segregation between macrophyte stands composed by *Eichhornia crassipes* and by *Salvinia* sp., suggesting a strong influence of the macrophyte stand composition on fish assemblage structure. It was also observed a strong preference of the species *Gymnotus carapo*, *Eigenmannia virescens* and *Hoplias malabaricus* for macrophyte stands composed by *E. crassipes*, reinforcing the existence of a species-specific relationship between some species of fish and of aquatic macrophytes. In terms of littoral fish distribution, it was observed that, apparently, the presence of the aquatic macrophytes *per se* is not the only factor influencing the distribution of littoral fish assemblage, which seemed to be taking advantages from low to medium macrophyte stand size, while at maximum stand size, only few species still use this environment. In this way, it is possible to say that the fish assemblage structure of the studied areas at Itá reservoir was influenced by was influenced by the presence of aquatic macrophytes, although significant daily and seasonal fluctuations in the fish community were observed.

1. INTRODUÇÃO

O reservatório de Itá foi formado entre dezembro de 1999 e março de 2000, através da construção de uma usina hidrelétrica (UHE Itá) no leito do rio Uruguai. Esta foi a primeira usina implantada na região do Alto rio Uruguai e está localizada entre os municípios de Itá (SC) e Aratiba (RS).

Nascido na Serra Geral, da confluência dos rios Canoas e Pelotas, o rio Uruguai desce de mais ou menos 1200 m de altitude até o nível do mar, onde deságua no estuário da Prata, depois de percorrer um total de 2.262 km. Na sua porção inicial, onde divide os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o rio Uruguai apresenta uma inclinação média de 1,76% (Di Pérsia & Neiff, 1986; Zaniboni-Filho & Schulz, 2003), sendo caracterizado por apresentar uma sequencia de poços e corredeiras percorrendo um vale bastante encaixado.

Atualmente, as águas correntosas do Alto Uruguai deram origem a uma sequencia de grandes e profundos lagos com água parada. A cascata de reservatórios da região do Alto rio Uruguai se inicia com os reservatórios de Campos Novos e Barra Grande, nos rios Canoas e Pelotas, respectivamente, os formadores do rio Uruguai. Descendo 80 km a partir da nascente do rio Uruguai encontra-se o reservatório de Machadinho. E finalmente, 150 km abaixo deste, o reservatório de Itá.

O reservatório de Itá foi formado aproveitando-se um desnível de 105 m entre a foz do rio Ligeiro, um importante tributário localizado 5 km abaixo da UHE Machadinho e 1 km acima da cota máxima do lago de Itá, e a foz do rio Uva, localizada aproximadamente 2 km a jusante da barragem (Consórcio Itá, 2006). Apresenta uma área total de 141 km², um volume de 5,1 hm³ e uma profundidade máxima junto a barragem de 110 m (Tractebel Energia).

Entre seus principais tributários estão os rios Ligeiro, localizado a montante do reservatório, e Peixe, Rancho Grande, Queimados e Jacutinga, os quais apresentam sua foz represada pelas águas do lago. Muitos destes tributários são os responsáveis por grande parte da descarga de nutrientes no corpo do reservatório, interferindo na concentração destes na coluna d'água (Arcari et al., 2006).

A formação do reservatório de Itá no leito do rio Uruguai provocou grandes modificações em toda sua área de sua influência. Como sugerido por Agostinho et al. (1992), os represamentos, de um modo geral, alteram profundamente a dinâmica da água existente anteriormente, provocando modificações em toda a comunidade biótica da área de influência.

Para a fauna íctica existente na região, além de todo impacto sofrido ao longo dos anos devido aos problemas referentes à contaminação da água por efluentes industriais e urbanos, desmatamento da bacia de drenagem, e sobrepesca (Godoy, 1987; Zaniboni-Filho e Schulz, 2003), a implantação das barragens nessa região provocou alterações profundas na estruturação de sua comunidade, que teve que se adaptar ao novo ambiente formado.

Estudos desenvolvidos na região antes e após a implantação do empreendimento têm mostrado a ocorrência de alterações nas populações de peixes após a formação do reservatório de Itá (Zaniboni-

Filho et al, 2008; Zaniboni-Filho et al., 2001). Aparentemente, o enchimento do reservatório promoveu o deslocamento das populações de peixes de grande porte situadas na área do reservatório para as áreas de montante, única região onde as características do habitat preferencial de algumas espécies foram preservadas (Zaniboni-Filho et al., 2008). Além disso, estes estudos mostraram que houve aumento populacional de algumas espécies no corpo do reservatório, principalmente as de hábito alimentar herbívoro como a voga *Schizodon nasutus* ou omnívoro como algumas espécies de lambari, ou ainda, carnívoro como as traíras *Hoplias malabaricus* e *H. lacerdae* e o peixe-cachorro *Acestrorhynchus pantaneiro*, que se aproveitaram da grande disponibilidade de espécies forrageiras existentes no lago.

De uma maneira geral, a implantação do reservatório de Itá promoveu uma elevação na abundância de peixes na área sob influência do reservatório nos primeiros anos, sendo que nos anos seguintes foi observada uma gradativa redução, chegando a uma aparente estabilização decorridos apenas quatro anos da formação do reservatório (Zaniboni-Filho et al., 2008).

Outras alterações que puderam ser verificadas com a implantação do lago de Itá, principalmente na fase inicial da sua formação, foram as explosões populacionais de fitoplâncton e de macrófitas aquáticas, principalmente dos gêneros *Eichornia*, *Pistia* e *Salvinia* (Zaniboni-Filho et al., 2008).

De Filippo (2003) comenta que é bastante normal a invasão dos corpos d'água por plantas aquáticas flutuantes, sendo observado na maioria dos reservatórios ainda durante a etapa de enchimento, ou mesmo durante os primeiros anos de operação da usina. Segundo este autor, um dos principais fatores que proporciona o crescimento de macrófitas em reservatórios é a grande disponibilidade de nutrientes durante essas fases.

Outros autores também argumentam que a ocorrência de algumas espécies de macrófitas aquáticas em reservatórios de usinas hidrelétricas está diretamente relacionada à progressiva eutrofização do reservatório (Pedralli, 2003; Thomaz e Bini, 2003), principalmente no que se refere ao aparecimento de espécies flutuantes (Thomaz e Bini, 2003).

No reservatório de Itá, a ocorrência de macrófitas aquáticas tem sido registrada principalmente na foz dos afluentes que deságuam diretamente no corpo do reservatório, estando provavelmente relacionada a grande carga de nutrientes que é carregada pela correnteza e se acumula nestes ambientes lênticos. Um exemplo é o rio Queimados, que atravessa a cidade de Concórdia antes de atingir o rio Uruguai, formando um braço do reservatório, chega a apresentar 110 dias de tempo de residência da água, ou seja, o dobro do tempo médio de residência da água do reservatório de Itá. Análises da qualidade da água deste rio têm mostrado que a concentração de fósforo chega a ser próxima de 1600 µgP (Porto-Filho, comunicação pessoal).

Na foz do rio Queimados e em outros locais do reservatório de Itá semelhantes a este, têm sido verificadas áreas amplamente dominadas por macrófitas aquáticas flutuantes, sendo as principais espécies registradas *Eichornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia* sp.

No entanto, a ocorrência de macrófitas aquáticas também pode representar uma melhoria para o ambiente. Segundo diversos autores, a presença de plantas aquáticas em corpos d'água contribui para aumentar a complexidade estrutural e a heterogeneidade de habitats, sendo importante para a seleção de habitats pela fauna aquática, incluindo a comunidade de peixes (Agostinho et al., 2003). Esse aumento da complexidade está relacionado à incorporação de uma variedade de micro-habitats que, conseqüentemente, suportam uma maior diversidade e riqueza de espécies (Weaver et al., 1996 *apud* Agostinho et al., 2003).

Para a ictiofauna, a presença de macrófitas aquáticas, entre outras coisas, eleva a disponibilidade de abrigos, principalmente para as espécies de peixes forrageiros e as formas jovens, reduzindo as taxas de mortalidade, e possibilita o desenvolvimento de organismos que são utilizados na alimentação da maioria das espécies de peixes (Agostinho et al., 2003). Além disso, as macrófitas podem ser utilizadas como local de desova de diversas espécies de peixes.

Dessa forma, é possível perceber que a presença de macrófitas aquáticas num corpo d'água possibilita um aumento no recrutamento das espécies de peixes que habitam este ambiente.

Diversos estudos têm mostrado que a comunidade de peixes associada às macrófitas é composta principalmente por juvenis e adultos de espécies de peixe de pequeno porte (Meschiatti et al., 2000; Agostinho et al., 2003), sendo que podem ocorrer também poucos juvenis de espécies de peixes de grande porte, como de alguns migradores dos gêneros *Leporinus*, *Pimelodus* e *Prochilodus* (Agostinho et al., 2003).

A comunidade de peixes da região do Alto rio Uruguai é composta por mais de 100 espécies de peixes (Zaniboni-Filho e Schulz, 2003; Zaniboni-Filho et al., 2004), com presença de algumas espécies migradoras de importância comercial como o dourado (*Salminus brasiliensis*), a piava (*Leporinus obtusidens*), o curimatá (*Prochilodus lineatus*) e o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*).

Nenhum estudo, até o presente momento, foi desenvolvido buscando-se levantar as espécies de peixes que utilizam os bancos de macrófitas dos reservatórios da região do Alto rio Uruguai. No reservatório de Itá são registradas apenas três regiões contendo grandes bancos de macrófitas, sendo que apresentam composição diferente entre eles, e ainda, manifestam uma variação sazonal na estrutura de cada um destes bancos de macrófitas. As modificações na interação entre a comunidade de peixes e de macrófitas pode ser resultante das variações na estrutura do próprio banco vegetal, bem como, estar associada ao ciclo de vida de cada espécie de peixe.

Dessa forma, este estudo apresenta relevante importância para ampliar o conhecimento da fauna íctica da região do Alto rio Uruguai, e entender a relação dessa comunidade com esses novos habitats formados.

A tese está estruturada em três artigos, que constituem a seção Resultados e Discussão. O primeiro deles busca comparar a estrutura da ictiofauna de três locais amostrados no reservatório de Itá com

bancos de macrófitas com composição diferente, abordando relações espécie-específicas entre plantas aquáticas e peixes. O segundo artigo aborda a variação anual e inter-anual na distribuição da assembléia de peixes litorâneos. Sendo que o terceiro artigo refere-se ao trabalho apresentado no Exame de Qualificação e surgiu de uma tentativa de coleta de peixes com o uso de redes de emalhar dentro e fora do banco de macrófitas, uma metodologia diferente da utilizada nos trabalhos anteriores. Cada artigo foi redigido segundo as normas da revista para a qual será enviado (vide normas em anexo).

Referências

- Arcari, R.M.; Porto-Filho, E.; Duarte, C.; Correa, E.; Souza, S.L.; Magri, J.L.; Reis, M.; Van Helden, M.H. Aspectos limnológicos do reservatório de Itá, rio Uruguai – SC/RS. In: Simpósio Ecologia de Reservatórios – Limnologia de Reservatórios Profundos, 2006, Itá. Resumos... Itá, 2006. p. 43.
- Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. e Julio Jr., H.F. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: Thomaz, S.M. e Bini, L.M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá: EDUEM, 2003. cap. 13, p. 261-279.
- Agostinho, A.A.; Júlio Jr., H.F. e Borghetti, J.R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: Reservatório de ITAIPU. Revista UNIMAR, 14 (Suplemento), p. 89-107, 1992.
- Consórcio Itá. ITÁ – Memória de uma Usina. Itá: Consórcio Itá, 2006.
- De Filippo, R. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa – Goiás. In: Thomaz, S.M. e Bini, L.M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá: EDUEM, 2003. cap. 14, p. 281-317.
- Di Persia, D.H. e Neiff, J.J. The Uruguay river system. In: Davies, B. R. & Walker, K. F. (eds). The Ecology of River System. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986.
- Godoy, M. P. Peixes do estado de Santa Catarina. Florianópolis: Editora da UFSC, 1987.
- Meschiatti, A.J.; Arcifa, M.S. e Fenerich-Verani, N. Fish communities associated with macrophytes in Brazilian floodplain lakes. Environmental Biology of Fishes, 58, p. 133-143, 2000.
- Pedralli, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: Thomaz, S.M. e Bini, L.M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá: EDUEM, 2003. cap. 8, p. 171-188.
- Thomaz, S.M. e Bini, L.M. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidas no Brasil. In: Thomaz, S.M. e Bini, L.M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá: EDUEM, 2003. cap. 1, p. 19-38.

Tractebel Energia. Ficha técnica da UHE Itá. Disponível em: <http://www.tractebelenergia.com.br/>
([Home](#)» [Parque Gerador](#) » [Usinas Hidrelétricas](#) » [UHE Itá](#)). Acesso em: 18 abr.2011.

Zaniboni-Filho, E.; Nuñez, A.P.de O.; Reynalte-Tataje, D.A.; Hermes-Silva, S. Meurer, S. Alterações espaciais e temporais da estrutura da comunidade de peixes em decorrência da implantação do reservatório de Itá (Alto rio Uruguai). In: : Zaniboni-Filho, E. e Nuñez, A.P. de O. Reservatório de Itá – estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de cultivo e conservação da ictiofauna. Florianópolis, Editora da UFSC, 2008. p. 3-18.

Zaniboni-Filho, E.; Meurer, S.; Shibatta, O.A. e Nuner, A.P. de O. Catálogo ilustrado de peixes do alto rio Uruguai. Florianópolis, Editora da UFSC/Tractebel Energia, 2004.

Zaniboni Filho, E.; Schulz, U. H. Migratory Fishes of the Uruguai River. In: Carosfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C.; Baer, A. Migratory Fishes of South America – Biology, Fisheries and Conservation Status. International Development Research Centre. World Fisheries Trust/The World Bank, 2003. p. 156 – 194.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a comunidade de peixes associada aos principais bancos de macrófitas aquáticas flutuantes do reservatório de Itá.

Objetivos específicos:

- Avaliar a existência de especificidade entre as espécies de peixes e de macrófitas flutuantes no reservatório de Itá (1º artigo)
- Avaliar a distribuição temporal da assembleia de peixes presente na zona litorânea do reservatório de Itá em áreas com e sem cobertura de macrófitas (2º artigo)
- Avaliar a distribuição espacial e temporal das espécies de peixes na zona pelágica do reservatório de Itá (3º artigo)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Artigo 1: Relação espécie-específica entre as espécies de peixes e de macrófitas aquáticas flutuantes no reservatório de Itá, Brasil

Esta pesquisa foi conduzida no reservatório de Itá, divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1). Os locais selecionados para este estudo foram a foz dos rios Rancho Grande (RG), Queimados (BQ) e Fragosos (FR). No Rancho Grande, o banco de macrófitas foi composto unicamente pela espécie *Salvinia* sp. No Queimados, houve uma variação na composição do banco, alternando a espécie dominante entre a *Eichhornia crassipes* e a *Pistia stratiotes*. Já no Fragosos, o banco de macrófitas foi dominado pela espécie *Eichhornia crassipes* durante todo o período de estudo.

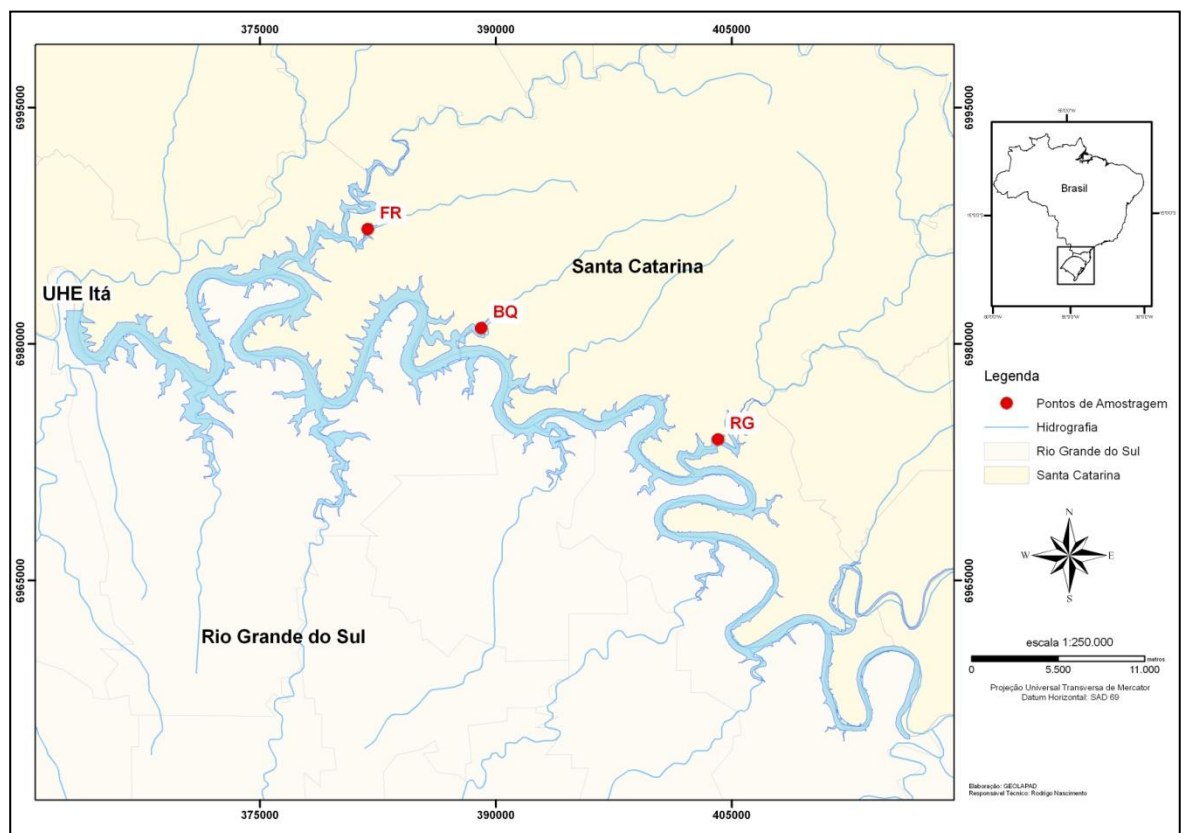


Figura 1. Localização dos locais amostrados no reservatório de Itá (Rio Uruguai, Brasil).

As amostragens ocorreram mensalmente de setembro de 2006 a fevereiro de 2007, caracterizando as estações de primavera (2006) e verão (2007). Durante este período, os bancos dos três locais amostrados variaram bastante de tamanho.

Os peixes foram coletados com rede de arrasto de 12 m de comprimento por 3 m de altura, e malha de 8 mm entre-nós adjacentes. As amostragens foram realizadas na zona litorânea dos bancos de macrófitas, em três replicatas. Todos os peixes coletados foram identificados, contados e submetidos a biometria, sendo medidos o peso (g) e o comprimento total (mm) de todos os indivíduos.

Para caracterizar os locais de amostragem em cada mês, foram medidas as seguintes variáveis ambientais: temperatura da água e oxigênio dissolvido (OD), medidos com um oxímetro YSI 550; e pH, medido com um peagâmetro YSI 63. Buscando caracterizar melhor os bancos de macrófitas, foram realizadas medidas de sub-superfície na zona litorânea e pelágica de cada banco de macrófitas. Todas as amostragens foram realizadas no período na manhã.

