

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

MATHEUS TENÓRIO BAUMGARTNER

**O efeito de mudanças drásticas no nível da água sobre a assembleia de peixes: o caso do rompimento da comporta em um reservatório Neotropical**

Maringá  
2016

MATHEUS TENÓRIO BAUMGARTNER

**O efeito de mudanças drásticas no nível da água sobre a assembleia de peixes: o caso do rompimento da comporta em um reservatório Neotropical**

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

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes

Maringá  
2016

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

B348e Baumgartner, Matheus Tenório, 1991-  
O efeito de mudanças drásticas no nível da água sobre a assembleia de peixes : o caso do rompimento da comporta em um reservatório Neotropical / Matheus Tenório Baumgartner. -- Maringá, 2016.  
28 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--  
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2016.  
Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes.

1. Ecologia de reservatórios - Variação do nível da água - Rompimento - Peixes, Assembleia de - Iguaçu, Rio, Bacia - Paraná (Estado). 2. Peixes, Assembleia de - Reservatórios - Rompimento - Acidente - Iguaçu, Rio, Bacia - Paraná (Estado). I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -577.6327098162  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

MATHEUS TENÓRIO BAUMGARTNER

**O efeito de mudanças drásticas no nível da água sobre a assembleia de peixes: o caso do rompimento da comporta em um reservatório Neotropical**

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

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Rômulo Diego de Lima Behrend  
Centro Universitário Cesumar (UniCesumar)

Dr. Fábio Nascimento de Oliveira Fogaça  
Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA)/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovada em: 21 de março de 2016.

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

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Maria do Socorro e Gilmar, meus exemplos de coragem, determinação e humildade, pelo carinho e pela confiança. Dedico todo esse trabalho a eles e espero ter correspondido todo o amor que sempre me deram.

À toda minha família, por todo o incentivo e carinho que sempre me ofereceram.

A todos os meus amigos, que sempre me lembraram que jamais chegaremos a algum lugar sozinhos.

Aos meus colegas de turma do Mestrado/Doutorado 2014/2016, pela amizade, pelas risadas, trabalhos e pelos churrascos, principalmente.

A todos do laboratório, pelos ensinamentos, conversas, exemplos e principalmente pelos bons hábitos.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes, meu orientador, pela oportunidade e pelos ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA), pelas disciplinas e todo conhecimento ofertado.

A todos os integrantes do Grupo de Estudos em Recursos Pesqueiros e Limnologia (Gerpel) e do Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais (INEO), em especial ao Prof. Dr. Gilmar Baumgartner, pelas coletas do material, análises laboratoriais e intercâmbio de dados.

Ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), pela infraestrutura oferecida.

## **O efeito de mudanças drásticas no nível da água sobre a assembleia de peixes: o caso do rompimento da comporta em um reservatório Neotropical**

### **RESUMO**

Os barramentos de rios, para a formação de reservatórios, são modificações intensas e dramáticas que originam novos ambientes, com características próprias de estrutura e funcionamento. Nesses sistemas, o controle da vazão e a variação artificial do nível da água são importantes determinantes da estrutura das assembleias de peixes. Avaliaram-se os efeitos do rebaixamento rápido do nível da água do reservatório sobre a estrutura da assembleia de peixes de um reservatório Neotropical, no sul do Brasil, operado a fio d'água. A variação no nível da água foi provocada pela ruptura de uma das comportas do vertedouro, e fez com que o nível variasse em cerca de 20 metros. Uma Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) foi utilizada para sumarizar a estrutura da assembleia de peixes. Posteriormente foram feitas correlações de Spearman entre os eixos da CAP e as abundâncias das espécies, para verificar quais mais contribuíram para os padrões observados. Os dois primeiros eixos da CAP identificaram fortes escalas espaciais, enquanto o terceiro eixo identificou a escala temporal de interesse. A maior movimentação dos indivíduos, aliada ao estímulo reprodutivo, decorrentes da variação do nível da água, foram os benefícios mais notáveis da variação do nível da água sobre a assembleia de peixes. Um efeito negativo foi a mortalidade de muitos peixes durante o período de rebaixamento do reservatório, atribuída às condições limnológicas desfavoráveis. Os resultados evidenciaram benefícios significativos da variação do nível da água e sugerimos que, observadas algumas particularidades, essa variação possa ser utilizada para o manejo de reservatórios estáveis, como ferramenta para aumentar a abundância das espécies de peixes.

**Palavras-chave:** Fio d'água. Cascata de reservatórios. Reenchimento. Acidente. Vertedouro. Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP).

## **The effects of rapid water level changes on fish assemblages: the case of a spillway gate disrupt in a Neotropical reservoir**

### ***ABSTRACT***

River damming, for reservoir formation, causes intense and dramatic changes that creates new environments, with particular structure and functioning. In these systems, flow control and artificial variations in water level are important determinants of the structure of fish assemblages. The objective of this study was to evaluate the effects of the rapid reservoir drawdown on the structure of fish assemblage in a Neotropical reservoir, in southern Brazil, operated by run-of-river. Water level variation was due to one of the spillway gates forfeiture, and caused the water level to vary up to 20 meters. A Canonical Analysis of Principal Coordinates (CAP) was used to summarize the structure of fish assemblage. Later, Spearman correlations were performed between each CAP axes and fish species abundances, to assess the species that most contributed to the observed patterns. The first two CAP axes identified strong spatial scales, while the third axis identified the time scale. The enhanced movement of individuals, coupled with reproductive stimulus were the most remarkable benefits of the reservoir refill. A noticeable negative effect was the loss of many fish that perished during the reservoir drawdown phase, addressed to adverse limnological conditions. Results showed significant benefits of water level variation on fish assemblage, and we suggest that, observed some peculiarities, this variation can be used for stable reservoirs management, as a tool to increase the abundance of fish species.