Análise dos dados

Para sumarizar a estrutura das assembleias de peixes nos diferentes locais amostrados (RG x BQ x FR) e as estações do ano (primavera x verão), foi aplicada sobre os dados de abundância das espécies uma análise de correspondência (CA). Para minimizar o efeito de espécies raras na ordenação, foram selecionadas somente as espécies que apresentaram frequência de ocorrência (FO) > 6% durante todo o período de estudo. Para avaliar a diferença das assembleias de peixes presentes no estudo, e evidenciar o observado na CA, o mesmo conjunto de dados utilizado para esta análise foi submetido ao teste de permutação MRPP (Multiple Response Permutation Procedure – programa PC-Ord 5.0). Neste teste, o valor de T foi utilizado para determinar a consistência da classificação, o valor de P para avaliar a significância estatística e o valor de A, a homogeneidade dentro dos grupos. Apesar dos valores de A variarem de 0 a 1 (1 = todos os itens são idênticos dentro do grupo), em ecologia é comum encontrar valores de $A < 0,1$, sendo considerado $A > 0,3$ um valor alto (McCune & Grace, 2002).

A caracterização dos locais selecionados em cada mês amostrado foi avaliada através de uma análise de componentes principais (PCA) utilizando-se o programa STATISTICA 7.0. Foram utilizados para esta análise as variáveis ambientais medidas em cada local (temperatura da água, pH e OD), além da categorização estipulada para cada espécie de macrófita dominante em cada local e mês amostrado. Todas as variáveis utilizadas nesta análise foram correlacionadas com as abundâncias das espécies de peixes amostradas em cada local, e que apresentaram FO > 6%, através da correlação de Spearman.

Todos os dados de abundância e as variáveis ambientais, exceto pH, foram previamente transformados em $\text{Log}_{10} x + 1$. Para todas as análises, foi utilizado $P \leq 0,05$ como o nível de significância estatística.

Artigo 2: Distribution of littoral fishes in a tributary impounded by the Itá Reservoir, Upper Uruguay River – Brazil

Para avaliar a assembleia de peixes associada aos bancos de macrófitas do reservatório de Itá, localizado no Alto rio Uruguai, foi selecionado neste estudo um tributário represado localizado na porção inferior do reservatório, o rio Fragosos. As amostragens ocorreram mensalmente entre setembro de 2006 e agosto de 2007. O banco de macrófitas encontrado no rio Fragosos durante o

período de estudo variou bastante em tamanho, no entanto, a principal espécie observada durante todo o período foi o aguapé *Eichhornia crassipes*.

Os peixes foram coletados com uma rede de arrasto de 12 m de comprimento por 3 m de altura, e malha de 8 mm entre-nós adjacentes. As amostragens foram realizadas na zona litorânea dos bancos de macrófitas, em três replicatas, dentro do banco de macrófitas e numa área sem a presença das plantas. Todos os peixes coletados foram identificados, contados e submetidos a biometria, sendo medidos o peso (g) e o comprimento total (mm) de todos os indivíduos.

Para caracterizar os habitats amostrados (livre x macrófita) em cada mês, foram medidas algumas variáveis ambientais (temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH) após as amostragens. O nível do reservatório foi fornecido pelo operador da usina, Tractebel Energia. A porcentagem de cobertura vegetal foi estimada visualmente e, em cada mês, o banco de macrófitas foi fotografado para verificações posteriores. A porcentagem de cobertura vegetal foi classificada em quatro categorias: 0 (ausência de macrófitas), 1 (baixa cobertura vegetal; < 35% do máximo), 2 (cobertura vegetal média; 35% a 70% do máximo), 3 (máxima cobertura vegetal observada durante o período de estudo).

Análises estatísticas

Para realizar todas as análises estatísticas, os dados de abundância de peixes foram transformados em $\text{Log}_{10}(x + 1)$.

A variação espaço-temporal (fatores: meses e áreas) da abundância total de peixes, riqueza de espécies, diversidade de Shannon e da abundância das seis espécies mais abundantes (variáveis dependentes) foi avaliada através de uma análise de variância bi-fatorial (ANOVA) utilizando-se o software STATISTICA 7.0. Quando foram detectadas diferenças significativas, foi aplicado o teste de Tukey de comparações de médias.

Para sumarizar a estrutura da assembleia de peixes ao longo dos meses e áreas, foi utilizada uma análise de correspondência (CA). Para minimizar o efeito de espécies raras na ordenação, somente espécies com frequência de ocorrência maior que 5% durante todo o período de estudo foram selecionadas para essa análise. Para se avaliar estatisticamente as diferenças na assembleia de peixes observadas e corroborar o que foi observado na CA, os mesmo dados de abundância de peixes utilizados na CA foram submetidos a um teste de permutação chamado MRPP (*Multiple Response Permutation Procedure* – PC-Ord software 5.0).

Seguindo esse teste, o valor de T foi utilizado para determinar a consistência da classificação, o valor de A foi utilizado para avaliar a homogeneidade entre os grupos e o valor de P foi utilizado para avaliar a significância estatística (McCune & Grace, 2002).

Uma análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para selecionar as variáveis ambientais mais representativas, as quais foram posteriormente correlacionadas aos atributos da assembleia de peixes e a abundância das seis espécies mais abundantes através da correlação de Pearson.

Os dados das variáveis ambientais, exceto pH, foram transformados em $\text{Log}_{10} x + 1$. Para todas as análises, $\alpha = 0.05$ foi utilizada como nível de significância.

Artigo 3: Fish assemblage structure in a vegetated impounded tributary (Itá reservoir, Brazil)

Este estudo foi conduzido no rio Fragosos, localizado na porção inferior do reservatório de Itá. As amostragens foram realizadas numa área de 4,9 hectares, onde o banco de macrófitas ocupa os 70 metros da largura do rio e uma extensão de 350 m longitudinalmente, cobrindo aproximadamente 50% da área de estudo.

As principais espécies de macrófitas presente no local amostrado foram a *Eichhornia crassipes* e a *Salvinia* sp. As amostragens de peixes foram realizadas durante a primavera de 2007 e o verão de 2008. Uma rede malhadeira (40m de comprimento x 1.7 m de altura) foi utilizada para capturar os peixes dentro do banco de macrófitas e outra foi utilizada aproximadamente a 200 metros de distância foram do banco de macrófitas. As redes foram revisadas a cada 12 horas, no anoitecer e amanhecer de cada dia, durante três dias. Cada rede malhadeira era composta por 8 tamanhos de malhas diferentes (1 a 8 cm), com 5 m de pano para cada tamanho de malha, sendo localizados aleatoriamente em cada rede. Todos os peixes coletados foram identificados, medidos (cm), pesados (g) e contados.

Variáveis ambientais (temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica) foram mensurados no anoitecer e amanhecer em cada área de amostragem. Os dados do nível do reservatório foram fornecidos pela Tractebel Energia.

Análises estatísticas

A assembleia de peixes foi caracterizada utilizando-se cinco métricas: composição de espécies, abundância, riqueza, equitabilidade e diversidade de Shannon. Cada uma dessas métricas foi estimada para cada amostragem (estação do ano x habitat x horário). Para todas as análises, os dados de abundancia de peixes foram transformados em $\text{Log}_{10} x + 1$.

A influência da variação espaço-temporal (fatores: estação do ano, habitat, horário) na abundância total de peixes, riqueza, diversidade, equitabilidade e na abundância das quatro espécies mais abundantes (variáveis dependentes) foi avaliada através de uma ANOVA aninhada e, quando necessário, o teste de Tukey. Foi também calculada a variação das escalas espacial e temporal através da comparação total explicada pelo modelo (R^2).

Uma análise de correspondência canônica (CCA; ter Braak, 1986) foi utilizada para avaliar a relação entre a assembleia de peixes e as variáveis ambientais, as quais, com exceção do pH, foram previamente transformadas em $\text{Log}_{10} (x+1)$. A inclusão de variáveis ambientais na CCA foi baseada em um procedimento de seleção *forward*. A significância estatística da relação espécie-ambiente foi testada através do teste de Monte Carlo, a partir de 999 randomizações. Para determinar a fração de variação da estrutura das assembleias de peixes, explicada pelas variáveis ambientais, foi usado o

método de partição de inércia proposto por Borcard et al. (1992). Todas as ordenações foram realizadas no programa PCord 5.0 e o nível de significância adotado foi 0,05. Finalmente, as densidades log-transformadas ($\log_{10} x+1$) das espécies mais abundantes foram correlacionadas com as variáveis ambientais selecionadas pela CCA, através da correlação de Spearman.

Referências

- Borcard, D.; Legendre, P. & Drapeau, P. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73: 1045-1055, 1992.
- Dufrene, M. & Legendre, P. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67(3): 345–366, 1997.
- McCune, B. & Grace, J. B. *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design, Gleneden Beach, 2002.
- Ter Braak, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179, 1986.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Artigo 1:

Revista – Brazilian Archives of Biology and Technology

Relação espécie-específica entre as espécies de peixes e de macrófitas aquáticas flutuantes no reservatório de Itá, Brasil

Samara Hermes-Silva^{1,2*} & Evoy Zaniboni-Filho²

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luiz, Km 235, Caixa Postal 676, São Carlos - São Paulo - Brazil, CEP 13565-905;

samara@lapad.ufsc.br; ²Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD), Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia SC 406, 3532, Florianópolis - Santa Catarina - Brazil, CEP 88066-000; evoy@lapad.ufsc.br

ABSTRACT

To verify the existence of a species-specific relationship between fish species and aquatic floating macrophytes at Itá reservoir (Uruguay river, Brazil), monthly samples (September/06 to February/07) were done at the littoral zone of three macrophyte stands with different species composition. It was observed some fish assemblage segregation between macrophyte stands composed by *Eichhornia crassipes* and by *Salvinia* sp., suggesting a strong influence of the macrophyte stand composition on fish assemblage structure. No difference was observed between fish assemblages presented in macrophyte stand of *E. crassipes* and of *Pistia stratiotes*, suggesting a greater similarity, in terms of habitat complexity, between these two macrophyte species. It was also observed a strong preference of the species *Gymnotus carapo*, *Eigenmannia virescens* and *Hoplias malabaricus* for macrophyte stands composed by *E. crassipes*, reinforcing the existence of a species-specific relationship between some species of fish and of aquatic macrophytes.

Key words: rio Uruguai, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia* sp.

INTRODUÇÃO

O crescimento de macrófitas aquáticas nos reservatórios é um evento comum a muitos ecossistemas neotropicais, principalmente nos primeiros anos após o enchimento. Nessa etapa, uma grande carga de nutrientes é liberada na água pela decomposição da matéria orgânica submersa, propiciando o aparecimento das plantas aquáticas. É bastante comum nessa fase, a completa cobertura da lâmina

d'água por espécies flutuantes, consideradas as primeiras invasoras nestas situações (De Filippo, 2003).

Apesar do grande potencial como fontes causadoras de problemas em reservatórios (Bini *et al.*, 1999), principalmente quando não controladas, as macrófitas aquáticas têm grande importância para os ecossistemas aquáticos. No que se refere às espécies flutuantes, além de servirem de abrigo para ovos, larvas e juvenis de peixes e fornecerem abundância de alimentos (macro e micro invertebrados), estas espécies atuam fortemente na retirada de nutrientes dos corpos d'água, diminuindo assim a carga que é carregada principalmente pelos afluentes que deságuam nos reservatórios. Vários são os trabalhos que mostraram a importância dessas plantas aquáticas para a manutenção da diversidade de peixes (Meschiatti *et al.*, 2000; Petry *et al.*, 2003; Agostinho *et al.*, 2003, 2007; Meerhoff *et al.*, 2007) e como local de alimentação e abrigo para as formas jovens (Casati *et al.*, 2003; Pelicice & Agostinho, 2006).

De modo geral, a presença de plantas aquáticas em corpos d'água aumenta a complexidade espacial dos ambientes criando importantes habitats para o desenvolvimento de invertebrados e peixes. No entanto, Dibble & Thomaz (2006) sugeriram que cada espécie de planta aquática contribui de forma diferenciada para a complexidade espacial dos habitats aquáticos. Segundo estes autores, dentre oito espécies de macrófitas aquáticas estudadas, entre submersas, enraizadas e flutuantes, *Eichhornia azurea* e *Utricularia foliosa* foram as que apresentaram os maiores valores de complexidade espacial, uma enraizada com folhas emergentes e flutuantes e a outra livre, respectivamente.

Apesar dos inúmeros trabalhos enfocando a relação das assembleias de peixes com as macrófitas aquáticas, poucos trabalhos têm comparado a estruturação destas assembleias de peixes com diferentes espécies de macrófitas aquáticas.

Meerhorf *et al.* (2003) compararam o efeito de duas espécies de plantas aquáticas com formas de vida diferenciadas: a macrófita flutuante *Eichhornia crassipes* e a submersa *Potamogeton pectinatus*; e observaram que, para a comunidade de peixes, a espécie submersa parece ser mais procurada como refúgio por pequenos peixes e juvenis, principalmente de espécies planctívoras, do que as raízes da *E. crassipes*; sendo que esta última é mais procurada pelas formas jovens de peixes piscívoros.

Outro trabalho que comparou o efeito de diferentes espécies de macrófitas na distribuição de peixes foi o realizado por Dibble & Pelicice (2010), que observaram maior riqueza e abundância de peixes em bancos de *Cacomba furcata* e *Eichhornia azurea* quando comparado com bancos da espécie de macrófita enraizada com folhas flutuantes *Nymphaea amazonum*. Como sugerido por Dibble & Thomaz (2006), as duas primeiras espécies de macrófita apresentam maior complexidade espacial, podendo assim contribuir melhor no aumento da heterogeneidade dos habitats e, portanto, influenciando mais fortemente na distribuição de peixes e invertebrados, do que a espécie *N. amazonum*, a qual apresenta uma estrutura mais simples.

O reservatório de Itá foi formado no ano de 2000 e desde o seu enchimento foi observado o crescimento de macrófitas aquáticas flutuantes, principalmente das espécies *Eichhornia crassipes*,

Pistia stratiotes e *Salvinia* sp. (Zaniboni-Filho *et al.*, 2008). Os bancos de macrófitas neste reservatório normalmente se formam próximo a foz dos afluentes que deságuam no lago, e que tiveram sua foz represada com o enchimento deste. As três principais espécies citadas anteriormente podem ser encontradas formando bancos monotípicos ou compondo um mosaico, onde normalmente se observa a dominância de uma delas (observação pessoal).

Dessa forma, nosso objetivo foi verificar se existe uma relação espécie-específica entre as espécies de peixes e as espécies de macrófitas aquáticas flutuantes presentes no reservatório de Itá, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida no reservatório de Itá, localizado na região do Alto rio Uruguai, divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1). Os locais selecionados para este estudo foram a foz dos rios Rancho Grande (RG), Queimados (BQ) e Fragosos (FR). No Rancho Grande, o banco de macrófitas foi composto unicamente pela espécie *Salvinia* sp. No Queimados, houve variação na composição do banco, alternando a espécie dominante entre a *Eichhornia crassipes* e a *Pistia stratiotes*. Já no Fragosos, o banco de macrófitas foi dominado pela espécie *Eichhornia crassipes* durante todo o período de estudo.

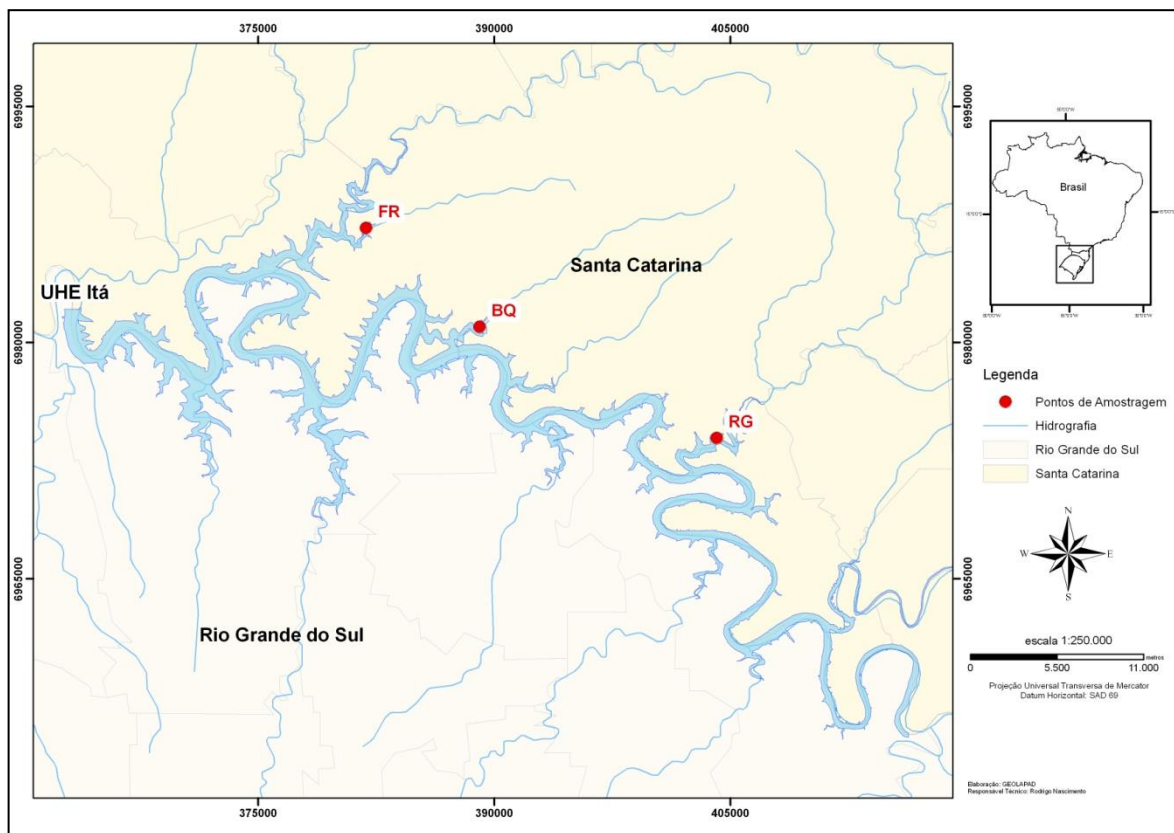


Figura 1. Localização dos locais amostrados no reservatório de Itá (Rio Uruguai, Brasil).

As amostragens ocorreram mensalmente de setembro de 2006 a fevereiro de 2007, caracterizando as estações de primavera (2006) e verão (2007). Durante este período, os bancos dos três locais amostrados variaram bastante de tamanho.

Os peixes foram coletados com rede de arrasto, com 12 m de comprimento por 3 m de altura, e malha com 8 mm entre-nós adjacentes. As amostragens foram realizadas na zona litorânea dos bancos de macrófitas, em três replicatas. Todos os peixes coletados foram identificados, contados e submetidos a biometria, sendo medidos o peso (g) e o comprimento (mm) de todos os indivíduos.

Para caracterizar os locais de amostragem em cada mês, foram medidas as seguintes variáveis ambientais: temperatura da água e oxigênio dissolvido (OD), medidos com um oxímetro YSI 550; e pH, medido com um peagâmetro YSI 63. Buscando caracterizar melhor os bancos de macrófitas, foram realizadas medidas de sub-superfície na zona litorânea e pelágica de cada banco de macrófitas. Todas as amostragens foram realizadas no período na manhã. Para diferenciar a espécie de macrófita dominante em cada mês nos três locais amostrados, foi estabelecida uma categorização levando-se em consideração a complexidade do sistema radicular (1-3, sendo 1 = menos complexo e 3 = mais complexo). Consideramos, portanto: '1' para um banco dominado pela *Salvinia* sp.; '2' quando a espécie *Pistia stratiotes* era dominante; e '3' para representar a dominância de *Eichhornia crassipes*. Não foi levado em consideração o tamanho dos bancos amostrados em cada mês pois todas as amostragens foram feitas na borda do banco e, portanto, foi considerado que este fator não estaria influenciando as assembleias ali presentes.

Análise dos dados

Para sumarizar a estrutura das assembleias de peixes nos diferentes locais amostrados (RG x BQ x FR) e as estações do ano (primavera x verão), foi aplicada sobre os dados de abundância das espécies uma análise de correspondência (CA). Para minimizar o efeito de espécies raras na ordenação, foram selecionadas somente as espécies que apresentaram frequência de ocorrência (FO) > 6% durante todo o período de estudo. Para avaliar a diferença das assembleias de peixes presentes no estudo, e evidenciar o observado na CA, o mesmo conjunto de dados utilizado para esta análise foi submetido ao teste de permutação MRPP (Multiple Response Permutation Procedure – programa PC-Ord 5.0). Neste teste, o valor de T foi utilizado para determinar a consistência da classificação, o valor de P para avaliar a significância estatística e o valor de A, a homogeneidade dentro dos grupos. Apesar dos valores de A variarem de 0 a 1 (1 = todos os itens são idênticos dentro do grupo), em ecologia é comum encontrar valores de $A < 0,1$, sendo considerado $A > 0,3$ um valor alto (McCune & Grace, 2002).

A caracterização dos locais selecionados em cada mês amostrado foi avaliada através de uma análise de componentes principais (PCA) utilizando-se o programa STATISTICA 7.0. Foram utilizados para esta análise as variáveis ambientais medidas em cada local (temperatura da água, pH e OD), além da categorização estipulada para cada espécie de macrófita dominante em cada local e mês amostrado.

Todas as variáveis utilizadas nesta análise foram correlacionadas com as abundâncias das espécies de peixes amostradas em cada local, e que apresentaram $FO > 6\%$, através da correlação de Spearman.

Todos os dados de abundância e as variáveis ambientais, exceto pH, foram previamente transformados em $\text{Log}_{10} x + 1$. Para todas as análises, foi utilizado $P \leq 0,05$ como o nível de significância estatística.

RESULTADOS

Foram capturados 2557 indivíduos pertencentes a 25 espécies de peixes nos bancos de macrófitas dos três locais selecionados ao longo dos seis meses de amostragens (Tabela 1). A maior abundância foi observada no banco localizado na foz do rio Queimados, onde foram capturados 1223 indivíduos pertencentes a 17 espécies de peixes. Neste local, três espécies corresponderam a 82% das capturas, sendo elas: *Serrasalmus maculatus* (562), *Astyanax jacuhiensis* (317) e *A. fasciatus* (121). Na foz do rio Fragosos, foram capturados 1088 peixes pertencentes a 16 espécies, das quais quatro espécies corresponderam a 68% das capturas: *Gymnotus carapo* (240 indivíduos), *Geophagus brasiliensis* (200), *Moenkhausia* sp. (154) e *A. jacuhiensis* (151). Já na foz do rio Rancho Grande apenas 246 indivíduos foram capturados pertencentes a 20 espécies. Deste total, somente *A. jacuhiensis* correspondeu a 43% das capturas (105 indivíduos).

Tabela 1 - Espécies de peixes capturados nos bancos de macrófitas, sua frequência de ocorrência geral (FO%) e número total de indivíduos em cada um dos três locais amostrados durante a primavera de 2006 e o verão de 2007.

Espécie	FO%	Primavera			Verão		
		BQ	FR	RG	BQ	FR	RG
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	14,8	3	5	1	3	1	1
<i>Astyanax fasciatus</i>	13	13	97	0	108	0	0
<i>Astyanax jacuhiensis</i>	74,1	13	97	81	304	54	24
<i>Bryconamericus iheringii</i>	16,7	5	18	17	42	0	5
<i>Bryconamericus stramineus</i>	7,4	0	0	8	7	0	0
<i>Crenicichla celidochilus</i>	1,9	0	0	1	0	0	0
<i>Crenicichla missioneira</i>	3,7	0	1	1	0	0	0
<i>Crenicichla vittata</i>	16,7	5	0	0	8	6	0
<i>Eigenmannia virescens</i>	25,9	46	20	1	4	37	0
<i>Geophagus brasiliensis</i>	33,3	0	39	20	1	161	1
<i>Gymnogeophagus gymnogenys</i>	3,7	0	0	5	0	0	0
<i>Gymnogeophagus meridionalis</i>	3,7	0	0	2	0	0	0
<i>Gymnotus carapo</i>	38,9	11	22	1	1	218	0
<i>Hoplias lacerdae</i>	13	0	2	1	3	3	0
<i>Hoplias malabaricus</i>	20,4	2	1	0	4	18	0
<i>Hypostomus commersoni</i>	3,7	0	0	0	0	1	1
<i>Loricariichthys anus</i>	1,9	0	0	0	1	0	0
<i>Moenkhausia sp.</i>	22,2	61	153	5	6	1	1
<i>Odontesthes perugiae</i>	3,7	0	0	1	0	0	1
<i>Oligosarcus jenynsii</i>	7,4	0	0	1	0	0	4
<i>Parauchenipterus galeatus</i>	7,4	0	0	0	3	1	0
<i>Poecillia reticulatta</i>	1,9	0	0	1	0	0	0
<i>Serrasalmus maculatus</i>	50	46	37	36	516	15	4
<i>Steindachnerina biornata</i>	3,7	0	0	4	2	0	0
<i>Steindachnerina brevipinna</i>	24,1	3	24	17	2	56	0

Os dois primeiros eixos da CA explicaram juntos 29,4% da variabilidade dos dados (Figura 2). O primeiro eixo da CA (15,9%) mostrou mais claramente uma segregação espacial, principalmente entre os locais FR e RG, onde as coletas realizadas em FR foram influenciadas pela maior abundância da espécie *G. carapo* ($r = -0,65$; $P < 0,05$) e as amostragens em RG foram caracterizadas pela presença da espécie *O. jenynsii* ($r = 0,42$; $P < 0,05$). Já o segundo eixo da CA (CA2 = 13,5%) mostrou uma segregação sazonal, onde as amostragens realizadas durante o verão, principalmente no ponto BQ, foram influenciadas pela maior abundância da espécie *S. maculatus* ($r = -0,54$; $P < 0,05$) e as amostragens realizadas durante a primavera, independente do ponto de amostragem, foram caracterizadas pela presença da espécie *Moenkhausia sp.* ($r = 0,68$; $P < 0,05$).

A mesma matriz de dados submetida à análise de correspondência foi também utilizada na análise MRPP para avaliar a consistência dos grupos formados. Os dados agrupados espacialmente ($T = -13,178$; $A = 0,10$; $P < 0,05$) ou de acordo com a espécie de macrófita dominante ($T = -10,547$; $A =$

0,09; $P < 0,05$) mostraram maior significância do que os agrupados sazonalmente ($T = -2,853$; $A = 0,01$; $P < 0,05$). Em relação à segregação espacial, a maior significância foi observada entre o ponto amostral RG e o FR ($T = -10,961$; $A = 0,11$; $P < 0,05$) e entre o RG e o BQ ($T = -8,663$; $A = 0,08$; $P < 0,05$). Já em relação a espécie de macrófita dominante, a maior significância na segregação dos grupos foi observada entre as espécies *E. crassipes* e *Salvinia* sp. ($T = -12,042$; $A = 0,09$; $P < 0,05$).

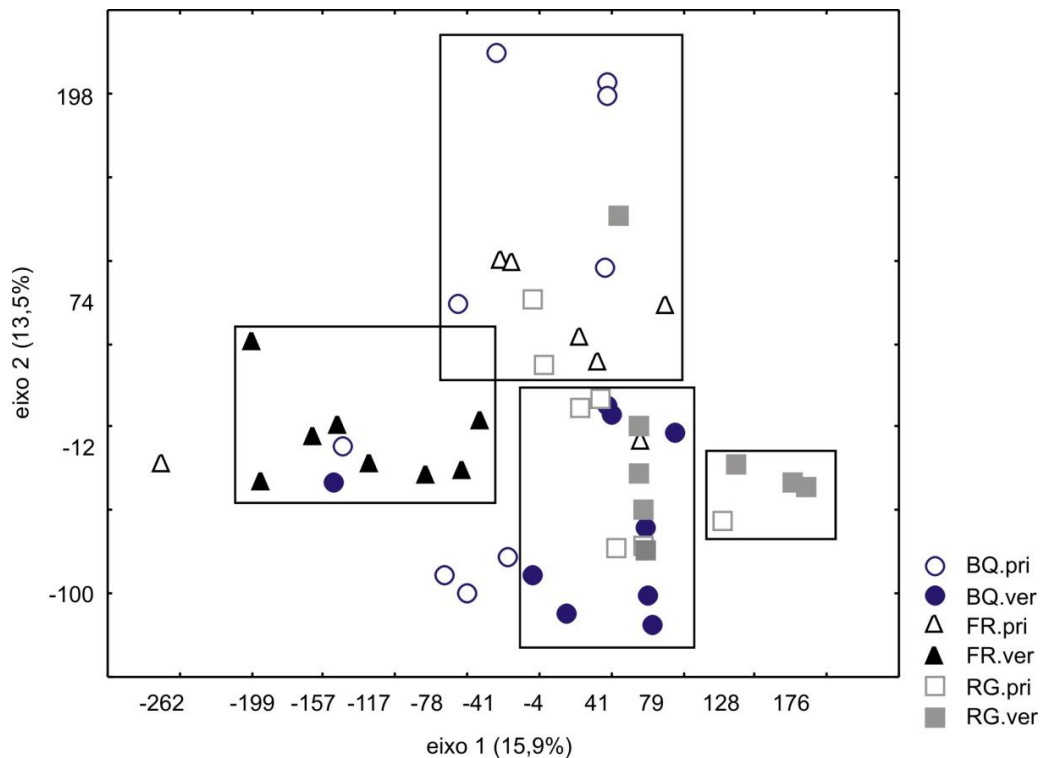


Figura 2. Diagrama da análise de correspondência aplicada sobre os dados das assembleias de peixes dos três locais amostrados durante a primavera de 2006 e o verão de 2007.

Apenas os dois primeiros eixos da PCA explicaram a maior parte da variabilidade dos dados (80%) e foram retidos para interpretação (Figura 3). O eixo 1 explicou 47% da variabilidade dos dados e identificou um gradiente de complexidade de habitat criado pelas diferentes espécies de macrófitas, pela temperatura da água e concentração de OD. As amostragens realizadas nos bancos de *E. crassipes* apresentaram altos valores de temperatura da água e baixos valores de OD, já nas amostragens na *Salvinia* sp. foi observado o oposto, menores valores de temperatura de água e maiores de OD. O eixo 2 explicou 33% da variabilidade e foi influenciado pela variável pH, a qual se mostrou mais elevada principalmente nos bancos de *Eichhornia crassipes*, independente do local amostrado (BQ ou FR) e da estação do ano.

Os resultados da correlação de Spearman estão apresentados na Tabela 2. Foi observada uma correlação positiva entre as espécies *H. malabaricus*, *E. virescens* e *G. carapo* e a espécie de macrófita dominante, mostrando uma maior relação com a espécie de macrófita *E. crassipes*, enquanto que para a espécie *O. jenynsii* esta correlação foi negativa, mostrando uma maior relação com a espécie

Salvinia sp. Também foi observada uma correlação positiva entre a temperatura da água e a abundância das espécies *G. carapo*, *H. malabaricus* e *S. maculatus*, e negativa entre o OD e a abundância das espécies *A. fasciatus*, *H. malabaricus*, *P. galeatus* e *S. maculatus*. Em relação ao pH, a espécie *E. virescens* apresentou uma correlação positiva e as espécies *A. fasciatus* e *O. jenynsii* apresentaram uma correlação negativa.

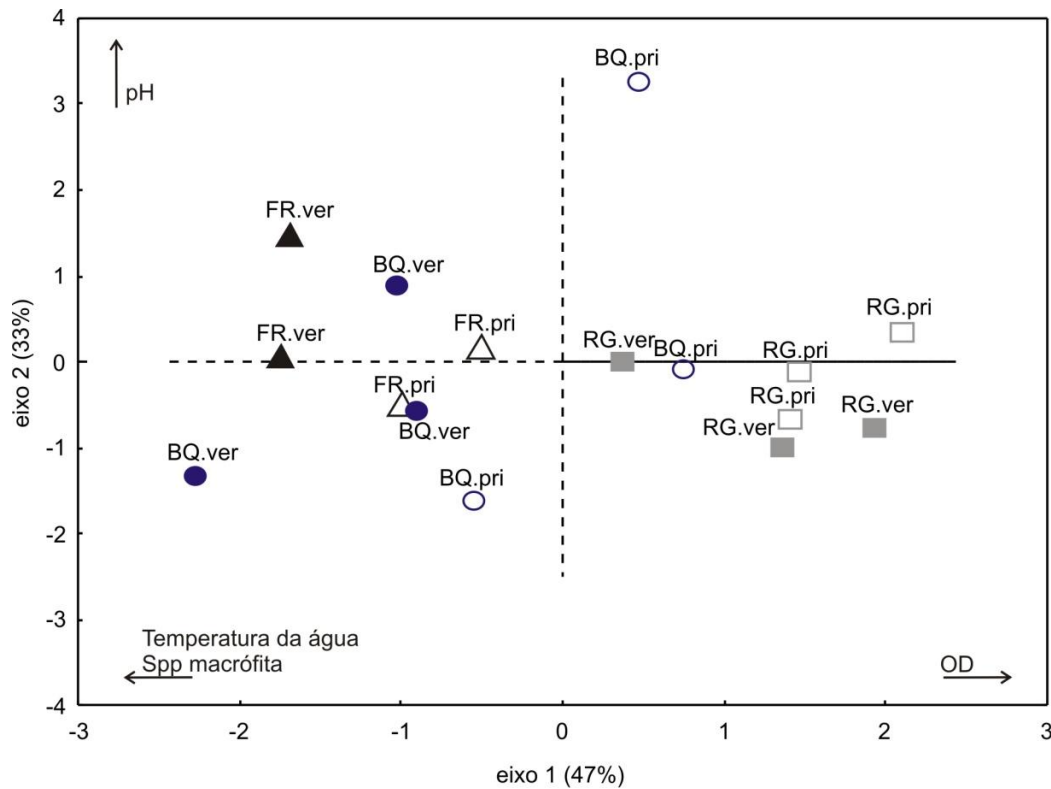


Figura 3. Análise de Componentes Principais aplicada sobre os dados característicos de cada habitat amostrado durante o período de estudo.

Tabela 2 - Correlação de Spearman entre as características dos habitats observadas em cada local amostrado e as espécies com frequência de ocorrência > 6%. Estão listadas apenas as espécies que apresentaram correlação significativa ($P < 0,05$, em negrito).

Espécies	Macrófita dominante	Temperatura da água	OD	pH
<i>A. fasciatus</i>	0.274	-0.158	-0.447	-0.357
<i>B. stramineus</i>	-0.274	-0.195	0.021	0.128
<i>C. vittata</i>	0.279	0.211	-0.195	0.151
<i>E. virescens</i>	0.392	0.023	-0.188	0.289
<i>G. carapo</i>	0.666	0.271	-0.165	0.253
<i>H. malabaricus</i>	0.303	0.345	-0.289	-0.072
<i>O. jenynsii</i>	-0.351	-0.094	0.225	-0.346
<i>P. galeatus</i>	0.205	0.218	-0.387	-0.065
<i>S. maculatus</i>	0.224	0.324	-0.333	0.268

DISCUSSÃO

Os dados sugerem uma aparente relação espécie-específica entre as espécies de peixes e de macrófitas aquáticas flutuantes no reservatório de Itá. A segregação das assembleias observadas entre os pontos FR e RG sugere uma forte influência da composição dos bancos de macrófitas presente nestes locais, ou seja, um banco dominado por *Eichhornia crassipes* em FR e por *Salvinia* sp. em RG. Além disso, foi observada forte preferência das tuviras *Gymnotus carapo* e *Eigenmannia virescens* e da traíra *Hoplias malabaricus* pela espécie *E. crassipes*, ajudando a reforçar a existência de uma relação espécie-específica entre espécies de peixes e de macrófitas aquáticas. As assembleias presentes nos bancos das espécies *E. crassipes* e *Pistia stratiotes* aparentemente não apresentaram diferença entre si, sugerindo uma maior semelhança, em termos de complexidade de habitat, entre estas espécies de macrófitas.

Nenhum trabalho até o momento estimou e comparou a complexidade espacial fornecida pelas diferentes espécies de macrófitas aquáticas flutuantes. Apesar da subjetividade utilizada em nossas medidas de complexidade dos habitats criados pelas diferentes espécies de macrófitas estudadas, este foi uma primeira tentativa de mostrar a existência de relação entre determinadas espécies de peixes e diferentes espécies de macrófitas aquáticas flutuantes.

Dibble & Thomaz (2006), após realizarem diferentes medidas de complexidade estrutural em oito espécies de plantas aquáticas, observaram que as raízes de *E. crassipes* apresentam um nível de complexidade estrutural intermediário, semelhante ao observado para outras espécies como *Potamogeton pusillus*, *Cacomba furcata*, *Heteranthera* cf. *zosterifolia* e *Egeria najas*, enquanto que as espécies *Eichhornia azurea* e *Utricularia foliosa* foram as que apresentaram os maiores valores de complexidade espacial, sendo uma enraizada com folhas emergentes e flutuantes e a outra submersa, respectivamente. Para esses autores, cada espécie de planta aquática contribui de forma diferenciada para a complexidade espacial dos habitats aquáticos e, portanto, influenciam diferentemente os organismos aquáticos presentes nestes ambientes.

A variação espacial (entre os pontos de amostragem) pareceu também estar influenciando a estruturação das assembleias de peixes, como mostrado na CA e reforçado pela análise MRPP. Segundo os resultados, as maiores diferenças foram observadas entre o ponto RG e o ponto FR, do que destes comparados com o ponto BQ. Essa variação espacial pode estar sendo influenciada pelas diferentes espécies de macrófita presentes em cada um destes locais, tendo em vista que os bancos de macrófitas localizados nos pontos FR e RG foram os que diferiram mais fortemente suas composições (dominância de *E. crassipes* em FR e de *Salvinia* sp. em RG), enquanto que no ponto BQ, a composição do banco de macrófitas variou ao longo do período estudado, alguns meses apresentando dominância da *P. stratiotes* e em outros da *E. crassipes*.

A correlação observada entre a macrófita *E. crassipes* (espécie de macrófita dominante) e as tuviras *E. virescens* e *G. carapo* e a traíra *H. malabaricus* deve provavelmente estar relacionada a estratégia de

vida destas espécies. Diversos autores reportaram a presença da traíra *H. malabaricus* em bancos de macrófitas (de Almeida *et al.* 1997; Luz-Agostinho *et al.*, 2008; Dibble & Cunha, 2010; Mazzeo *et al.*, 2010), relacionando este fato a seu hábito alimentar piscívoro e a estratégia de captura do tipo predador de espreita, que são favorecidos em ambientes mais estruturados, como bancos de macrófitas, onde esta espécie encontra grande variedade e quantidade de presas (Luz-Agostinho *et al.*, 2008).