**Keywords:** Run-of-the-river. Reservoir cascade. Refilling. Crash. Drawdown. Canonical Analysis of Principal Coordinates (CAP).

Dissertação elaborada e formatada conforme  
as normas da publicação científica  
River Research and Applications.  
Disponível em:  
<[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1535-1467/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1535-1467/homepage/ForAuthors.html)>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	10
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	10
2.2	O ACIDENTE .....	11
2.3	AMOSTRAGEM E ANÁLISE LABORATORIAL .....	12
2.4	ANÁLISE DE DADOS .....	13
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	15
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	18
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	24
	APÊNDICE A - Abundâncias das espécies mais correlacionadas com o Eixo 3 da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP3), nos dois períodos Antes e Depois do rompimento da comporta do vertedouro, aplicada à assembleia de peixes do reservatório da UHE Salto Osório .....	28

## 1 INTRODUÇÃO

Os barramentos de rios, para a formação de reservatórios, são modificações intensas e dramáticas que originam novos ambientes, com características próprias de estrutura e funcionamento, e provocam alterações em todas as comunidades de organismos aquáticos (Baxter, 1977). A principal causa dessas mudanças é a regulação artificial do fluxo da água, que representa a maior força motriz desses ecossistemas e determina a estrutura biótica (Poff *et al.*, 1997). A transformação mais aparente é a conversão de um ambiente lótico, com águas rápidas, em uma grande massa larga e profunda de água, retida acima da barragem e conectada a um rio à montante. Por consequência disso, mudanças importantes ocorrem na composição e estruturação da fauna aquática, principalmente na distribuição espacial das espécies e nas teias tróficas (Agostinho *et al.*, 2007, 2008, e 2016; Gubiani *et al.*, 2011).

Em reservatórios, o controle da vazão e variações artificiais no nível da água, conforme a demanda energética do país (e não mais conforme o regime hidrológico) proporcionam alterações em todas as comunidades biológicas (Júlio Jr. *et al.*, 1997; Elozegi e Sabater, 2013; Agostinho *et al.*, 2016). Então, a heterogeneidade ambiental das características físicas e químicas atua em conjunto com o modo de operação da barragem, na determinação da estrutura e composição das comunidades bióticas (Vinebrooke *et al.*, 2004).

O modo de operação segue basicamente dois padrões (acumulação e fio d'água) e influencia diretamente a composição e estruturação da assembleia de peixes (Agostinho *et al.*, 2008; Nogueira *et al.*, 2012). Reservatórios de acumulação retêm o máximo de água possível, para que a geração de energia não seja comprometida em períodos menos chuvosos e podem liberar grandes quantidades de água, conforme a demanda energética, o que, na região Neotropical, pode provocar variações de vários metros no nível da água em poucos dias. Por outro lado, reservatórios operados a fio d'água basicamente liberam a mesma quantidade de água que recebem à montante, por isso, a variação normal do nível da água do reservatório é de apenas poucos metros. Outro fator importante para a composição e estruturação da assembleia é o tempo de retenção da água, que influencia diretamente a heterogeneidade espacial, modifica as condições limnológicas e afeta diretamente a assembleia de peixes (Ferrareze *et al.*, 2014). Grandes reservatórios operados a fio d'água, em geral, possuem maior estabilidade da assembleia de peixes,

devido à baixa variabilidade ambiental imposta pelo modo de operação, apesar de que estudos comparativos são escassos.

Embora saibamos que essas variáveis influenciam a dinâmica dos organismos aquáticos em reservatórios, poucos estudos elucidam os mecanismos, com precisão metodológica, através dos quais as variações induzidas artificialmente no nível da água, em reservatórios, são capazes de afetar os organismos, e, menos ainda, propõem estratégias práticas de manejo de reservatórios, utilizando essas variações. Estudos com peixes vêm demonstrado a importância da variação do nível da água na estruturação e reprodução das espécies (ex.: Winfield *et al.*, 1997; Ozen e Noble, 2005; Kahl *et al.*, 2008; Tonkin *et al.*, 2014; Chizinski *et al.*, 2015). Porém, em sua maioria, consideram apenas uma única espécie (geralmente de grande porte, com valor comercial ou de interesse pela pesca esportiva), avaliam apenas aspectos reprodutivos ou de crescimento e, além disso, muitos não apresentam critérios metodológicos que permitam conclusões abrangentes.

Por outro lado, existe uma grande lacuna no conhecimento a respeito das respostas da assembleia de peixes, como um todo, a variações drásticas no nível da água dos reservatórios. Muita informação técnica existe, inclusive, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO - *Food and Agriculture Organization for the United Nations*) sugere a regulação artificial do nível da água do reservatório como ação eficiente de manejo para os estoques pesqueiros (Bernacsek, 1984), mas nenhum estudo científico avalia criteriosamente quais os efeitos das variações no nível da água sobre toda a assembleia de peixes. Portanto, para que seja avaliada a eficácia das estratégias propostas, o estudo de comunidades inteiras de peixes é a abordagem fundamental para avaliar como o manejo do nível da água, aliado a outros fatores controladores, tem potencial para aumentar a abundância das espécies de peixes do reservatório.

Um acidente envolvendo a comporta de um dos vertedouros da Usina Hidrelétrica de Salto Osório (UHE Salto Osório), no Sul do Brasil, em Setembro de 2011, obrigou a concessionária a rebaixar o nível da água do reservatório em cerca de 20 metros. Os procedimentos operacionais de reparo da comporta fizeram com que o reservatório passasse por um processo de esvaziamento e reenchimento, que durou cerca de seis dias. Esse acidente foi adotado como um modelo único para avaliar as respostas da assembleia de peixes a períodos extremos e de curta duração de águas baixas. Por possuírem certa estabilidade ambiental, reservatórios operados a fio d'água são ambientes ideais para

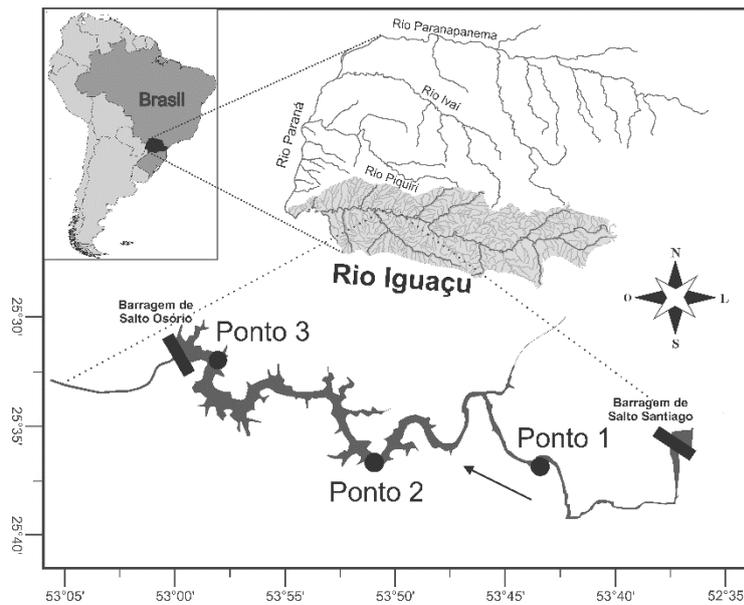
testar o efeito da variação rápida do nível da água sobre as comunidades biológicas, já que não possuem eventos anteriores similares a esses, como é o caso de ambientes naturais com regimes hidrológicos regulares, ou mesmo reservatórios operados por acumulação. Portanto, os objetivos principais desse trabalho foram (i) avaliar o efeito do rebaixamento rápido do nível da água do reservatório sobre a composição e estrutura da assembleia de peixes de um reservatório Neotropical operado a fio d'água; e (ii) estabelecer perspectivas de manejo utilizando como ferramenta a variação artificial do nível da água.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Salto Osório está localizado no rio Iguaçu, entre os municípios de Quedas do Iguaçu e São Jorge do Oeste, na região sul do Paraná, Brasil. Distante a aproximadamente 300 km do encontro com o rio Paraná e quarto da série de cinco grandes reservatórios em cascata, os principais afluentes desse trecho são os rios Cachoeira, das Cobras, Roça Nova e Campo Novo, pela margem direita e os rios Capivara, Paz e Queixo d'Anta, pela margem esquerda (Maack, 1981; Baumgartner *et al.*, 2006) (Figura 1). Formado em 1975, o reservatório possui aproximadamente 70 km de extensão, inunda uma área total de 55 km<sup>2</sup>, conta com uma capacidade de 1.124 bilhões de metros cúbicos de água, tempo de residência de 16 dias e possui uma capacidade instalada de 1.078 MW, através de seis unidades geradoras (Tractebel Energia e Ecsa, 2002). Uma característica importante deste reservatório é o fato de seu modo de operação ser a fio d'água, que não resulta em grandes variações frequentes no nível da água.

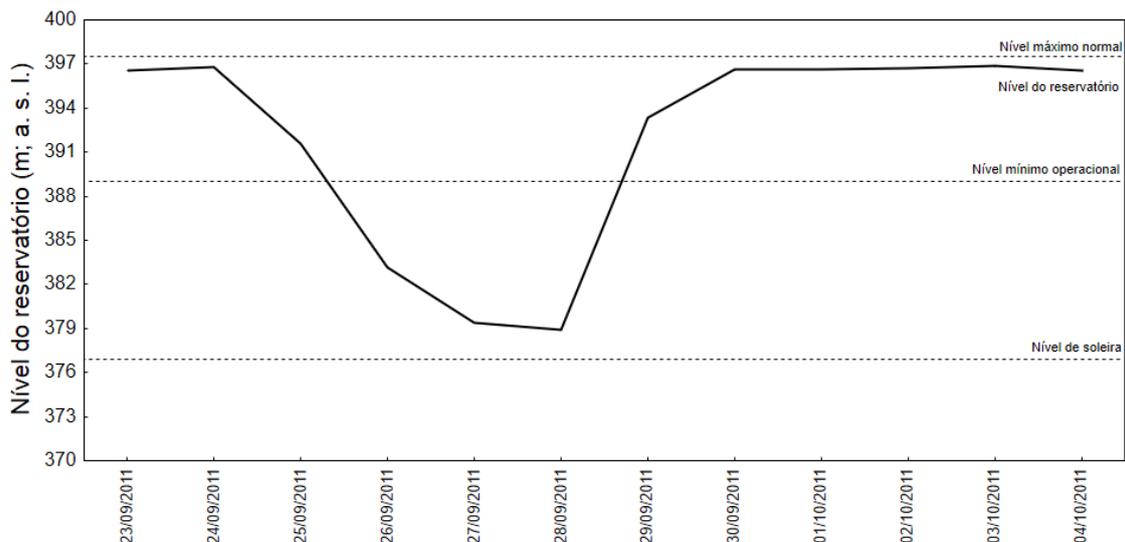
A barragem da UHE Salto Osório conta com dois vertedouros, o Vertedouro 1, com 5 comportas, e o Vertedouro 2, com 4 comportas que, se abertas totalmente, possibilitam verter cerca de 27.000 m<sup>3</sup>/s. A vazão máxima diária, registrada em Maio de 1992, foi de 21.143 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão mínima diária, registrada em Abril de 1982, foi de 41 m<sup>3</sup>/s. A vazão média anual para esse reservatório é de 937 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 1** – Localização dos pontos de coleta no reservatório de Salto Osório, no rio Iguaçu, Paraná, Brasil.