A presença da tuvira *G. carapo* em bancos de macrófitas foi também reportada por Suárez *et al.* (2001), o qual destaca que esta espécie normalmente é a única explorada nestes ambientes por pescadores que a utilizam como isca para a pesca esportiva. No reservatório de Itá, também foi observada a exploração da tuvira nos bancos de *E. crassipes* (observação pessoal). Moradores próximos a foz do rio Fragosos desenvolveram apetrechos especiais, semelhantes a peneiras de aço com diferentes tamanhos de malha, para a captura única e exclusivamente da tuvira, que normalmente é vendida para pescadores esportivos como isca viva. Além disso, outros trabalhos que estudaram a biologia reprodutiva e alimentar de algumas espécies de gymnotiformes (*E. trilineata*, Giora *et al.*, 2005; Giora & Fialho, 2009; *G. carapo*, Cognato & Fialho, 2006) coletaram os indivíduos em ambientes com a presença de vegetação aquática, mostrando que as espécies desta ordem apresentam alguma relação com estes ambientes mais estruturados.

Apesar de nenhum dos trabalhos citados anteriormente fazerem referência a espécie de planta aquática presente nos bancos de macrófita estudados, e como muitos destes trabalhos sugerem a relação de algumas espécies com ambientes mais estruturados, concluímos que a maior abundância das espécies *H. malabaricus*, *G. carapo* e *E. virescens* nos bancos de *E. crassipes* sugere uma preferência destas espécies de peixes por esta espécie de macrófita, mostrando a existência de uma relação espécie-específica entre algumas espécies de peixes e de macrófitas aquáticas flutuantes no reservatório de Itá.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas de laboratório pela ajuda em campo. Este trabalho foi financiado pela Tractebel Energia como parte do projeto “Monitoramento e Manejo da Ictiofauna do Alto Rio Uruguai”. Agradecemos ainda as bolsas de doutorado (SHS) e de produtividade em pesquisa (EZF) fornecidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

Buscando verificar a existência de uma relação espécie-específica entre as espécies de peixes e de macrófitas aquáticas flutuantes presentes no reservatório de Itá (rio Uruguai, Brasil), foram realizadas coletas mensais (setembro/06 a fevereiro/07) na zona litorânea de três bancos de macrófita com composições diferenciadas. Foi observada uma segregação das assembleias presentes nos bancos de

Eichhornia crassipes e *Salvinia* sp., sugerindo uma forte influência da composição dos bancos na estruturação das assembleias de peixes. As assembleias presentes nos bancos da *E. crassipes* e da *Pistia stratiotes* aparentemente não diferiram entre si, sugerindo uma maior semelhança, em termos de complexidade de habitat, entre estas espécies de macrófitas. Foi também observada uma forte preferência das tuviras *Gymnotus carapo* e *Eigenmannia virescens* e da traíra *Hoplias malabaricus* nos bancos compostos por *E. crassipes*, ajudando a reforçar a existência de uma relação espécie-específica entre algumas espécies de peixes e de macrófitas aquáticas.

REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. and Julio Jr., H. F. (2003), Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In- *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*, ed. S. M. Thomaz and L. M. Bini. Eduem, Maringá, pp. 261-277
- Agostinho, A.A.; Thomaz, S.M.; Gomes, L.C. and Baltar, S. (2007), Influence of the macrophyte *Eichhornia azurea* on fish assemblage of the Upper Parana River floodplain (Brazil). *Aquatic Ecology* 41, 611-619
- Bini, L. M.; Thomaz, S. M.; Murphy, K. J. and Camargo, A. F. M. (1999), Aquatic macrophytes distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, 415, 147-154
- Casatti, L.; Mendes, H. F. and Ferreira, K. M. (2003), Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana Reservoir, Paranapanema River, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63,213-222
- Cognato, D. P. and Fialho, C. B. (2006), Reproductive biology of a population of *Gymnotus* aff. *carapo* from southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 4, 339-348
- De Filippo, R. (2003), Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa – Goiás. In- *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*, ed. S. M. Thomaz and L. M. Bini. Eduem, Maringá, pp.281-317
- De Almeida, V. L. L.; Hahn, N. S. and Vazzoler, A. E. A. de M. (1997), Feeding patterns in five predatory fishes of the high Paraná river floodplain (PR, Brazil). *Ecology of Freshwater Fish*, 6, 123-133
- Dibble, E. D.; Killgore, K. J. and Harrel, S. L. (1996), Assessment of fish-plant interactions. In- *Multidimensional approaches to reservoir fisheries management*, eds. L. E. Miranda and D. R. Devries. Bethesda, American Fisheries Society Symposium 16, pp. 357-372
- Dibble, E. D. and Thomaz, S. M. (2006), A simple method to estimate spatial complexity in aquatic plants. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (3), 421-428
- Dibble, E.D. and Pelicice, F. M. (2010), Influence of aquatic plant-specific habitat on an assemblage of small neotropical floodplain fishes. *Ecology of Freshwater Fish*, 19, 381-389
- Giora, J. and Fialho, C. B. (2009), Reproductive biology of weakly electric fish *Eigenmannia trilineata* López and Castello, 1966 (Teleostei, Sternopygidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52, 617-628
- Giora, J.; Fialho, C. B. and Dufech, A. P. Feeding habitos of *Eigenmannia trilineata* Lopez & Castello, 1966 (Teleostei: Sternopygidae) of Parque Estadual de Itapuã, RS, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 3, 291-298

- Luz-Agostinho, K. D. G.; Agostinho, A. A. Gomes, L. C. and Júlio Jr., H. F. (2008), Influence of flood pulses on diet composition and trophic relationship among piscivores fish in the upper Paraná river floodplain. *Hydrobiologia*, 607, 187-198
- Mazzeo, N.; Iglesias, C.; Teixeira de Melo, F.; Borthagaray, A.; Fosalba, C.; Ballabio, R.; Larrea, D.; Vilches, J.; García, S.; Pacheco, J. P. and Jeppesen, E. (2010), Trophic cascade effects of *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae) in subtropical lakes food webs: a mesocosm approach. *Hydrobiologia*, 644, 325-335
- McCune, B. and Grace, J. B. (2002), *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design, Gleneden Beach
- Meerhoff, M.; Iglesias, C.; Teixeira de Melo, F.; Clemente, J. M.; Jensen, E.; Lauridsen, T. L. and Jeppesen, E. (2007), Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behavior of littoral zooplankton in temperate versus subtropical shallow lakes. *Freshwater Biology*, 52, 1009-1021
- Meerhoff, M.; Mazzeo, N.; Moss, B. and Rodríguez-Gallego, L. (2003), The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake. *Aquatic Ecology*, 37, 377-391
- Meschiatti, A. J.; Arcifa, M. S. and Fenerich-Verani, N. (2000), Fish communities associated with macrophytes in Brazilian floodplain lakes. *Environmental Biology of Fishes*, 58, 133-143
- Pellicice, F.M. and Agostinho, A. A. (2006), Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. patches in a tropical reservoir, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*, 15, 10-19
- Pellicice, F.M.; Agostinho, A.A. and Thomaz, S.M. (2005), Fish assemblages associated with *Egeria* in a tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period. *Acta Oecologica*, 27, 9-16
- Petry, P.; Bayley, P.B. and Markle, D.F. (2003), Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, 63, 547-579
- Suárez, Y. R.; Petrere Jr., M. and Catella, S. C. (2001), Factors determining the structure of fish communities in Pantanal lagoons (MS, Brazil). *Fisheries Management and Ecology*, 8, 173-186
- Thomaz, S. M. and Cunha, E. R. (2010), The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22 (2), 218-236
- Zaniboni-Filho, E.; Nuñez, A. P. de O.; Reynalte-Tataje, D. A.; Hermes-Silva, S. and Meurer, S. (2008), Alterações espaciais e temporais da estrutura da comunidade de peixes em decorrência da implantação do reservatório de Itá (Alto rio Uruguai). Pp. 3-18. In- *Reservatório de Itá – estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de cultivo e conservação da ictiofauna*, Eds. E. Zaniboni-Filho and A. P. de O. Nuñez. Editora da UFSC, Florianópolis, 3-18

Artigo 2:

Revista - Environmental Biology of Fishes

**DISTRIBUTION OF LITTORAL FISHES IN A TRIBUTARY IMPOUNDED BY THE ITÁ
RESERVOIR, UPPER URUGUAY RIVER – BRAZIL**Samara Hermes-Silva^{1,2*} & Evoy Zaniboni-Filho²

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luiz Km 235, Caixa Postal 676, São Carlos - São Paulo - Brazil, CEP 13565-905; Phone: + 55 48 33895216, samara@lapad.ufsc.br; ²Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD), Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia SC 406, 3532, Florianópolis - Santa Catarina - Brazil, CEP 88066-000.

Abstract

To evaluate which factors explain the distribution of littoral fish assemblage at the littoral zone, monthly samples were done from September 2006 to August 2007 in an impounded tributary of Itá reservoir, the Fragosos river, located in the Upper Uruguay river basin. Fish were collected with a beach seine and samplings were done at the littoral zone inside of a macrophyte stand and in an area with no macrophytes. A total of 5191 fish was captured during the whole period. Fish assemblage attributes (fish abundance, species richness and diversity) varied significantly between sampling months and areas, as well as the abundance of the species *Astyanax jacuhiensis*, *A. fasciatus*, *Geophagus brasiliensis*, and *Gymnotus carapo*. The Correspondence Analysis (CA) showed a clear spatial segregation at the first axis and a slight temporal segregation at the second axis, which were confirmed by the Multiple Response Permutation Procedure analysis (MRPP). Apparently, the presence of the aquatic macrophytes *per se* is not the only factor influencing the distribution of littoral fish assemblage in the Fragosos river, which seemed to be taking advantages from low to medium macrophyte stand size, while at maximum stand size, only few species still use this environment.

Keywords: aquatic macrophytes, fish assemblage, Uruguay river, Itá reservoir.

Introduction

The importance of the littoral zone to aquatic organisms has been well-demonstrated in many aquatic systems (Vono and Barbosa 2001; Lewin et al. 2004; Tolonen et al. 2005). They provide different microhabitats with a varying degree of complexity, being the presence or absence of aquatic vegetation one of these sources of variation.

Aquatic macrophytes add complexity to aquatic systems due to their plant morphology (roots, stems, and leaves structure), creating an unique substrate to macroinvertebrates and zooplankton fixation (Dibble and Thomaz 2006), and consequently, promoting an enhancement of food availability for fishes (Casatti et al. 2003; Dibble and Thomaz 2006; Pelicice and Agostinho 2006). Besides that, they provide refuge from predators to young and small adult fishes (Meschiatti et al. 2000; Agostinho et al. 2003; Agostinho et al. 2007; Neiff et al. 2009). The high complexity provided by the presence of macrophytes can, thus, promote a higher fish diversity, abundance

and species richness (Petry et al. 2003; Pelicice et al. 2005; Agostinho et al. 2007; Dibble and Pelicice 2010), influencing fish assemblage structure of littoral habitats.

On the other hand, the presence of aquatic macrophytes can alter physicochemical characteristics of the water, especially when in high densities, providing dissolved oxygen, pH and ammonia conditions that may limit the presence of some fish species (Miranda et al. 2000; Miranda and Hodges 2000; Petr 2000).

Although many studies have shown the importance of aquatic macrophytes to fish assemblage structure, few studies have conducted simultaneously samplings in the open areas that allowed a true comparison of these habitats (Agostinho et al. 2007).

In our study we carried out samplings at the littoral zones of an impounded tributary in areas with and without the presence of floating macrophytes to test the hypothesis that littoral fish assemblage distribution varies related to the presence or absence of aquatic vegetation (macrophytes) and the percentage of cover of the macrophytes stand on the study area. To test this hypothesis, we addressed the following question: which factors explain the distribution (or structure) of the littoral fish assemblage at this impounded tributary of Itá reservoir? (presence or absence of macrophytes; percentage of cover; season; environmental variables).

Materials and Methods

To evaluate fish assemblage structure associated with a macrophyte stand at Itá reservoir, located in the Upper Uruguay River (between Santa Catarina and Rio Grande do Sul states, Brazil; 27°14'S, 52°11'W), an impounded tributary of the lower portion of the reservoir was selected, the Fragosos river. In this reservoir, macrophyte stands are usually found near tributaries, where nutrient-laden flow from the surrounding watershed enters the lentic waters of the lake. Aquatic macrophytes at Itá reservoir are controlled by the dam managers, who enclose the floating macrophytes with cables so that the plants do not spread all over the lake; additionally, they periodically remove some plants mechanically to control macrophyte stand size. During the course of the study, no macrophytes removal was conducted.

Fish samplings occurred monthly between September 2006 and August 2007. The macrophytes stand found at the Fragosos river, during this period, varied greatly in size, but the main species during the whole period was the water hyacinth *Eichhornia crassipes*.

Fish were collected with a beach seine (12m long x 3m high; with a 8mm mesh size) and samplings were done at the littoral zone, in three replicates, inside the macrophyte stand (macrophyte area) and in an area with no macrophytes (open area). All samplings were done during the morning between 0800 and 1200 h. All fish collected were identified, counted, measured (mm), and weighed (g).

To characterize sampling sites (open x macrophyte areas) in each month, environmental variables were measured (water temperature, DO, and pH) after fish samplings at the sub-surface area inside of the macrophyte stand. Water level data were obtained from the dam operator, Tractebel Energia (Florianópolis, SC, Brasil). The percentage of macrophyte cover was estimated visually and, every month, the macrophyte stand was photographed to allow post-sampling verification. The percentage of macrophyte cover of the stand was classified in four categories: 0 (absence of macrophytes), 1 (low macrophyte cover; < 35% of the maximum), 2 (medium macrophyte cover; 35% to 70% of the maximum), and 3 (maximum macrophyte cover during the study period).

Statistical analysis

To perform all the analyses, fish abundance data were logarithmically transformed ($\log_{10} x+1$).

The spatiotemporal variation (factors: months and areas) of total fish abundance, species richness, Shannon diversity, and the abundance of the six most abundant species (dependent variables) was evaluated by a two-way analysis of variance (ANOVA) using the software STATISTICA 7.0. When significant differences were detected, a Tukey's test to posteriori comparisons of means was applied.

To summarize fish assemblage structure along the samplings months and areas, a correspondence analyses (CA) was used. To minimize the effect of rare species on the ordination, only species with frequency of occurrence greater than 5% during the whole study period were used on the analyses. To statistically evaluate the differences of fish assemblage observed, and corroborate what was observed on the CA, the same fish abundance data used on the CA was used on a permutation test called MRPP (*Multiple Response Permutation Procedure* – PC-Ord software 5.0). Following this test, the T value was used to determine the consistency of the classification, the A value was used to evaluate the homogeneity between the groups, and the P value was used to evaluate the statistical significance (McCune and Grace 2002).

A Principal Components Analysis (PCA) was used to select the most representative environmental variables, which were then correlated to fish assemblage attributes and to the abundance of the six most abundant species through Pearson's correlation.

Environmental variables data, except pH, were logarithmically transformed ($\log_{10} x+1$). For all the analyses, $\alpha = 0.05$ was used as the level of statistical significance.

Results

A total of 5191 fish was captured during the whole study period. The six most abundant species accounted for 86% of the total caught: *Astyanax fasciatus* (n= 1466), *Moenkhausia* sp. (n= 885), *Geophagus brasiliensis* (n= 641), *A. jacuhiensis* (n= 580), *Gymnotus carapo* (n= 498), and *Steindachnerina brevipinna* (n= 390). In general, fish capture was higher in the open area (O) than inside the macrophyte (M) stand (O= 3323, M= 1868).

Fish assemblage was composed by 26 species distributed in six orders and 12 families (Table 1). Characiformes was the most important order (14 species). Almost the same number of species was captured inside and outside the macrophyte stand during the study period (19 open area; 18 macrophyte).

Table 1. Fish species registered in the Fragosos river with its frequency of occurrence (FO%) and the total number of individuals captured (N) between September 2006 and August 2007, and in each habitat (open area = O; macrophyte area = M).

ORDER	FAMILY	SPECIES	FO%	N	O	M
ATHERINIFORMES						
	Atherinidae	<i>Odontesthes perugiae</i>	0.9	3	3	0
CHARACIFORMES						
	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	11.1	22	10	12
	Characidae	<i>Astyanax jacuhiensis</i>	50.0	580	300	280
		<i>Astyanax fasciatus</i>	45.8	1466	1309	157
		<i>Bryconamericus iheringii</i>	11.1	29	11	18
		<i>Bryconamericus stramineus</i>	5.6	72	72	0
		<i>Moenkhausia</i> sp.	40.3	885	489	396
		<i>Odontostilbe</i> aff. <i>pequira</i>	46.9	301	297	4
		<i>Serrasalmus maculatus</i>	26.4	79	21	58
	Crenuchidae	<i>Characidium zebra</i>	2.8	3	1	2
	Curimatidae	<i>Steindachmerina brevipinna</i>	27.8	390	297	93
	Erythrinidae	<i>Hoplias lacerdae</i>	8.3	6	0	6
		<i>Hoplias malabaricus</i>	15.3	24	0	24
	Parodontidae	<i>Apareiodon affinis</i>	18.1	43	43	0
CYPRINODONTIFORMES						
	Poeciliidae	<i>Phalloceros caudimaculatus</i>	1.4	1	1	0
GYMNOTIFORMES						
	Gymnotidae	<i>Gymnotus carapo</i>	41.7	498	0	498
	Sternopygidae	<i>Eigenmannia virescens</i>	20.8	106	0	106
PERCIFORMES						
	Cichlidae	<i>Crenicichla celidochilus</i>	1.4	1	1	0
		<i>Crenicichla minuano</i>	6.9	10	10	0
		<i>Crenicichla missioneira</i>	1.4	1	0	1
		<i>Crenicichla vittata</i>	8.3	19	13	6
		<i>Geophagus brasiliensis</i>	38.9	641	440	201
		<i>Gymnogeophagus gymmogenys</i>	4.2	4	4	0
		<i>Oreochromis niloticus</i>	1.4	1	1	0
SILURIFORMES						
	Auchenipteridae	<i>Parauchenipterus galeatus</i>	5.6	5	0	5
	Loricaridae	<i>Hypostomus commersoni</i>	1.4	1	0	1

Fish assemblage attributes analyzed (total abundance, species richness and diversity) varied significantly between the factors analyzed (interaction months x areas: abundance: $F= 2.79$, $P<0.05$; richness: $F= 3.304$, $P<0.05$; diversity: $F= 3.11$, $P<0.05$); as well as the abundance of the species *A. jacuhiensis* ($F= 2.07$; $P<0.05$), *A. fasciatus* ($F= 3.26$; $P<0.05$), *G. brasiliensis* ($F= 3.98$; $P<0.05$), and *G. carapo* ($F= 4.53$; $P<0.05$) (Table 2). The abundance of the species *S. brevipinna* and *Moenkhausia* sp. showed significant difference only for the factor month ($F= 3.92$, $F= 5.97$, respectively; $P<0.05$).

Except for the species *G. carapo* which was only captured inside the macrophyte stand and showed its highest abundances during the months of December, January, February, May, and July (Tukey's test; $P<0.05$), the other

attributes and species abundances varied greatly between months and areas, some months showing highest values at the open area and other months at the macrophyte area (Figure 2).

Table 2. Results of the analysis of variance (ANOVA) applied to assemblage attributes and the abundance of the six most abundant species.