## 2.2 O ACIDENTE

Em Setembro de 2011, a comporta n° 5 do Vertedouro 1 apresentou problemas e soltou-se, deixando o vão aberto e vertendo, continuamente, um volume de água de cerca de 2.000 m<sup>3</sup>/s. Por consequência disso, foi aumentada a vazão total da barragem para cerca de 4.000 m<sup>3</sup>/s, para que houvesse o rebaixamento do nível da água do reservatório e pudesse ser colocado um bloqueio do tipo *stop-log* no vão aberto pela comporta rompida. Portanto, entre o momento da ruptura da comporta, o rebaixamento do nível do reservatório, a colocada do *stop-log* e o posterior enchimento, passou-se um período de cerca de seis dias de mudanças drásticas e incomuns do nível da água, que chegou a 20 m (Figura 2).



**Figura 2** – Nível da água do reservatório de Salto Osório, no rio Iguaçu, durante o período em que houve o rebaixamento do nível do reservatório, após o acidente com a comporta do vertedouro. De cima pra baixo, as linhas horizontais representam, respectivamente: Nível máximo normal; Nível mínimo operacional; Nível de soleira.

### 2.3 AMOSTRAGEM E ANÁLISE LABORATORIAL

Os dados utilizados nesse estudo são provenientes do projeto “Estudos Ictiológicos e Monitoramento da Qualidade das Águas dos Reservatórios de Salto Santiago e Salto Osório – Rio Iguaçu/PR”, realizado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia – Gerpel, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Campus de Toledo, PR, a serviço da Tractebel Energia S. A.

As amostragens foram realizadas bimestralmente, de Novembro de 2009 a Setembro de 2013, em três locais ao longo do reservatório, como tentativa de amostrar o possível gradiente longitudinal observado em grandes reservatórios. Os peixes foram coletados utilizando redes de espera de 10 m de comprimento, com malhas de 2,4, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14 e 16 cm entre nós não adjacentes, além de redes de tresmalho (“feiticeiras”) com malha interna de 6, 7 e 8 cm. Cada conjunto de redes foi disposto na superfície, no fundo e nas margens e permaneceram em cada ponto de coleta por 24 horas, sendo realizadas revistas às 8, 16 e 22 horas.

Após a coleta, os peixes foram armazenados em sacos plásticos etiquetados, acondicionados em gelo e levados até o laboratório avançado, na Vila de Apoio da Usina Hidrelétrica de Salto Santiago. Em laboratório, os peixes foram identificados ao menor

nível taxonômico possível, de acordo com Garavello *et al.* (1997), Reis *et al.* (2003), Graça e Pavanelli (2007) e Baumgartner *et al.* (2012).

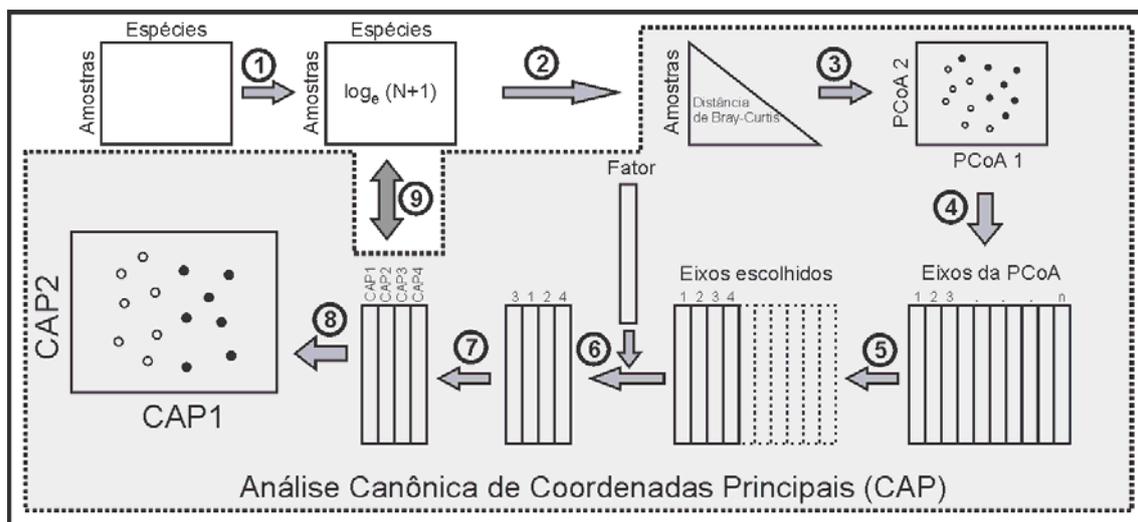
## 2.4 ANÁLISE DE DADOS

Cada amostra foi constituída por todo o conjunto de redes instalado em um dado local amostral, num dado mês. Os dados foram organizados em uma matriz do tipo espécies x amostras, contendo o número de indivíduos capturados e transformados em  $\log_e(N+1)$  para minimizar o efeito de amostras com abundância muito elevada. A partir dessa matriz, foi gerada uma matriz de parença entre as amostras utilizando a distância de Bray-Curtis (Bray e Curtis, 1957). Para sumarizar a assembleia de peixes e avaliar as variações espaciais, bem como as mudanças temporais na composição e estrutura, decorrentes do rebaixamento rápido do nível do reservatório, foi realizada uma Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP; Anderson e Willis, 2003), controlando os fatores Local (Pontos 1, 2 e 3) e Período (Antes e Depois do acidente) (Figura 3). Esse método é indicado para identificar eixos principais através da dispersão multivariada dos dados, que melhor separam grupos determinados *a priori*, em casos onde existe a possibilidade de que padrões da dispersão multivariada dos dados possam ser mascarados por ordenações comuns de gradiente indireto (Anderson e Willis, 2003).

Na CAP, a partir da matriz de parença gerada, primeiro é feita uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) e gerada uma matriz Q, que contém todos os eixos ortogonais gerados pela PCoA, ordenados de acordo com a porcentagem de explicação de cada um. Então, é realizada uma Análise Discriminante Canônica (CDA), considerando cada eixo da matriz Q e os grupos determinados *a priori* (fator). O passo seguinte é determinar o número *m* de eixos que farão parte da ordenação final da CAP. Quanto mais eixos escolhidos, maior a porcentagem de explicação acumulada, porém, a escolha de muitos eixos aumenta a chance da visualização final mascarar algum padrão. O procedimento ocorre da seguinte forma: uma observação (amostra) é retirada da matriz, então é gerada a ordenação, a amostra é reinserida no espaço multidimensional, e classificada como pertencente ao grupo do centroide mais próximo. Isso se repete até que todas as amostras tenham sido retiradas uma vez da ordenação. Esse procedimento gera classificações erradas que são contabilizadas. Cada etapa de retirada e reinserção das amostras é realizada com as combinações crescentes do número de eixos (aumentando a

porcentagem de explicação). Além disso, são calculados os resíduos, também aumentando o número de eixos. O número final de eixos ( $m$ ) é aquele em que houver a menor porcentagem de classificações erradas das observações e também a menor soma de quadrados dos resíduos, ou seja, aquela combinação de eixos que maximiza as diferenças entre os grupos determinados *a priori*.

Os eixos dessa ordenação, que representaram as escalas mais importantes determinadas pelos grupos, foram retidos para interpretação. Foi realizada também uma correlação de Spearman (*Spearman rank correlation*) entre os eixos da CAP e as abundâncias das espécies, para identificar aquelas que mais contribuíram para os padrões observados. Correlações fortes com cada eixo, positivas ou negativas, indicam incremento na abundância da espécie ao longo de cada gradiente, representado por cada eixo da ordenação.



**Figura 3** – Diagrama das etapas da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP). 1 – Transformação da matriz de dados em  $\log_e(N+1)$ ; 2 – Cálculo da matriz de parença (distância) entre as amostras; 3 – Análise de Coordenadas Principais (PCoA); 4 – Retenção dos eixos da PCoA que apresentaram autovalores positivos; 5 – Escolha dos eixos a partir dos critérios de porcentagem de acerto na classificação de uma observação e de mínimos quadrados dos resíduos ( $m$ ); 6 – Análise Discriminante Canônica (CDA), utilizando como fator os grupos determinados *a priori*; 7 - Reordenação dos eixos de acordo com a importância para a CDA; 8 – Plot resultante da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP); 9 – Correlação de Spearman entre os eixos da CAP e a abundância das espécies, transformadas em  $\log_e(N+1)$ .

A significância dos possíveis padrões foi testada por uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA; 4,999 permutações; McArdle e Anderson, 2001) sobre a matriz de parença entre as amostras (a mesma usada na CAP), controlando os mesmos fatores (Local e Período). Foram utilizadas as opções *Unrestricted permutation of raw data* e soma de quadrados do Tipo III (parcial), devido

ao design desbalanceado (vários roubos de redes no Ponto 1; amostras removidas). Essa técnica identifica centroides para cada grupo, a dispersão espacial dos pontos em torno de cada centroide e calcula os desvios dentro e entre grupos. A significância desse teste é obtida através de permutações randômicas na matriz de dados e posterior comparação da soma de quadrados obtida pela matriz de dados original e das matrizes geradas pelas várias permutações, no intuito de inferir se a separação dos grupos determinados *a priori* é diferente da que seria observada ao acaso.