Variables	Factors	DF (factor; error)	F	P
Fish abundance	Months	11;44	4.03	<0.001
	Areas	1;44	0.47	0.49
	Months x Areas	11;44	2.79	0.007
Species richness	Months	11;44	7.33	<0.001
	Areas	1;44	4.79	0.03
	Months x Areas	11;44	3.30	0.002
Shannon diversity	Months	11;44	6.66	<0.001
	Areas	1;44	8.81	0.004
	Months x Areas	11;44	3.11	0.004
<i>A. fasciatus</i>	Months	11;44	3.11	0.003
	Areas	1;44	7.13	0.01
	Months x Areas	11;44	3.26	0.002
<i>A. jacuhiensis</i>	Months	11;44	10.73	<0.001
	Areas	1;44	0.82	0.37
	Months x Areas	11;44	2.07	0.04
<i>G. brasiliensis</i>	Months	11;44	12.68	<0.001
	Areas	1;44	5.19	0.02
	Months x Areas	11;44	3.98	<0.001
<i>G. carapo</i>	Months	11;44	4.53	<0.001
	Areas	1;44	128.02	<0.001
	Months x Areas	11;44	4.54	<0.001
<i>Moenkhausia</i> sp.	Months	11;44	3.92	<0.001
	Areas	1;44	0.43	0.52
	Months x Areas	11;44	1.94	0.06
<i>S. brevipinna</i>	Months	11;44	5.97	<0.001
	Areas	1;44	0.79	0.38
	Months x Areas	11;44	1.40	0.21

Bold values represent significant effects.

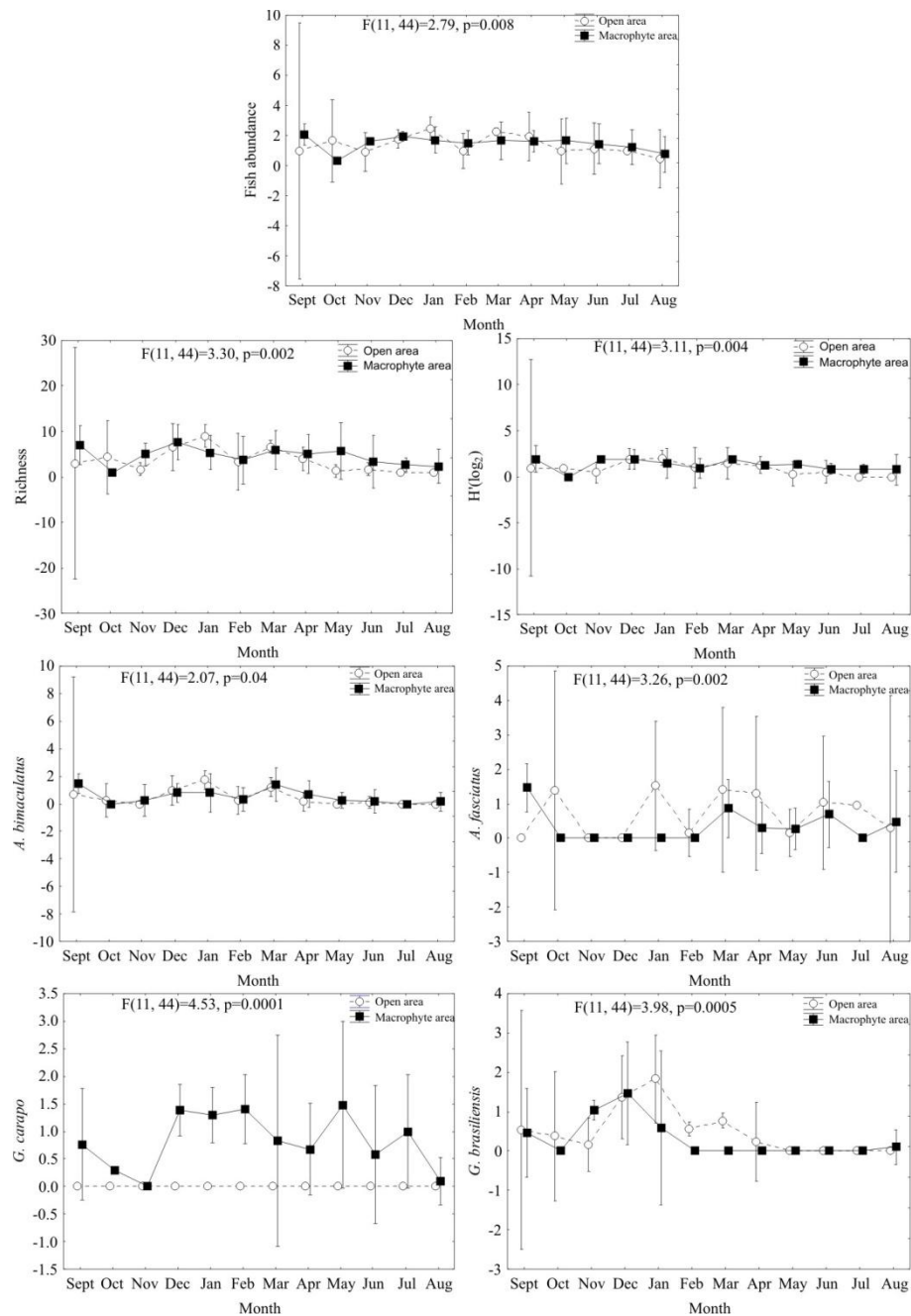


Figure 2. Fish abundance, species richness, diversity ($H'_{(log_2)}$) and the abundance of the six most abundant species in the open and macrophyte areas during September 2006 and August 2007. (vertical bars = standard error)

Only the first two axes generated by the correspondence analyses applied to fish data collected were retained for interpretation (Figure 3). The first axis of CA (21%) showed a clear spatial segregation, where samplings inside macrophyte stand were strongly influenced by a high capture of the Gymnotiformes species *E. virescens* ($r = 0.432$; $P < 0.05$) and *G. carapo* ($r = 0.694$; $P < 0.05$), while samplings at the open area were characterized by the highest abundance of *A. affinis* ($r = -0.418$; $P < 0.05$). Axis 2 (14.8%) showed a slight temporal segregation, where sampling done during spring and summer were characterized by the highest abundances of *G. brasiliensis* ($r = 0.586$; $P < 0.05$) and *S. maculatus* ($r = 0.453$; $P < 0.05$).

The results observed on CA were confirmed by the MRPP analysis, which suggested a higher temporal ($T = -10.26$; $A = 0.18$; $P < 0.05$) than spatial segregation ($T = -9.03$; $A = 0.04$; $P < 0.05$).

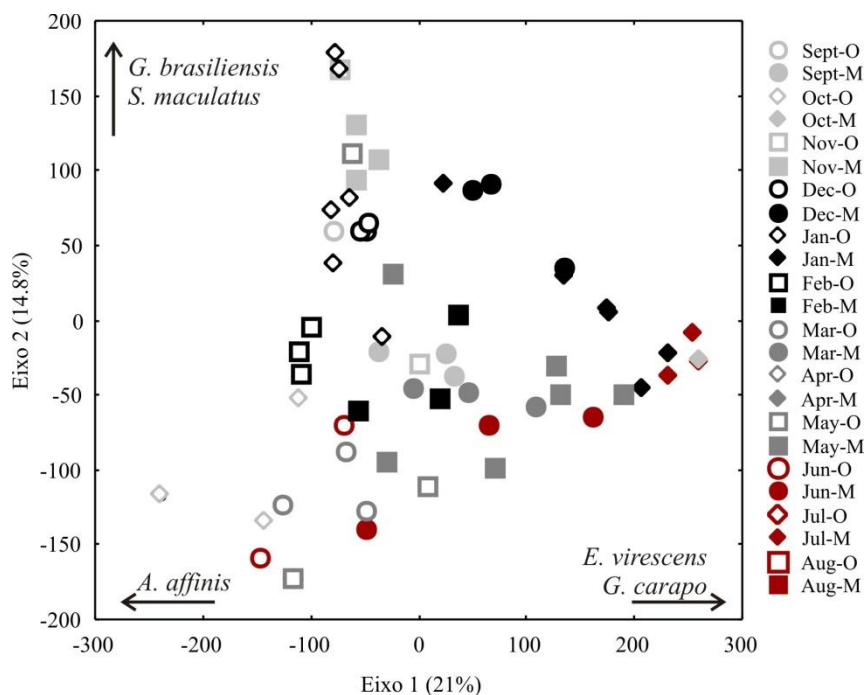


Figure 3. Correspondence analyses showing samplings distribution in relation to species composition. (Open marks = sampling at the open area; Full marks = samplings at the macrophyte area)

The first two axis of PCA explained together most of the variability of the environmental variables (70.9%) (Table 3). Axis 1 (eigenvalue = 2.00) explained 42.2% of data variation and separated pH from the macrophyte cover (Figure 4). In general, samplings at the maximum macrophyte stand size were the ones which presented the lowest pH values; while for the samplings at the open area and at macrophyte stands of medium and small sizes an opposite condition was registered. Axis 2 (eigenvalue = 1.54) explained 29.1% and showed some seasonal variation (Figure 4), where samplings done during autumn, winter presented the highest values of dissolved oxygen, while samplings done during spring and summer presented the highest values of water temperature.

Pearson's correlation showed a strong positive correlation between macrophyte cover and the abundance of *G. carapo* ($r= 0.65$; $P<0.05$). A strong positive correlation was also observed between water temperature and species richness ($r= 0.45$; $P<0.05$), total fish abundance ($r= 0.33$; $P<0.05$), fish diversity ($r= 0.42$; $P<0.05$), and the abundance of *A. jacuhiensis* ($r= 0.48$; $P<0.05$), *G. brasiliensis* ($r= 0.47$; $P<0.05$), and *S. brevipinna* ($r= 0.39$; $P<0.05$). A positive correlation was also observed between the abundance of the species *Moenkhausia* sp. and water level ($r= 0.27$; $P<0.05$), *S. brevipinna* and pH ($r= 0.28$; $P<0.05$), and *G. brasiliensis* and dissolved oxygen ($r= 0.27$; $P<0.05$) and pH ($r= 0.41$; $P<0.05$). A negative correlation was observed between macrophyte cover and the abundance of *A. fasciatus*. Pearson's correlation also showed a negative correlation to some physio-chemical variables between the abundance of *G. carapo* and dissolved oxygen ($r= -0.51$; $P<0.05$) and pH ($r= -0.29$; $P<0.05$).

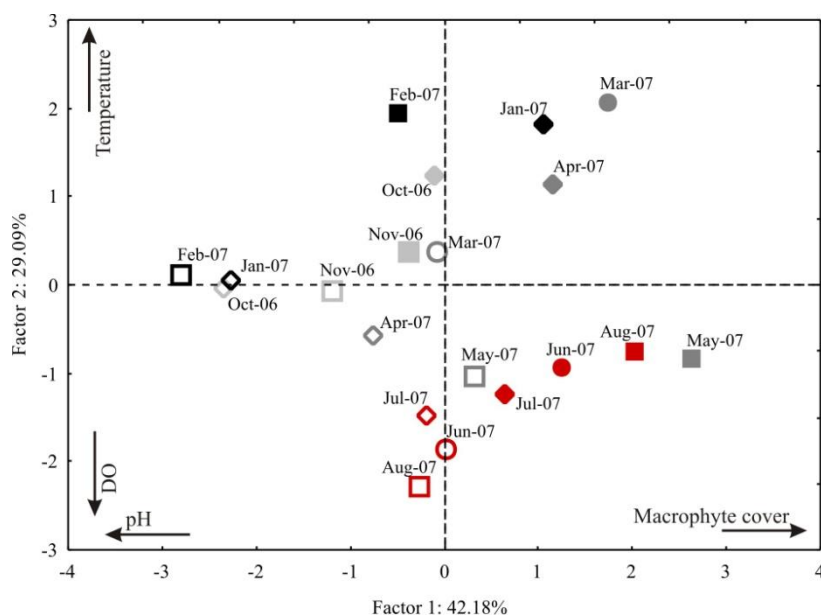


Figure 4. PCA applied to summarize the environmental and habitat variables registered during the study period. Arrows indicate variables correlated with each axis. (Open marks = samplings at the open area; Full marks = samplings at the macrophyte area)

Table 3. Results of PCA applied to summarize the environmental variables registered during the study period.

Variables	Axis 1	Axis 2
Macrophyte Cover	0.51	0.36
Water level	0.37	-0.17
Temperature	-0.34	0.66
DO	-0.39	-0.59
pH	-0.58	0.21
Eigenvalues	2.00	1.54
% of explanation	42.2	29.1

Bold values represent significant effects.

Discussion

Although aquatic macrophytes can promote a structurally different habitat to aquatic community, the presence of these plants per se apparently is not the only factor influencing fish assemblage distribution in the Fragosos river. From all the variables analyzed, only the species *Gymnotus carapo* seemed to be directly influenced by the presence of the *Eichhornia crassipes*. Other variables, such as sampling month and water temperature (which are related to seasonal fluctuations) seemed to be influencing fish assemblage distribution in the studied area.

Littoral fish assemblage at the Fragosos river was dominated by small and medium-sized species of Characiformes, Perciformes and Gymnotiformes which comprised more than 80% of total captured. The higher abundance of Characiformes species, especially in habitats where macrophytes are present, is well-documented in many other neotropical river basins (Delariva et al. 1994; Meschiatti et al. 2000; Casatti et al. 2003; Petry et al. 2003; Pelicice et al. 2005). The species *G. brasiliensis* (Perciformes) and *G. carapo* (Gymnotiformes) are also very common in macrophytes areas (Vono and Barbosa 2001; Petry et al. 2003), although in our study only *G. carapo* was significantly more abundant in such areas, while the abundance of *G. brasiliensis* seemed to vary greatly among areas and months.

The important role of macrophytes in structuring fish assemblages has been documented by several studies (Chick and McIvor 1997; Weaver et al. 1997; Grenouillet and Pont 2001; Vono and Barbosa 2001; Pelicice et al. 2005), but only a few compared samplings in macrophyte areas to open areas simultaneously (Agostinho et al. 2007). These authors found that fish diversity and abundance were higher inside macrophytes stand than at the open area, although the position inside the macrophyte stand was also influencing these attributes, which were higher at the border of the stand than in the middle (Agostinho et al. 2007).

In our study, we analyzed temporal and spatial variation of fish assemblage, and we observed only the Shannon diversity index and the abundance of the species *G. carapo* were higher in the macrophyte area than in the open area. The other attribute analyzed and the abundances of the other five most abundant fish species showed great variations during the period, which may suggest that other factors than macrophytes presence *per se* are affecting fish assemblage distribution.

This variation between months and areas was observed for the abundance of the species *A. fasciatus*, *A. bimaculatus*, *G. brasiliensis*, and for the total fish abundance and species richness. Different to the observed in other studies, these attributes analyzed and the abundance of these species (except *A. fasciatus*) presented highest values inside the macrophyte stand during a few months and other months at the open area, and surprisingly few influence was possible to detect of the macrophyte cover on these variations. Pearson's correlation showed negative effect of macrophyte cover on the abundance of *A. fasciatus*, and positive effect only on the abundance of *G. carapo*.

When analyzing macrophyte cover (or density), many studies have shown that the highest fish abundances and species diversity are observed at macrophyte stands of high density (Vono and Barbosa 2001; Pelicice et al. 2005), although it seems that the most common is that intermediate densities of macrophytes can maintain the highest fish densities and species richness (Dibble et al. 1996; Miranda and Pugh 1997; Miranda and Hodges 2000).

As macrophyte cover varied greatly during our study, the presence or absence of the macrophytes seemed to not be the only factor influencing the distribution of littoral fish assemblage. Although fish assemblage attributes showed significant differences between months and areas before macrophytes removal, the highest values of the attributes studied were observed mainly in the open areas or during periods of intermediate or low macrophytes cover. Only the Shannon diversity index showed high values inside the macrophyte stand, but it occurred also during months of low macrophyte cover.

The results obtained in our study suggest that the presence of macrophytes stand at low density is permitting a more intense use of the stand by different fish species which were not using this habitat in other situations (medium to high macrophyte densities).

Lewin et al. (2004) studying the distribution of juvenile fish in littoral areas of a lake in Germany observed that the distribution pattern of some species was shaped by refuge-seeking behavior towards physically complex structures in a diel cycle. During the day, fish biomasses were higher in woody structures in the littoral zone, while during the night fish distribution varied between species, mainly related to prey availability between open and structured littoral habitats (Lewin et al. 2004). The littoral zones of lakes and reservoirs have varying characteristics that may influence fish distribution such as depth, wave action, bottom substrate, presence or absence of aquatic macrophytes, density of macrophytes, and presence of other natural structures (trees, woody debris or stones) (Vono and Barbosa 2001; Lewin et al. 2004; Tolonen et al. 2005; Warfe and Barmuta 2006).

These characteristics may have different influence on different species, which may seek for food, refuge or even some environmental comfort depending on its size, feeding behavior or tolerance to physicochemical variation.

Fish assemblage observed in our study seems to be taking advantages of these varying characteristics of the littoral zone. Although we did not measure all the characteristics of the littoral habitats of the Fragosos river, the presence or absence of the aquatic macrophytes and the variation on abiotic variables mediated by them seemed to be promoting some of the variation on fish assemblage structure observed in our study, as shown by Pearson's correlation.

A strong positive correlation was observed between water temperature and species richness, total fish abundance, fish diversity, and the abundance of *A. bimaculatus*, *G. brasiliensis*, and *S. brevipinna*. Besides that, a positive correlation was also observed between the abundance of some species (*Moenkhausia* sp., *A. fasciatus*, and *G. brasiliensis*) and some environmental variables (water level, dissolved oxygen, and pH). A negative correlation to some environmental variables (DO and pH) was observed only for the abundance of *G. carapo*, what suggests that this species can tolerate adverse physicochemical conditions. This tolerance was also observed by Cognato and Fialho (2006), who found that females of this species presented an increase in gonadal development correlated to a decrease in dissolved oxygen levels.

A good review of water hyacinth studies related to impacts on water quality and on different ecological communities is provided by Villamagna and Murphy (2010). As suggested by these authors a logical conclusion based on fish community and water hyacinth studies is that fish apparently could benefit from highly fragmented macrophyte stands, which promote a higher edge-to-core ratio, decreasing the negative effect of dense non-fragmented stands (low dissolved oxygen concentrations) to most fish species. Besides that, along the edges of the floating macrophyte stands are observed the higher densities and diversities of macroinvertebrates and zooplankton, providing a suitable environment for juvenile and small-sized fish species (Villamagna and Murphy 2010).

By saying this, we can conclude that the fish assemblage of the Fragosos river is probably benefiting from low to medium macrophyte stand sizes where they can find suitable environments to all their ecological needs.

Acknowledgements

Authors would like to thank coworkers from LAPAD for their help in field sampling. We are also thankful to Dr. D. A. Reynalte-Tataje for his statistical support and helpful comments. This work was financed by Tractebel Energia as part of the project "Monitoramento e Manejo da Ictiofauna do Alto Rio Uruguai". S. Hermes-Silva acknowledges a doctoral scholarship and E. Zaniboni-Filho, a research productivity grant, both provided by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico of the Brazilian Federal Government (CNPq).