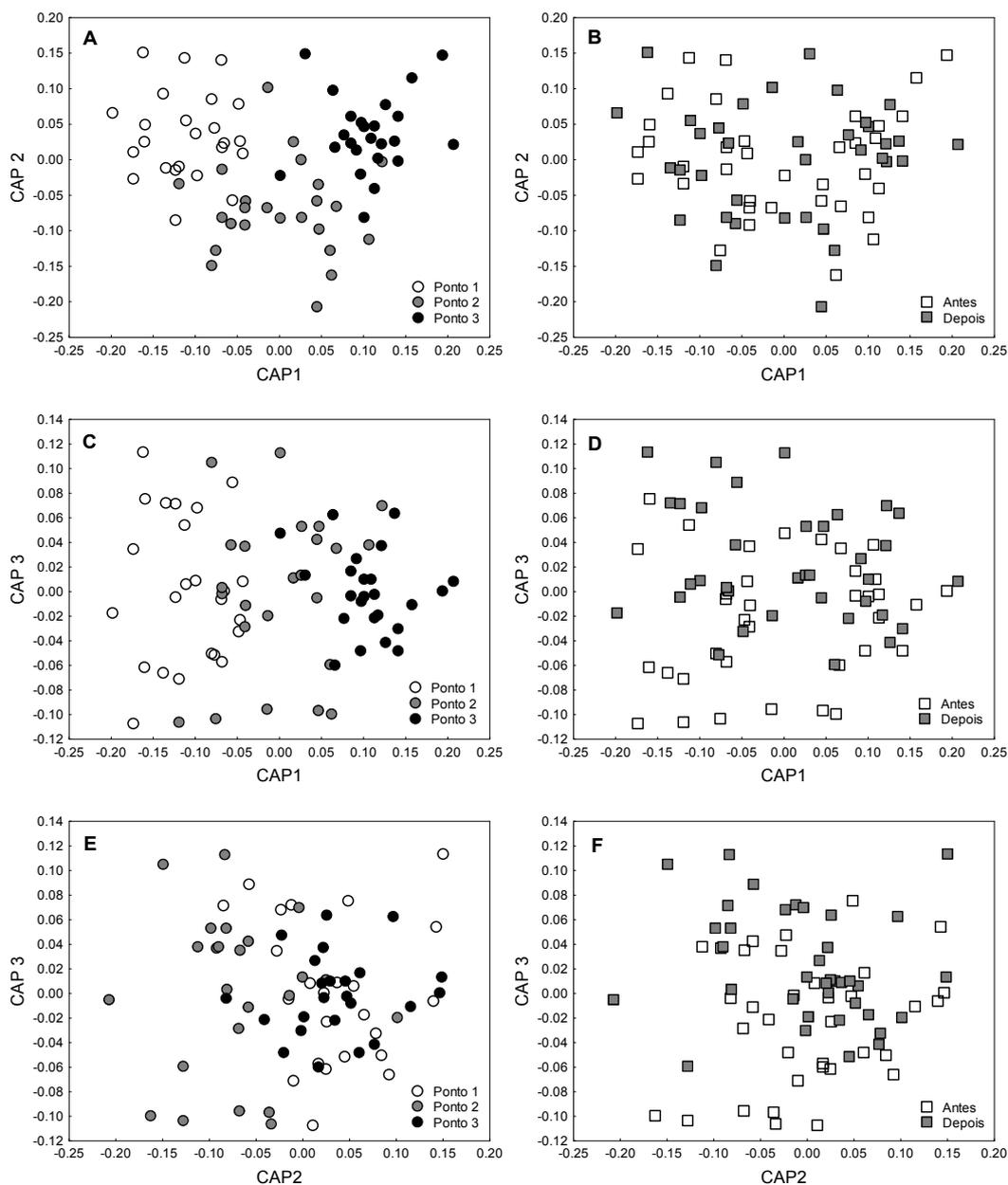
Para todas as análises foi utilizado o programa PRIMER versão 6 (Clarke e Gorley, 2006) com a implementação do pacote PERMANOVA+ (Anderson *et al.*, 2008). A confecção dos gráficos foi realizada com o auxílio do programa Statistica 10.0<sup>TM</sup> (StatSoft, 2011).