References

- Agostinho AA, Gomes LC, Julio Jr HF (2003) Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: Thomaz SM, Bini LM (eds) Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. EDUEM, Maringá, pp 261-279
- Agostinho AA, Thomaz SM, Gomes LC, Baltar S (2007) Influence of the macrophyte *Eichhornia azurea* on fish assemblage of the Upper Parana River floodplain (Brazil). *Aquatic Ecology* 41: 611-619

- Casatti L, Mendes HF, Ferreira KM (2003) Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana Reservoir, Paranapanema River, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63, pp 213-222
- Cognato DP, Fialho CB (2006) Reproductive biology of a population of *Gymnotus* aff. *carapo* from southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 4(3), 339-348
- Chick JH, McIvor CC (1997) Habitat selection by three littoral zone fishes: Effects of predation pressure, plant density and macrophyte type. *Ecology of Freshwater Fish* 6: 27-35
- Delariva RL, Agostinho AA, Nakatani K, Baungartner G (1994) Ichthyofauna associated to aquatic macrophytes in the Upper Paraná River floodplain. *Revista UNIMAR* 16:41-60
- Dibble ED, Killgore KJ, Harrel SL (1996) Assessment of fish-plant interactions. In: Miranda LE, Devries DR (eds) *Multidimensional approaches to reservoir fisheries management*. American Fisheries Society Symposium 16, Bethesda, pp 357-372
- Dibble ED, Thomaz SM (2006) A simple method to estimate spatial complexity in aquatic plants. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49: 421-428
- Dibble ED, Pelicice FM (2010) Influence of aquatic plant-specific habitat on an assemblage of small neotropical floodplain fishes. *Ecology of Freshwater Fish* 19: 381-389
- Grenouillet G, Pont D (2001) Juvenile fishes in macrophyte beds: influence of food resources, habitat structure and body size. *Journal of Fish Biology* 59: 939-959
- Lewin WC, Okun N, Mehner T (2004) Determinants of the distribution of juvenile fish in the littoral area of a shallow lake. *Freshwater Biology* 49: 410-424
- Meschiatti AJ, Arcifa MS, Fenerich-Verani N (2000) Fish communities associated with macrophytes in Brazilian floodplain lakes. *Environmental Biology of Fishes* 58:133-143
- Miranda LE, Pugh LL (1997) Relationship between vegetation coverage and abundance, size and diet of juvenile Large Mouth Bass during winter. *North American Journal of Fisheries Management* 17:601-610
- Miranda LE, Driscoll MP, Allen MS (2000) Transient physicochemical microhabitats facilitate fish survival in inhospitable aquatic plant stands. *Freshwater Biology* 44: 617-628
- Miranda LE, Hodges KB (2000) Role of aquatic vegetation coverage on hypoxia and sunfish abundance in bays of a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia* 427: 51-57
- Neiff JJ, Neiff AP de, Veron MBC (2009) The role of vegetated areas on fish assemblage of the Parana River floodplain: effects of different hydrological conditions. *Neotropical Ichthyology* 7: 39-48
- Pelicice FM, Agostinho AA (2006) Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. patches in a tropical reservoir, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 10-19
- Pelicice FM, Agostinho AA, Thomaz SM (2005) Fish assemblages associated with *Egeria* in a tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology* 27: 9-16
- Petr T (2000) Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters: a review. *FAO Fisheries Technical Paper* 396

Petry P, Bayley PB, Markle DF (2003) Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology* 63: 547-579

Tolonen KT, Holopainen IJ, Hamalainen H, Rahkola-Sorsa M, Ylostalo P, Mikkonen K, Karjalainen J. 2005. Littoral species diversity and biomass: concordance among organismal groups and the effects of environmental variables. *Biodiversity and Conservation* 14: 961-980

Villamagna AM, Murphy BR (2010) Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology* 55: 282-298

Vono V, Barbosa FAR (2001) Habitats and littoral zone fish community structure of two natural lakes in southeast Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 61: 371-379

Weaver MJ, Magnuson JJ, Clayton MK (1997) Distribution of littoral fishes in structurally complex macrophytes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 2277-2289

Artigo 3:

Revista - Neotropical Ichthyology

Fish assemblage structure in a vegetated impounded tributary (Itá reservoir, Brazil)

Samara Hermes-Silva^{1,2}, David A. Reynalte-Tataje², José Roberto Verani¹, Evoy Zaniboni-Filho²

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luiz Km 235, Caixa Postal 676, São Carlos - São Paulo - Brazil, CEP 13565-905. samara@lapad.ufsc.br (SHS); verani@power.ufscar.br (JRV).

²Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD), Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia SC 406, 3532, Florianópolis - Santa Catarina - Brazil, CEP 88066-000. reynalted@hotmail.com (DART), evoy@lapad.ufsc.br (EZF).

Abstract

In this study, we sampled fish communities inside and outside a floating macrophyte stand in an impounded tributary of the Itá Reservoir to test the hypothesis that the presence of aquatic macrophytes influences the spatiotemporal distribution of fish assemblages in this region. Fish sampling was conducted during the spring of 2007 and the summer of 2008 with two gillnets composed of equal-length panels of eight different mesh sizes, one inside the macrophyte stand and another approximately 200 meters outside the stand; fish were sampled every 12 hours, at sunset and sunrise, for three days. All fish collected were identified, measured, weighed, and counted. Environmental variables were measured at sunrise and sunset in each sampling area. Total fish abundance and species richness and diversity showed significant differences between the two areas and between seasons and sampling times within each area. Variations in the abundance of the four most abundant species were also observed. Correspondence analysis showed a clear influence of sampling time on fish assemblage structure as well as a slight spatial segregation, both confirmed by the Multiple Response Permutation Procedure analysis. Canonical correspondence analysis showed a strong association between fish assemblage structure and environmental variables, revealing a daily gradient. Our results suggest that the fish assemblage structure of the impounded tributary studied at the Itá Reservoir was influenced by the presence of aquatic macrophytes, although significant daily and seasonal fluctuations in the fish community were observed.

Resumo

Neste estudo, foi amostrada a comunidade de peixes dentro e fora de um banco de macrófitas aquáticas flutuantes presente num tributário represado pelo reservatório de Itá para testar a hipótese de que a presença das macrófitas aquáticas influenciam a distribuição espaço-temporal da assembleia de peixes da região. Os peixes foram coletados durante a primavera de 2007 e o verão de 2008, com duas

redes de emalhar confeccionadas com 8 tamanhos de malhas diferentes, uma dentro do banco de macrófitas e outra aproximadamente 200 metros distante do banco. Os peixes foram coletados a cada 12 horas no amanhecer e anoitecer de cada dia, durante três dias. Todos os peixes coletados foram identificados, contados e submetidos a uma biometria. Variáveis ambientais foram mensuradas em cada amostragem. A abundância total, riqueza de espécies e diversidade mostraram diferenças significativas entre os ambientes, e dentro de cada ambiente, entre as estações e horários de amostragem. Variações na abundância das quatro espécies mais abundantes também foram observadas. A Análise de Correspondência mostrou uma clara influencia do horário de amostragem na estruturação da assembleia de peixes, além de uma leve segregação espacial, as quais foram confirmadas pela análise MRPP. A Análise de Correspondência Canônica mostrou uma forte associação entre a estrutura da assembleia de peixes e as variáveis ambientais, revelando um gradiente diário. Os resultados sugerem que a estrutura da assembleia de peixes do tributário estudado no reservatório de Itá foi influenciada pela presença das macrófitas aquáticas, embora tenha sido observada uma forte variação diária e sazonal na comunidade de peixes local.

Key words: aquatic macrophytes, Upper Uruguay River, fish distribution

Introduction

Aquatic macrophytes can influence fish abundance, population structure, and community assemblage characteristics. Many studies have identified higher fish density, biomass, and species richness and/or diversity related to the presence and structure of aquatic plants (Agostinho *et al.*, 2002; Petry *et al.*, 2003; Pelicice *et al.* 2005). These patterns have been associated with an increase of habitat heterogeneity and complexity, food availability and shelter from predation (Rozas & Odum, 1988; Dibble *et al.*, 1996; Casati *et al.*, 2003; Pelicice & Agostinho, 2006). High densities of aquatic plants, however, can influence water quality so that parameters such as oxygen, pH and ammonia may reach lethal limits for some freshwater fish species (Miranda & Hodges, 2000; Petr, 2000). The influence that aquatic macrophyte stands play on water quality, and thus, on fish populations, may vary not only in relation to plant density and macrophyte species (Miranda *et al.*, 2000; Miranda & Hodges, 2000; Petr, 2000) but also depending on fish assemblage composition and on daily and seasonal fish movements (Agostinho *et al.*, 2007).

In the Upper Uruguay River basin (southern Brazil), large aquatic macrophyte stands were absent before hydroelectric dam construction. After the impoundment of the Itá Reservoir, a huge increase in floating macrophyte populations was observed, mainly of the genera *Eichhornia*, *Pistia* and *Salvinia* (Zaniboni-Filho *et al.*, 2008). In the context of these newly created habitats, we sampled fish communities inside and outside a floating macrophyte stand in an impounded tributary of the Itá Reservoir to test the hypothesis that the presence of aquatic macrophytes influences the spatiotemporal distribution of fish assemblages in this region.

Material and Methods

Site Description

This study was carried out in an impounded tributary of the Itá Reservoir (Santa Catarina State, Brazil; 27° 14' S; 52° 11' W). In this reservoir, macrophyte stands are usually found near tributaries, where nutrient-laden flows from the surrounding watershed enter the lentic waters of the lake. Aquatic macrophytes at the Itá Reservoir are controlled by the dam managers, who confine the floating macrophytes with cables so that the plants do not spread throughout lake and periodically remove plants mechanically to control macrophyte stand size. The impounded tributary selected for this study is the Fragosos River, located in the lower portion of the reservoir. Sampling occurred in a 4.9 ha. area, where the macrophyte stand occupied the entire 70-m width of the river and extended 350 m longitudinally, covering approximately 50% of the study area. During the course of the study, the macrophytes were constantly enclosed by the cables, and no mechanical removal by dam managers was conducted.

Field Sampling

The major macrophyte species present at the sampling site in both seasons were *Eichhornia crassipes* and *Salvinia* sp. Fish sampling was conducted during the spring of 2007 and summer of 2008. One gillnet (40 m long x 1.7 m high) was used to capture fish inside of the macrophyte stand (macrophyte area), and another was used approximately 200 meters outside the stand (open area). Fish were sampled every 12 hours at sunset and sunrise of each day for three days, representing day and night sampling time collections, respectively. Gillnets were composed of equal-length (5 m) panels of 8 different mesh sizes (1- to 8-cm stretch mesh), with panel locations randomized within each net. All fish collected were identified, measured, weighed, and counted. Voucher specimens were deposited in the Ichthyological Collection of the Universidade Estadual de Londrina (Brazil), in the Museu de Ciências e Tecnologia of the Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (Brazil), and in the Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD) of the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, Brazil).

Environmental variables (temperature, DO, pH and conductivity) were measured at sunrise and sunset in each sampling area. Water level data were obtained from the dam manager (Tractebel Energia S.A.).

Statistical Analysis

Fish assemblage structure was characterized using five metrics: species composition, fish abundance, species richness, evenness and the Shannon-Wiener diversity index. Each of these metrics was estimated for each sample (sampling season x sampling area x sampling time of day). For all analyses, fish abundance data were logarithmically transformed ($\text{Log}_{10} x+1$).

The influence of spatiotemporal variations (factors: season, area, time) on total fish abundance, species richness, fish diversity, evenness, and the abundance of the four most abundant species (dependent variables) were evaluated by nested ANOVA and, when necessary, the Tukey test. Variations in temporal and spatial scales were also calculated using a total comparison explained by the R^2 model.

A canonical correspondence analysis (CCA; ter Braak, 1986) was used to evaluate the relationship between fish assemblage structure and environmental variables data, which, with the exception of pH, were log transformed ($\log_{10} x+1$) prior to analysis. The selection of environmental variables was based on a forward selection procedure. A Monte Carlo simulation procedure was also performed (999 permutations) to test the statistical significance of the species-environment correlation. To determine the fraction of the variation of the fish assemblage structure explained by environmental variables, the partialling out method proposed by Boccard et al. (1992) was used. All of the ordinations were performed by the program PCord 5.0 with a cut-off point of 0.05 used as pattern. Finally, fish abundances previously log transformed ($\log_{10} x+1$) were correlated to the environmental variables selected by CCA through Spearman's correlation.

Results

A total of 725 individuals was caught, including 23 species of 5 orders (Table 1). Characiformes was the most representative order with 12 of the 23 species identified (52%), followed by Siluriformes (6 species, 26%), Perciformes (3 species, 13%), and Gymnotiformes and Atheriniformes (1 species each, 4.5%). Fish size ranged from 72 to 420 mm (total length). The four most abundant species comprised 85.5% of captures: *Steindachnerina brevipinna* (43.6%), *Parapimelodus valenciennis* (22.9%), *Astyanax fasciatus* (9.7%), and *Acestrorhynchus pantaneiro* (9.4%).

Nested ANOVA showed significant differences in fish distribution between areas ($F=7.32$; $p<0.05$); within each area, differences were also detected between seasons ($F=56.03$; $p<0.001$) and between sampling times ($F=13.84$; $p<0.001$). The highest values for total fish abundance were observed during spring at night in both areas (Tukey; $p<0.05$), and the lowest values were observed inside the macrophyte stand during the summer at both sampling times (Tukey; $p<0.05$) (Fig. 1a).

Table 1. Fish species documented during the study with range of total length (mm), frequency of occurrence (%) and total number of individuals captured during the study (N) in each sample in the Fragosos River during the spring of 2006 and the summer of 2007. (Spr= spring; Su= summer; O= open area; M= macrophyte area)

Taxa	Range of total length (mm)	FO %	N	Spr.O.night	Spr.O.day	Spr.M.night	Spr.M.day	Su.O.night	Su.O.day	Su.M.night	Su.M.day
ATHERINIFORMES											
<i>Odontesthes aff. perugiae</i>	146 - 240	25.0	25		16	1			8		
CHARACIFORMES											
<i>Astyanax jacuhiensis</i>	72 - 114	37.5	13	2		6	3	1		1	
<i>Astyanax fasciatus</i>	82 - 153	54.2	70	38	3	10		11	8		
<i>Astyanax aff. scabripinnis</i>	80 - 89	4.2	3			3					
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	117 - 300	83.3	68	19		6	7	14	17	2	3
<i>Hoplias malabaricus</i>	172 - 420	16.7	9			7		1		1	
<i>Leporinus obtusidens</i>	207	4.2	1			1					
<i>Oligosarcus jenynsii</i>	162 - 236	12.5	6	4		2					
<i>Pygocentrus nattereri</i>	242	4.2	1			1					
<i>Steindachnerina biornata</i>	87	4.2	1					1			
<i>Steindachnerina brevipinna</i>	89 - 152	95.8	316	33	23	127	66	22	28	6	11
<i>Serrasalmus maculatus</i>	86 - 245	16.7	4	1		1				2	
<i>Schizodon nasutus</i>	193 - 231	12.5	3					2	1		
GYMNOTIFORMES											
<i>Gymnotus carapo</i>	221	4.2	1			1					
PERCIFORMES											
<i>Crenicichla jurubi</i>	154 - 156	4.2	2								2
<i>Crenicichla vittata</i>	141 - 283	12.5	7						4		3
<i>Geophagus brasiliensis</i>	86 - 134	8.3	5						1	4	
SILURIFORMES											
<i>Auchenipterus sp.</i>	202 - 240	12.5	5	3		2					
<i>Hypostomus isbrueckeri</i>	203	4.2	1			1					
<i>Loricariichthys anus</i>	218 - 277	12.5	3			2		1			
<i>Parauchenipterus galeatus</i>	136 - 168	12.5	6	3						3	
<i>Pimelodus maculatus</i>	144 - 317	20.8	9	6		3					
<i>Parapimelodus valenciennis</i>	80 - 152	33.3	166	86		74		6			

Nested ANOVA also showed that abundances of the four most abundant species (Table 2) varied according to species. Abundance of the lambari (*A. fasciatus*) showed some spatial (area; $F=8.74$; $p<0.01$) and temporal (sampling time; $F=4.66$; $p<0.05$) variation. For this species, the highest abundance was observed in the open area during spring at night (Tukey; $p<0.05$), and the lowest abundance was observed inside the macrophyte area during the day in both seasons (Tukey; $p<0.05$) (Fig. 1b). The abundance of *A. pantaneiro* presented only spatial variation ($F=8.00$; $p<0.05$), as this species was mainly observed in the open area (Tukey; $p<0.05$) (Fig. 1c). While the species *P. valenciennis* showed some temporal variation between seasons ($F=3.96$; $p<0.05$) and sampling times ($F=4.30$; $p<0.05$), but no spatial variation in its distribution was observed ($F=0.11$; $p>0.05$). The highest abundance for this species was observed during spring at night (Tukey; $p<0.05$) (Fig. 1d). The distribution of *S. brevipinna* was influenced by sampling area ($F=5.68$; $p<0.05$) and season ($F=16.29$; $p<0.001$), while sampling time had no influence on the distribution of this species ($F=2.04$; $p>0.05$). Overall, this species was captured mainly inside the macrophyte area, with the highest abundance occurring during spring (Tukey; $p<0.05$) and the lowest during the summer (Tukey; $p<0.05$) (Fig. 1e).

According to the results of the nested ANOVA, two of the four most abundant species showed some spatial distribution, whereas the other two were influenced mainly by temporal factors. *A. fasciatus* and *A. pantaneiro* were greatly influenced by sampling area, at 47.4% and 51.5%, respectively. The distribution of *S. brevipinna* showed a strong influence of the season (60.4%), while *P. valenciennis* was influenced by both temporal factors: sampling time (37.9%) and season (34.8%) (Table 2).

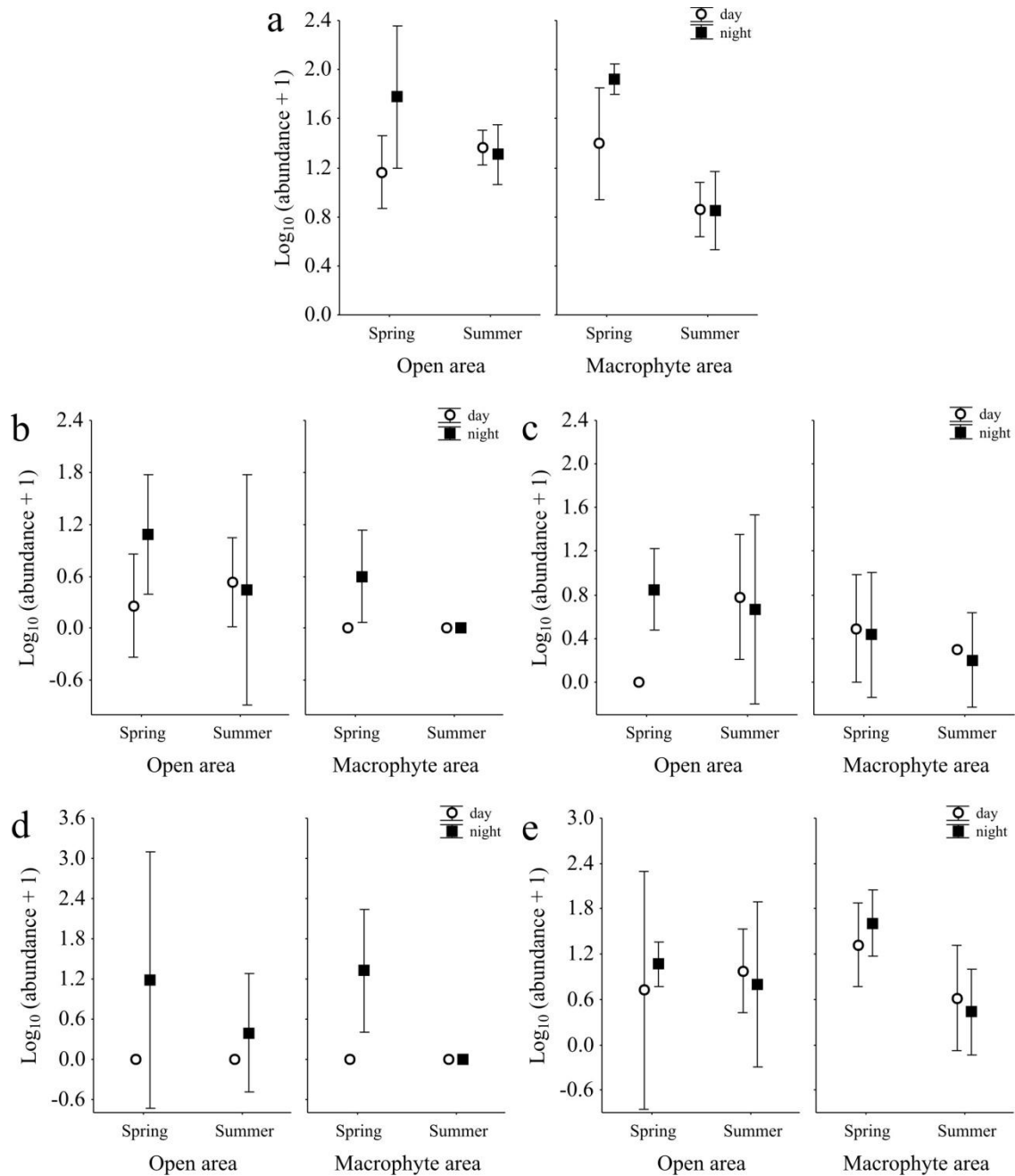


Fig. 1. Results of the nested ANOVA applied to total fish abundance (a) and on the abundance of the four most abundant species: *Astyanax fasciatus* (b), *Acestrorhynchus pantaneiro* (c), *Parapimelodus valenciennis* and (d) *Steindachnerina brevipinna* (e) captured in the Fragosos River during the spring of 2006 and the summer of 2007.

Table 2. The proportion of the components of variation from the nested ANOVA on total fish abundance, on the four most abundant species and on the assemblage metrics used to characterize fish assemblage of the Fragosos River during the spring of 2006 and summer of 2007.

	Components of variation (%)			
	Area	Season (area)	Time of the day (area*season)	Residual Error
Total abundance	9.10*	69.80**	17.30**	3.80
<i>Astyanax fasciatus</i>	47.40*	11.10	25.30*	16.20
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	51.50*	10.50	18.70	19.30
<i>Parapimelodus valenciennis</i>	0.90	34.80*	37.90*	26.40
<i>Steindachnerina brevipinna</i>	21.00*	60.40**	7.50	11.10
Species richness	0.09	27.90**	65.84**	6.18
Shannon-Wiener diversity	5.05	11.53	58.77**	24.68
Evenness	25.23	24.83	24.87	25.06

*P<0.05

**P<0.001

Nested ANOVA also showed differences between some of the fish assemblage metrics analyzed in the study area. Species richness and Shannon-Weiner diversity showed statistical differences related to sampling time ($F=31.96$, $F=7.16$, respectively; $p<0.05$); the highest values of both metrics were observed at night (Tukey; $p<0.05$) (Figs. 2a, b). Tests of evenness showed no differences between the parameters analyzed (Tukey; $p<0.05$) (Fig. 2c).

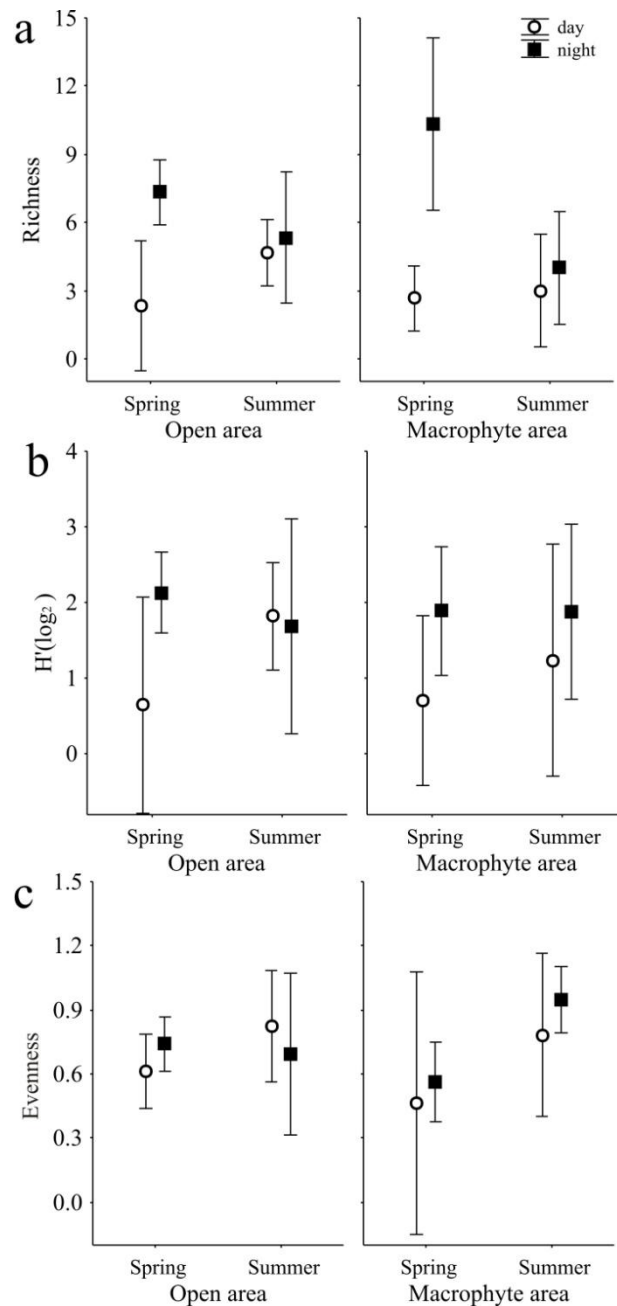


Fig. 2. Results of the nested ANOVA applied on the assemblage metrics: species richness (a), Shannon-Wiener diversity index (b), and Evenness (c).

CCA showed a strong association between fish assemblage structure and environmental variables ($p < 0.01$), explaining 29.0% of the total variance of species abundance. The environmental variables of water temperature, dissolved oxygen, pH, and conductivity were selected by CCA (*forward selection*) (Table 3). Observed associations between these environmental variables and fish abundances are shown in Figure 4. Only the first CCA axis showed significant differences ($p < 0.01$) (Table 3) and revealed a daily gradient in environmental variables ($F = 16.99$; $p < 0.001$) (Figs. 4, 5). The highest values for water temperature, pH and dissolved oxygen occurred with daytime sampling, and the highest values for conductivity are associated with night sampling. A similar pattern was observed for

fish distribution: the species *Crenicichla vittata* ($r=-0.64$; $p<0.05$) was observed mainly during the day, while other species such as *A. jacuhiensis* ($r=0.52$; $p<0.05$), *A. fasciatus* ($r=0.46$; $p<0.05$), *Auchenipterus* sp. ($r=0.47$; $p<0.05$), *H. malabaricus* ($r=0.48$; $p<0.05$), *O. jenynsii* ($r=0.43$; $p<0.05$), *P. galeatus* ($r=0.41$; $p<0.05$), *P. maculatus* ($r=-0.62$; $p<0.05$) and *P. valenciennis* ($r=-0.63$; $p<0.05$) were associated with night samplings.

Table 3. Results of the canonical correspondence analyses (CCA) performed for the most frequent taxa and the environmental variables observed at the Fragosos River during the spring of 2006 and the summer of 2007. A Monte Carlo test was significant to the first axes of the ordination for $p < 0.01$ ($n = 999$ permutations). Bold values were statistically significant.

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues	0.284	0.180	0.075
Cumulative percentage of variation explained by species-environment correlation	17.7	11.3	4.7
Species-environment Correlation (r)	0.915	0.874	0.684
Correlation between environmental variables and canonical axes			
Water Temperature	-0.881	-0.340	
Dissolved oxygen	-0.732	0.551	
pH	-0.637	0.122	
Conductivity	0.698	0.486	
Water level	0.254	0.121	

Note: Total inertia= 1.5998

Bold values are significantly different ($p < 0.05$).

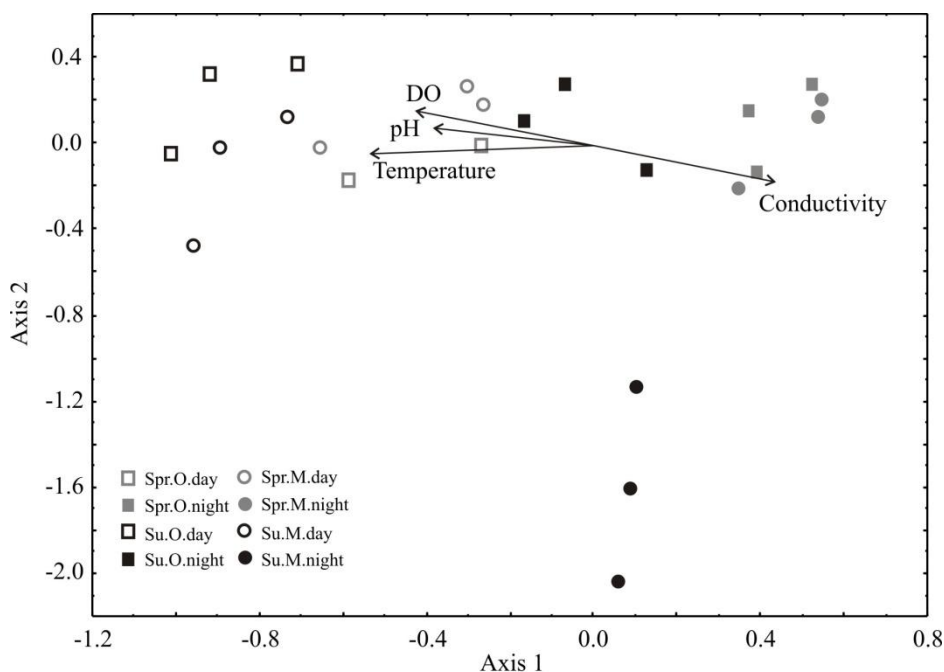


Fig. 4. Canonical correspondence analysis applied to fish species and the environmental data collected at the impounded tributary of the Itá Reservoir. (Spr= spring; Su= summer; O= open area; M= macrophyte area)

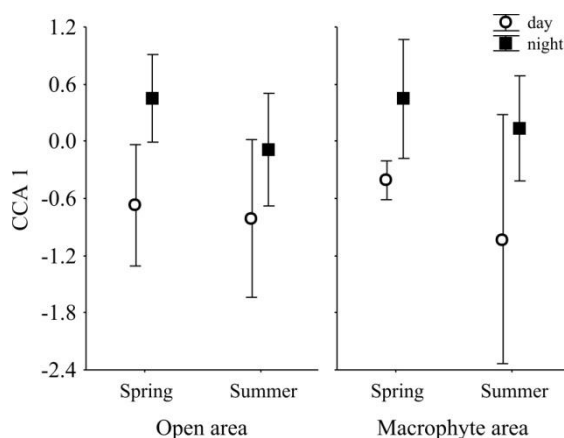


Fig. 5. Results of the nested ANOVA applied on the matrix of CCA1 scores.

Discussion

Apparently, the fish assemblage structure of the Itá Reservoir was influenced by the presence of aquatic macrophytes, although some strong daily and seasonal fluctuations in local fish communities were observed. Some species, such as *A. pantaneiro* and *A. fasciatus*, were captured mainly at the open area; some species, including *P. galeatus* and *S. maculatus*, were found mainly in the macrophyte stand; and still others, such as *P. valenciennis* and *S. brevipinna*, were using both habitats at different times of the day and in different seasons.

The total species richness found in this study (23) represents 27% of the species documented in the Upper Uruguay River after the impoundment of the Itá Reservoir (Zaniboni-Filho *et al.*, 2008). It is important to note that all of the species collected during the sampling period were native to the Uruguay Basin, although in the upper stretch of the Uruguay River, including the Itá Reservoir, 5 exotic species (*Oreochromis niloticus*, *Aristichthys nobilis*, *Clarias gariepinus*, *Ctenopharyngodon idellus* and *Cyprinus carpio*) have been documented (Zaniboni-Filho *et al.*, 2004, 2008). Their absence in the present study may be a result of the low abundance of these exotic species at the Itá Reservoir. In a five-year study in the region, Zaniboni-Filho *et al.* (2008) reported that these five exotic species represented only 0.2% of the total number of fish captured.

The predominance of Characiformes in habitats where macrophytes are present has been observed by other authors in different Neotropical river basins, especially in the Paraná basin (Delariva *et al.*, 1994; Meschiatti *et al.*, 2000; Casati *et al.*, 2003; Pelicice *et al.*, 2005).

The high seasonality observed in fish assemblage structures has been documented by many researchers, especially in neotropical regions (Lowe-McConnel, 1999; Agostinho *et al.*, 2007). During this study, the seasonality of total fish abundance was strongly influenced by the abundance of the species *S. brevipinna*, which contributed to more than 40% of the total capture. The higher abundance of *S. brevipinna* during the spring may be related to its reproductive period. As reported by Holzbach *et al.* (2005), *Steindachnerina insculpta*, another species of the same family, experiences a reproductive peak from September to January that is related to higher water temperatures and water

level, coinciding with the reproductive peaks of most fish species of the Upper Paraná River (Vazzoler 1997). At the Itá reservoir, it is common to observe several shoals of this species at the beginning of the reproductive period in September, when they become very susceptible to capture.

Of the four most abundant species detected in the present study, *A. fasciatus* and *A. pantaneiro* demonstrated spatial segregation and were captured primarily in the open area, while *P. valenciennis* and *S. brevipinna* were observed both inside and outside of the macrophyte stand, and the variation in their abundances was mainly related to sampling time of the day and sampling season, respectively. These findings illustrate that the fish assemblage of this impounded tributary of the Itá Reservoir uses the macrophyte stand in different situations, benefiting from the presence of the aquatic plants for feeding, reproduction or taking refuge from predators.

This horizontal migration from structured habitats to the open water is a common behavior of many aquatic organisms during a daily cycle. For fish populations, some authors have shown that one factor influencing daily migrations is predation risk (Jacobsen et al., 1997; Jacobsen & Perrow, 1998). Daily migrations are often observed between structural habitats in the littoral zone, such as macrophyte stands, during the day and the open water of the pelagic zone at night (Jacobsen et al., 1997). In our study, we could not confirm a daily migration between the macrophyte area and the open area, but the fish assemblage metrics analyzed (abundance, species richness, and diversity) revealed their highest values from night samples from both areas.

Feeding activity is another factor that may influence daily fish migrations. Many authors suggest that feeding activity is higher at night when some food resources, such as zooplankton, are more available. As reported by Semyalo et al. (2009), zooplankton exhibit a vertical movement within the water column known as daily vertical migration, moving to deeper water during the day and toward the surface at night. The considerable movement of fish at night increases their chances of being captured, as they move from sheltered refuges or from deeper waters searching for food, contributing to the higher observations of fish abundance, species richness and diversity observed in our study during this sampling time.

The higher abundance of *P. valenciennis* at night might also be related to feeding activity. As suggested by Reynalte-Tataje & Zaniboni-Filho (2008), this species is a zooplanktivore from the first larval stages when it starts exogenous feeding until the adult phase, and at the Itá Reservoir it shows a preference for cladocerans. This preference for cladocerans may be the reason for the similar distribution of this species in both sampling areas, inside and outside the macrophyte stand. Villamagna & Murphy (2010), in their review of the impacts of the water hyacinth (*E. crassipes*) on aquatic organisms, reported that the response of zooplankton to the presence of the water hyacinth varies with taxa and geographic location. Meerhoff et al. (2003) observed, for example, that cladoceran abundance did not differ among sites with submerged, free-floating macrophytes or vegetation-free sites. In our study we did not sample microcrustaceans or any aquatic organism other than fish, so we can only suggest that this similarity in distribution of some species, such as *P.*

valenciennis, in the areas studied may be related to a similar food availability (zooplankton, for example) in both areas.

Several studies have demonstrated that fish assemblage attributes may vary according to macrophyte density. Although some studies have reported higher fish density and diversity in high density macrophyte stands (Vono & Barbosa, 2001; Pelicice *et al.*, 2005), it is generally accepted that intermediate densities of macrophytes maintain the highest values for fish density and species richness (Killgore *et al.*, 1989, reviewed by Dibble *et al.*, 1996; Miranda & Pugh, 1997; Miranda & Hodges, 2000). During the study period, the macrophyte stand observed at this impounded tributary of the Itá Reservoir was considered to be in a stage of low density (visual observation), covering 2.5 ha of the study area; this may have contributed to the similarities in fish communities between the open area and the area inside of the macrophyte stand.

Our results suggest that the fish assemblage at this impounded tributary of the Itá Reservoir is influenced by the presence of the aquatic macrophyte stand, showing some daily and seasonal fluctuations in species richness, diversity and total fish abundance. The results indicate that the same fish assemblage used these two habitats in different seasons and at different times of day.

Acknowledgements

Authors would like to thank coworkers from LAPAD for their help in field sampling. This work was financed by Tractebel Energia as part of the project “Monitoramento e Manejo da Ictiofauna do Alto Rio Uruguai”. First author acknowledges doctoral scholarship provided by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico of the Brazilian Federal Government (CNPq).

Literature Cited

- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz, S. L. A. M. A. Baltar & L. C. Gomes. 2002. Influence of aquatic macrophytes on fish assemblages structure of the Upper Paraná River Floodplain (Brazil). Pp. 69-72. In: Dutartre, A. & M. H. Montel (Eds.) Aquatic Weeds. Proceedings of the 11th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds, Moliets et Maâ, France.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, & F. M. Pelicice. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Eduem, Maringá, 501p.
- Boccard, D., P. Legendre & P. Drapeau. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73: 1045-1055.
- Casatti, L., H. F. Mendes & K. M. Ferreira. 2003. Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana Reservoir, Paranapanema River, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63 (2):213-222.
- Delariva, R. L., A. A. Agostinho, K. Nakatani & G. Baungartner. 1994. Ichthyofauna associated to aquatic macrophytes in the Upper Paraná River floodplain. *Revista UNIMAR* 16:41-60.

- Dibble, E. D., K. J. Killgore and S. L. Harrel. 1996. Assessment of fish-plant interactions. Pp. 357-372. In: Miranda, L. E. & D. R. Devries (Eds.). Multidimensional approaches to reservoir fisheries management. Bethesda, American Fisheries Society Symposium 16, 463p.
- Hahn, N. S., R. Fugi & I. F. Andrian. 2004. Trophic ecology of the fish assemblage. Pp. 247 – 269. In: Thomaz, S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (Eds.). The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Leiden, Netherlands, Backhuys Publishers, 393p.
- Holzbach, A. J., G. Baungartner, F. Bergmann, L. B. de Rezende Neto, D. Baungartner, P. V. Sanches & E. A. Gubiani. 2005. Caracterização populacional de *Steindachnerina insculpta* (Fernandez-Yepez, 1948) (Characiformes, Curimatidae) no rio Piquiri. *Acta Scientiarum* 27 (4): 347-353.
- Jacobsen, L., M. R. Perrow, F. Landkildehus, M. Hjerne, T. L. Lauridsen & S. Berg. 1997. Interactions between piscivores, zooplanktivores and zooplankton in submerged macrophytes: Preliminary observations from enclosure and pond experiments. *Hydrobiologia* 342/343: 197-205.
- Jacobsen, L. & M. R. Perrow. 1998. Predation risk from piscivorous fish influencing the diel use of macrophytes by planktivorous fish in experimental ponds. *Ecology of Freshwater Fish* 7(2): 78-86.
- Killgore, K. J., R. P. Morgan II & N. B. Rybicki. 1989. Distribution and abundance of fishes associated with submersed aquatic plants in the Potomac river. *North American Journal of Fisheries Management* 9:101-111.
- Lowe-McConnell, R. H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 534p.
- McCune, B. & J. B. Grace. 2002. Analysis of Ecological Communities. Glendon Beach, MjM Software Design, 300p.
- Meerhoff, M., N. Mazzeo, B. Moss & L. Rodríguez-Gallego. 2003. The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake. *Aquatic Ecology* 37: 377-391.
- Meschiatti, A. J., M. S. Arcifa & N. Fenerich-Verani. 2000. Fish communities associated with macrophytes in Brazilian floodplain lakes. *Environmental Biology of Fishes* 58:133-143.
- Miranda, L. E. & L. L. Pugh. 1997. Relationship between vegetation coverage and abundance, size and diet of juvenile Large Mouth Bass during winter. *North American Journal of Fisheries Management* 17:601-610.
- Miranda, L. E. & K. B. Hodges. 2000. Role of aquatic vegetation coverage on hypoxia and sunfish abundance in bays of a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia* 427:51- 57.
- Miranda, L. E., M. P. Driscoll & M. S. Allen. 2000. Transient physicochemical microhabitats facilitate fish survival in inhospitable aquatic plant stands. *Freshwater Biology* 44:617–628.
- Pelicice, F. M., A. A. Agostinho & S. M. Thomaz. 2005. Fish assemblage associated with *Egeria* in tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period. *Acta Oecologica* 27:9-16.