### 3 RESULTADOS

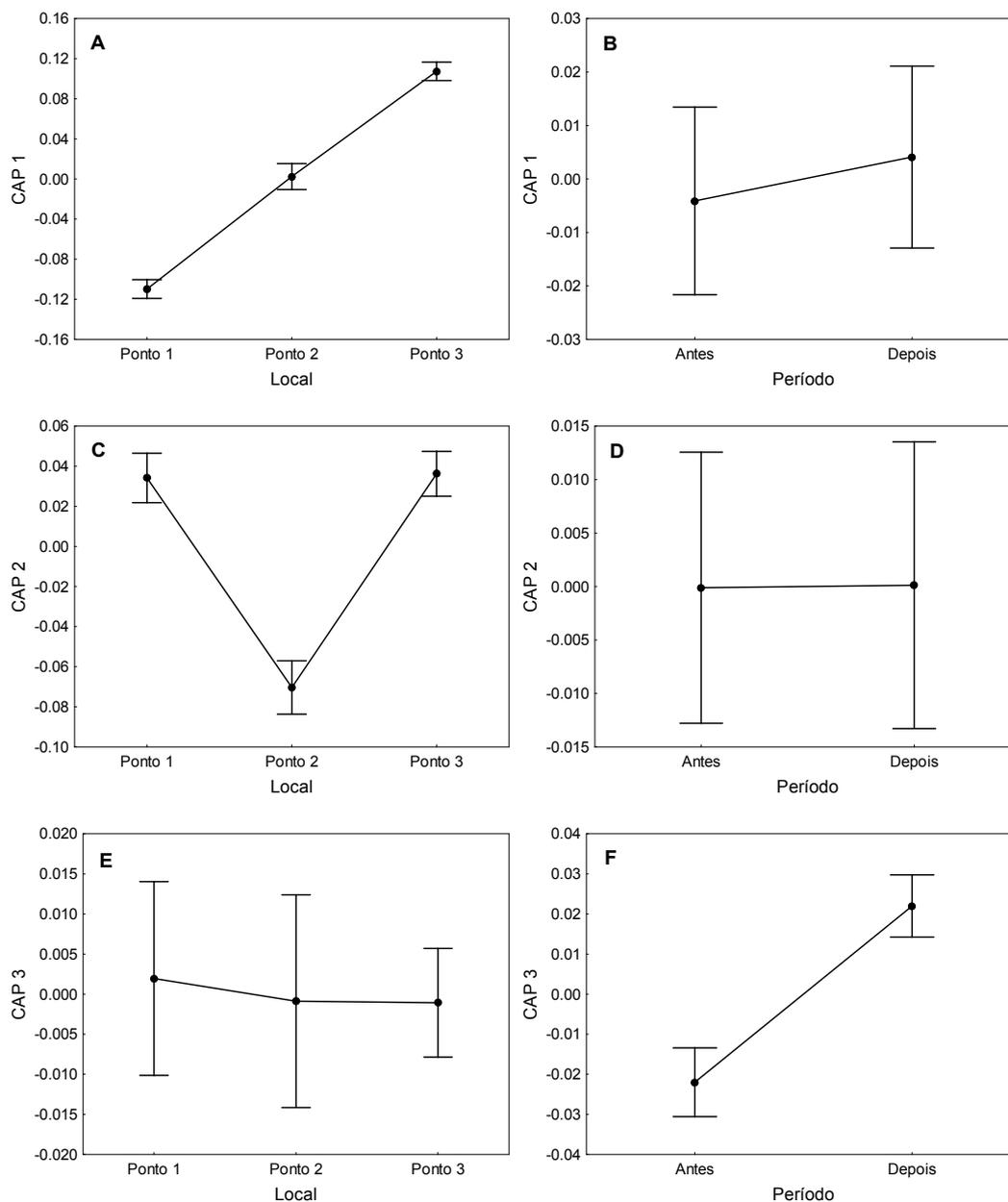
Ao longo do período de estudos, foram obtidas 72 amostras, nas quais foram capturados 26.044 indivíduos, que totalizaram 29 espécies, divididas em 13 famílias, representando seis ordens. Characiformes (11 espécies) e Siluriformes (10 espécies) foram as ordens mais bem representadas, seguidas de Perciformes (cinco espécies), Atheriniformes, Cypriniformes e Gymnotiformes (uma espécie cada). As espécies mais abundantes foram *Astyanax bifasciatus* (11.165 indivíduos), *Astyanax minor* (5.043 indivíduos), *Oligosarcus longirostris* (2.274 indivíduos), *Pimelodus britskii* (2.180 indivíduos), *Apareiodon vittatus* (1.464 indivíduos) e *Astyanax gymnodontus* (1.172 indivíduos). Houve um decréscimo longitudinal na abundância no sentido jusante.

A Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) identificou diferentes escalas nos três primeiros eixos (Fig. 4 e Fig. 5). O primeiro eixo (CAP1) separou os locais de acordo com a sua posição longitudinal no reservatório, com escores menores para os locais mais à montante (Figs. 4A e 5A). O segundo eixo (CAP2) também identificou uma escala espacial, tendo o Ponto 2 com escores menores e diferente dos demais (Figs. 4C e 5C). O terceiro eixo (CAP3) identificou a escala temporal, com maiores escores para o período posterior ao rebaixamento do nível da água e, como o objetivo do trabalho foi avaliar a mudança temporal na comunidade, esse eixo também foi retido para interpretação (Figs. 4D, 4F e 5F).

A PERMANOVA não foi significativa para a interação entre os fatores Local e Período (4.979 permutações; Pseudo-F = 1,13;  $P = 0,25$ ), mas foi significativa para cada fator separado: Local (4.984 permutações; Pseudo-F = 7,35;  $P < 0,01$ ) e Período (4.978 permutações; Pseudo-F = 2,69;  $P < 0,01$ ). O teste par a par, para cada fator, diferenciou significativamente todos os três pontos e também os dois períodos ( $P < 0,05$ ). Isso indica que as diferenças significativas entre os níveis de um fator foram consistentes, independente de qual nível do outro fator for considerado.



**Figura 4** – Resultados da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) aplicada à assembleia de peixes do reservatório da UHE Salto Osório. Cada ponto representa uma amostra e os agrupamentos foram de acordo com Local (Pontos 1, 2 e 3) e Período (Antes e Depois); (A, C e E: avaliação espacial; B, D e F: avaliação temporal).



**Figura 5** – Média e erro padrão dos escores dos três primeiros eixos da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) aplicada à assembleia de peixes do reservatório da UHE Salto Osório. Os dados estão agrupados de acordo com Local (Pontos 1, 2 e 3) e Período (Antes e Depois); (A, C e E: avaliação espacial; B, D e F: avaliação temporal).

Ao todo, 22 espécies apresentaram correlações significativas com pelo menos um eixo da CAP e mostraram variações nas abundâncias, de acordo com cada escala representada em cada eixo (Tabela 1). Com o CAP1, que representou a escala espacial, 11 espécies foram correlacionadas. As seis espécies correlacionadas positivamente apresentaram aumento na abundância em regiões mais a jusante (próximos da barragem), enquanto as outras cinco, correlacionadas negativamente, apresentaram maiores abundâncias à montante. Com o CAP2, que também representou a escala espacial, oito

espécies apresentaram correlações significativas, sendo cinco negativamente, essas mais abundantes no ponto intermediário (Ponto 2). Com o CAP3, que representou a escala temporal, 14 espécies foram correlacionadas, sendo 13 positivamente, indicando aumento da abundância no período posterior ao rebaixamento do nível da água do reservatório (ver Apêndice A).