- Pelicice, F. M. & A. A. Agostinho. 2006. Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. patches in a tropical reservoir, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish* 15:10-19.
- Petr, T. 2000. Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters: a review. FAO Fisheries Technical Paper 396, 185p.
- Petry, P., P. B. Bayley & D. F. Markle. 2003. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology* 63:547-579.
- Reynalte-Tataje, D. A., E. Zaniboni-Filho. 2008. Biologia e identificação de ovos e larvas de peixes do alto rio Uruguai. Pp. 157-176. In: Zaniboni-Filho, E. & A. P. de O. Nuñez (Eds.). Reservatório de Itá – estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de cultivo e conservação da ictiofauna. Florianópolis, Editora da UFSC, 319p.
- Rozas, L. P. & W. E. Odum. 1988. Occupation of submerged aquatic vegetation by fishes: testing the roles of food and refuge. *Oecologia* 77:101-106.
- Semyalo, R., J. K. Nattabi & P. Larsson. 2009. Diel vertical migration of zooplankton in a eutrophic bay of Lake Victoria. *Hydrobiologia* 635: 383-394.
- Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Vazzoler, A. E. A. M., H. I. Suzuki, E. E. Marques & M. L. A. P. Lizama. 1997. Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. Pp. 249-265. In: VAZZOLER, A. E. A. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos. Maringá: Eduem, 460p.
- Villamagna, A. M. & B. R. Murphy. 2010. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology* 55: 282-298.
- Vono, V. & F. A. R. Barbosa. 2001. Habitats and littoral zone fish community structure of two natural lakes in southeast Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 61:371-379.
- Zaniboni-Filho, E., S. Meurer, O. A. Shibatta & A. P. de O. Nuñez. 2004. Catálogo ilustrado de peixes do alto rio Uruguai. Florianópolis, Editora da UFSC/Tractebel Energia, 128p.
- Zaniboni-Filho, E., A. P. de O. Nuñez, D. A. Reynalte-Tataje, S. Hermes-Silva & S. Meurer. 2008. Alterações espaciais e temporais da estrutura da comunidade de peixes em decorrência da implantação do reservatório de Itá (Alto rio Uruguai). Pp. 3-18. In: Zaniboni-Filho, E. & A. P. de O. Nuñez (Eds.). Reservatório de Itá – estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de cultivo e conservação da ictiofauna. Florianópolis, Editora da UFSC, 319p.

5. CONCLUSÕES GERAIS

As macrófitas aquáticas têm sido consideradas importantes habitats para diferentes grupos animais, como para os peixes, que principalmente durante sua fase jovem encontram abrigo e alimento abundante nas raízes, ramos e folhas destas plantas aquáticas.

No reservatório de Itá, foi possível observar uma grande diversidade de peixes, em diferentes fases de desenvolvimento, utilizando esses ambientes, seja como área de reprodução, alimentação, ou simplesmente como abrigo contra predadores.

No estudo realizado com as três principais espécies de macrófitas aquáticas flutuantes presentes no reservatório de Itá (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia* sp.) foi também possível observar uma aparente relação espécie-específica entre as espécies de peixes e de macrófitas aquáticas. Os resultados encontrados mostraram uma segregação das assembleias de peixes observada entre um banco dominado por *Eichhornia crassipes* e outro por *Salvinia* sp., sugerindo uma forte influência da composição dos bancos na estruturação das assembleias de peixes. Além disso, foi observada uma forte preferência das tuviras *Gymnotus carapo* e *Eigenmannia virescens* e da traíra *Hoplias malabaricus* pela espécie *E. crassipes*, ajudando a reforçar a existência de uma relação espécie-específica entre espécies de peixes e de macrófitas aquáticas. No entanto, quando comparado às assembleias presentes em bancos dominados pela espécie *E. crassipes* ou pela *Pistia stratiotes*, aparentemente não se observaram diferenças entre si, sugerindo uma maior semelhança, em termos de complexidade de habitat, entre estas espécies de macrófitas.

Embora as macrófitas aquáticas possam promover habitats estruturalmente diferentes para a comunidade aquática, foi observado que a simples presença destas plantas aparentemente não foi o único fator que influenciou a distribuição da assembleia de peixes em um tributário represado pelo reservatório de Itá, o rio Fragosos. Outras variáveis ambientais, como o mês de amostragem e a temperatura da água (variáveis relacionadas a flutuações sazonais) parecem estar influenciando a distribuição da assembleia de peixes no reservatório de Itá.

O que parece existir no reservatório de Itá é uma assembleia de peixes se beneficiando da presença das macrófitas quando os bancos estão com tamanhos pequenos ou intermediários, situação em que algumas espécies de peixes podem encontrar condições ambientais favoráveis a todas as suas necessidades ecológicas. Além disso, encontramos assembleias de peixes utilizando os dois ambientes, com e sem a presença das macrófitas aquáticas, ocupando cada um destes ambientes em diferentes estações do ano e horários do dia, de acordo com suas necessidades e estratégias de vida.

6. ANEXOS

1. Revista – Brazilian Archives of Biology and Technology

Preparação de manuscritos

A submissão do manuscrito implica que não tenha sido publicado ou submetido para publicação em outra revista. O manuscrito devera ser apresentado de forma precisa, o que ajudará os revisores na avaliação. Todos os manuscritos estão sujeitos à avaliação dos revisores.

MANUSCRITO

Devendo ser enviadas três cópias do manuscrito digitado com espaço simples (máximo de 12 páginas), em papel tamanho A-4 (210x297mm), com margens (2,5 mm esquerda, direita 2,0 mm, superiores e inferior 3,0 mm), sendo preparados com a seguinte disposição de cabeçalhos: **ABSTRACT (SUMÁRIO), INTRODUÇÃO, MATERIAIS E MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO, AGRADECIMENTO, RESUMO, REFERÊNCIAS**. Estes cabeçalhos devem ser digitados com letras maiúsculas e em negrito (fonte 12). Para artigos de revisão, os autores devem fazer seus próprios cabeçalhos juntamente com o Resumo e Introdução.

TÍTULO

O título (fonte 18, negrito e iniciais em maiúscula), do manuscrito deve refletir claramente seu conteúdo. Devendo ser seguido pelo nome completo do autor com as iniciais em maiúsculas (fonte 12, negrito) e o endereço (fonte 10, itálico) da instituição onde a pesquisa foi executada.

ABSTRACT

O manuscrito deve apresentar um abstract (itálico) de 100-150 palavras, descrevendo brevemente o propósito e os resultados da pesquisa.

PALAVRAS -CHAVE

Os autores devem fornecer três a seis palavras-chave que serão usadas na indexação do trabalho.

INTRODUÇÃO

Deve descrever a base, o objetivo da pesquisa e demais informações relevantes sobre o manuscrito.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os autores devem tomar cuidado quanto ao fornecimento de detalhes suficientes para que outros possam repetir o trabalho. Procedimentos padronizados não precisam ser descritos em detalhes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões podem ser apresentados separadamente ou de forma conjunta (autores podem optar pela forma mais fácil). Trabalhos preliminares ou resultados menos relevantes não devem ser descritos. A reprodução dos resultados, incluindo o número de vezes que o experimento foi conduzido e o número de amostras replicadas devem ser expressados claramente.

RESUMO

Todo artigo deve possuir um resumo do em Português e posicionado antes da lista de Referências. Autores de outros países da América Latina podem procurar por ajuda na Editoração da revista, para preparar o resumo em Português de seus artigos.

REFERÊNCIAS

Referências no texto devem ser citadas no local apropriado pelo(s) nome(s) do(s) autor(es) e ano (p. ex.: Raimbault & Roussos, 1996; Raimbault et al., 1997). Uma lista de referências, em ordem alfabética (fonte 10), deve aparecer no final do manuscrito. Todas as referências na lista devem ser indicadas em algum ponto no texto e vice versa. Resultados não publicados não devem ser incluídos na lista. Exemplos de referências são fornecidas abaixo:

Jornais:

Pandey, A. (1992), Recent developments in solid state fermentation. *Process Biochem.*, **27**, 109-117

Teses:

Chang, C. W. (1975), Effect of fluoride pollution on plants and cattle. PhD Thesis, Banaras Hindu University, Varanasi, India

Livros:

Tengerdy, R. P. (1998), Solid substrate fermentation for enzyme production. In-*Advances in Biotechnology*, ed. A. Pandey. Educational Publishers & Distributors, New Delhi, pp. 13-16

Pandey, A. (1998), *Threads of Life*. National Institute of Science Communication, New Delhi

Conferências:

Davison, A. W. (1982), Uptake, transport and accumulation of soil and airborne fluorides by vegetation. Paper presented at 6th International Fluoride Symposium, 1-3 May, Logan, Utah

TABELAS E FIGURAS

Tabelas e figuras devem ser numeradas consecutivamente com números arábicos e inseridas em local apropriado no corpo do texto, devendo ser utilizados somente para apresentar dados que não possam ser descritos no texto.

UNIDADES E ABREVIATURAS

O sistema SI deve ser usado para todos dados experimentais. No caso de outras unidades serem usadas, estas devem ser adicionadas em parênteses. Somente as abreviaturas padrões para as unidades devem ser usadas. Pontos não devem ser incluídos nas abreviaturas (por exemplo: m, e não m. ou rpm, e não r.p.m.), também devem ser usados '%' e '/' no lugar de 'porcento' e 'per'.

LAY-OUT DO MANUSCRITO

Sugere-se que os autores sempre consultem a última edição do periódico para ver o layout. Com exceção do título, abstract e palavras-chave, todo o texto deve ser disposto em duas colunas em todas as páginas. No rodapé da primeira página (fonte 8) deve estar sendo indicado o autor para correspondência. Todo o manuscrito deve ser preparado na fonte "Times New Roman", tamanho 11 (exceto na lista de referências, que deve ser em tamanho 10).

ESPAÇAMENTO

Deve ser deixado um espaço entre o título do artigo e o nome dos autores, e entre o cabeçalho e o texto. Entre as colunas deixar espaçamento de 0,6 cm. Não deixar espaços entre os parágrafos do texto.

ENVIO DE MANUSCRITO

O manuscrito deve ser enviado por correio, acompanhado de arquivo eletrônico (cd, disquete, dvd). Utilizar editor de texto MS Word ou compatível.

REVISORES

Ao submeter o manuscrito, o autor deve indicar no mínimo três revisores, fornecendo: nome completo, endereço e quando possível e-mail. Os autores podem solicitar que revisores sejam excluídos da avaliação de seus manuscritos, caso estes revisores possam ser tendencialmente desfavoráveis. Contudo, a escolha final dos referees permanecerá com o Editor.

TARIFAS POR PÁGINAS E SEPARATAS

Não existe custo para publicação de artigos. As separatas deverão ser solicitadas por e-mail (babt@tecpa.br).

O manuscritos e toda correspondência deve ser enviada ao Editor, Prof. Dr. Carlos R. Soccol, no [endereço abaixo](#).

2. **Revista** - Environmental Biology of Fishes

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

TITLE PAGE

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.

Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use the Microsoft equation editor or MathType instead.

- Save your file in doc format. Do not submit docx files.
- Word template

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- LaTeX macro package

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

REFERENCES

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1993).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

- Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

- Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

- Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- Dissertation

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

- www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

- EndNote style

TABLES

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

- Springer Open Choice

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, they agree to the Springer Open Choice Licence.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

3. Revista - Neotropical Ichthyology

Forma e preparação de manuscritos

Manuscritos

- Os manuscritos deverão ser submetidos em arquivos Word para Windows ou em arquivos rtf.
- Fotos e figuras devem ser submetidas separadamente em arquivos tif ou jpg.

Formato

- O texto deve ser submetido em Inglês.
- O manuscrito deve conter, nesta ordem: Título, nome dos autores (*), endereço (não utilizar rodapé), palavras-chave (até cinco - não devem repetir palavras do título), Abstract, Resumo, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos, Referências Bibliográficas, Tabelas, Legendas das Figuras.
- Manuscritos não devem exceder 60 páginas, incluindo Figuras e Tabelas. Exceções serão analisadas pelo Corpo Editorial.
- Notas Científicas devem conter, nesta ordem: Título, nome dos autores (*), endereço (não utilizar rodapé), palavras-chave (até cinco - não devem repetir palavras do título), Abstract, Texto sem subtítulos, incluindo Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão. Seguem Referências Bibliográficas, Tabelas, Legendas das Figuras. Notas Científicas somente serão aceitas caso contenham informações inéditas que justifiquem sua publicação imediata.

Texto

- O texto não deve conter cabeçalho e rodapé (exceto número de página), ou qualquer formatação de parágrafo. Nunca use hífen para a separação de sílabas ao longo do texto. Nunca use a tecla "Tab" ou "espaço" para formatar referências bibliográficas. O texto deve estar alinhadas à esquerda, não justificado.
- Nomes de espécies, gêneros, e termos em latim (*et al.*, *cf.*, *aff.*, *in vitro*, *in vivo*, etc.) devem ser apresentados em itálico. Não sublinhe nada no texto.
- Somente os títulos das seguintes seções do manuscrito devem ser marcadas em Negrito: **Abstract, Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments, Literature cited.**
- As abreviaturas utilizadas no texto devem ser referidas em Material e Métodos, exceto abreviaturas de termos de uso comum como min, km, mm, kg, m, Seg, h, ml, L, g.
- Todas as medidas apresentadas devem empregar o sistema métrico.
- Todos os artigos devem obrigatoriamente conter a indicação (número de catálogo e instituição depositária) de espécimes-testemunho ("voucher specimens") dos organismos estudados.
- Agradecimentos devem ser concisos, com nome e sobrenome.
- Figuras e Tabelas devem ser numeradas sequencialmente na ordem em que aparecem no texto, e citadas nos seguintes formatos: Fig. 1, Figs. 1-2, Fig. 1a, Figs. 1a-b, Tabela 1, Tabelas 1-2.
- Nas legendas, as palavras **Tabela e Fig.** devem ser marcadas em negrito.
- Legendas de Figuras devem ser apresentadas no final do manuscrito.
- Tabelas devem ser construídas com linhas e colunas, não utilizando as

teclas "Tab" ou "espaço". Tabelas não devem conter linhas verticais ou notas de rodapé. Arquivos digitais de Tabelas devem ser obrigatoriamente apresentados formatados em células. Arquivos digitais de Tabelas com colunas separadas por marcas de tabulação ou espaços vazios não serão aceitos.

- As Tabelas e suas respectivas legendas devem ser apresentadas ao final do manuscrito, no seguinte formato: **Table 1.** Variação mensal do IGS médio em *Diapoma speculiferum* Cope....
- Indicar ao longo do texto os locais sugeridos para inserção de Tabelas e Figuras.

Nomenclatura

- Nomes científicos devem ser citados de acordo com o ICZN (2000).
- Fornecer autoria no título e na primeira citação de cada nome científico de espécie ou gênero no texto em trabalhos taxonômicos. Não é necessário informar autoria no abstract.

Figuras

- Figuras devem conter alta qualidade e definição para serem aceitas.
- Fotos digitais serão aceitas somente se apresentarem alta definição.
- Textos contidos em gráficos ou figuras devem ter tamanho de fonte compatível com a redução para impressão na largura da página (175 mm) ou coluna (85 mm). Gráficos serão impressos preferencialmente em uma coluna (85 mm).
- Fotos coloridas somente serão aceitas se plenamente justificada a necessidade de impressão a cores. O custo adicional para a impressão será cobrado dos autores.
- Figuras compostas devem ser identificadas com as letras **a, b, ...**, em minúsculas, no canto esquerdo inferior de cada ilustração. As figuras compostas devem ser preparadas fazendo-se uso apropriado do espaço disponível (largura da página - 175 mm; coluna - 85 mm).
- Ilustrações devem conter escalas de tamanho ou indicação de tamanho na legenda.

Referências Bibliográficas

- Citar no texto nos seguintes formatos: Eigenmann (1915, 1921) ou (Eigenmann, 1915, 1921; Fowler, 1945, 1948) ou Eigenmann & Norris (1918) ou Eigenmann *et al.* (1910a, 1910b).
- Resumos de Eventos Científicos ou relatórios não devem ser citados e listados nas Referências Bibliográficas.
- Referências devem ser listadas em ordem alfabética, nos seguintes formatos:

Livros:

Campos-da-Paz, R. & J. S. Albert. 1998. The gymnotiform "eels" of Tropical America: a history of classification and phylogeny of the South American electric knifefishes (Teleostei: Ostariophysi: Siluriphysi). Pp. 419-446. In: Malabarba, L. R., R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena & C. A. S. Lucena (Eds.). Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. Porto Alegre, Edipucrs, 603p.

Dissertações/Teses:

Langeani, F. 1996. Estudo filogenético e revisão taxonômica da família Hemiodontidae Boulenger, 1904 (*sensu* Roberts, 1974) (Ostariophysi, Characiformes). Unpublished Ph.D. Dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo. 171 p.

Artigo em revistas (listar nome do periódico por extenso):

Lundberg, J. G., F. Mago-Leccia & P. Nass. 1991. *Exallodontus aguanai*, a new genus and species of Pimelodidae (Teleostei: Siluriformes) from deep river channels of South America and delimitation of the subfamily Pimelodinae. Proceedings of the Biological Society of Washington, 104(4): 840-869.

Artigo no prelo:

Burns, J. R., A. D. Meisner, S. H. Weitzman & L. R. Malabarba. (in press). Sperm and spermatozeugma ultrastructure in the inseminating catfish, *Trachelyopterus lucenai* (Ostariophysi: Siluriformes: Auchenipteridae). Copeia, 2002: 173-179.

Documentos necessários após o aceite:

- Uma cópia digital da versão definitiva do manuscrito com:
 - as devidas correções editoriais (mudanças em estilo e formato solicitadas pelo editor não são negociáveis e o seu não atendimento irá resultar da rejeição do manuscrito).
 - as correções sugeridas pelos **Assessores Científicos** ou justificativa do autor para a não adoção de eventuais sugestões feitas pelos **Assessores Científicos** (lembre-se que as dúvidas ou questionamentos em relação ao manuscrito feitas pelo revisor podem ser as mesmas de outros leitores, e procure corrigi-las ou respondê-las no corpo do texto).
 - Figuras originais digitais ou impressas.
 - A não observância de qualquer dos requisitos acima resultará na recusa do manuscrito. Se a versão definitiva do manuscrito retornar aos editores dois meses ou mais após o envio dos comentários dos **Assessores Científicos** aos autores, este será considerado como re-submetido.

Provas

- As provas do artigo serão enviadas ao autor responsável pela correspondência, devendo ser conferida e devolvida no prazo máximo de uma semana. Provas não devolvidas no prazo serão corrigidas pelo editor.