**Tabela 1** – Valores das correlações de Spearman entre as abundâncias das espécies ( $\log_e(N + 1)$  do número de indivíduos capturados em cada amostra) e os eixos da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP), aplicada à assembleia de peixes do reservatório da UHE Salto Osório. São apresentados apenas os valores significativos ( $P < 0,05$ ).

Espécie	Local		Período
	CAP1	CAP2	CAP3
<i>Astyanax altiparanae</i>		-0,59	
<i>Astyanax bifasciatus</i>			0,36
<i>Astyanax dissimilis</i>		-0,51	0,23
<i>Astyanax gymnodontus</i>			0,37
<i>Astyanax minor</i>			0,55
<i>Apareiodon vittatus</i>	-0,27		
<i>Briconamericus ikaa</i>	-0,39		-0,30
<i>Corydoras aff. paleatus</i>	-0,76		0,28
<i>Cyphocharax cf. santacatarinae</i>	-0,38		
<i>Crenicichla iguassuensis</i>			0,46
<i>Geophagus brasiliensis</i>	0,32	0,30	0,33
<i>Glanidium ribeiroi</i>	0,46	-0,28	0,43
<i>Hypostomus commersoni</i>			0,28
<i>Hypostomus derbyi</i>		-0,47	
<i>Hoplias sp. 1</i>		0,25	
<i>Odontesthes bonariensis</i>	-0,25	-0,30	0,57
<i>Oligosarcus longirostris</i>	0,38		0,25
<i>Pimelodus britskii</i>	0,29		0,27
<i>Pimelodus ortmanni</i>	0,29		
<i>Rhamdia branneri</i>		0,32	
<i>Rhamdia voulezi</i>	-0,37		
<i>Tilapia rendalli</i>			0,24

#### 4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam que houve aumento na abundância de 13 espécies de peixes (44,8% do total), sugerindo que a assembleia de peixes foi beneficiada pela variação no nível da água do reservatório. Possivelmente, o efeito dessa variação, que mais contribuiu para o benefício da assembleia de peixes, foi o aumento da movimentação dos indivíduos, principalmente durante a variação do nível da água, mas também, durante o período seguinte. Estudos relataram maior movimentação de peixes tanto na coluna d'água, como ao longitudinalmente, em todo o reservatório, durante mudanças no nível

da água (Heman *et al.*, 1969; Roger e Bergersen, 1995), especialmente durante o enchimento (Agostinho *et al.*, 1999). Maior movimentação significa que as populações de peixes podem explorar, de forma mais eficiente, diversas áreas do reservatório e, com isso, encontrar maior disponibilidade de *habitat* e alimento.

O período em que a variação do nível da água ocorreu também foi uma característica importante para determinar o benefício observado sobre a assembleia de peixes. A maioria das espécies, dessa região, se reproduz entre Setembro e Fevereiro, com picos no início desse período (Gerpel/Funiversitária e Tractebel Energia, 2012; Baumgartner *et al.*, 2016). De acordo com Vazzoler (1996), a condição corporal para a desova dos peixes está diretamente relacionada às variáveis ambientais (nível fluviométrico, fotoperíodo, oxigênio dissolvido e temperatura da água) e às condições fisiológicas de cada indivíduo. Além disso, Agostinho *et al.* (2007) afirmam que a reprodução dos peixes é altamente sazonal, a despeito da estratégia utilizada por cada espécie. Assim, tendo em vista que a operação do reservatório é feita a fio d'água, com pouca variação do nível, e que a abundância das espécies tende a diminuir conforme ocorre o amadurecimento do sistema (Agostinho *et al.*, 2007; Krogman e Miranda, 2015), acreditamos que a variação no nível da água foi um agente sincronizador da reprodução das espécies de peixes, nessa ocasião. Mais ainda, o fato desses eventos terem ocorrido em Setembro, imediatamente antes do início do período reprodutivo das espécies, nos leva a acreditar que o aumento do nível da água, um dos principais gatilhos reprodutivos para peixes, tenha sido atingido, e, aliado à maior movimentação dos indivíduos por todo o reservatório, foram fundamentais para que a reprodução ocorresse de forma mais difusa e mais eficiente em todas as áreas, levando a um aumento na abundância das espécies nos períodos seguintes.

Os efeitos benéficos das variações no nível da água já foram encontrados em outros estudos (Meals e Miranda, 1991; Paller, 1997; Nagid *et al.*, 2015). Nessas ocasiões, o aumento nas abundâncias, após o reenchimento, foi atribuído, principalmente, à maior quantidade de vegetação marginal formada, que fornece abrigo e locais para a reprodução da maior parte das espécies (para detalhes, ver o exemplo de Azami *et al.*, 2015). Porém, nesse estudo, o tempo que o reservatório esteve com o nível abaixo do normal não foi suficiente para que houvesse desenvolvimento significativo da vegetação marginal sobre as áreas litorâneas descobertas. Diante disso, acreditamos que a maior disponibilidade de vegetação recém-formada, que era esperada, não foi o maior benefício do reenchimento,

embora insetos e outros invertebrados eventualmente ocuparam essas áreas e foram incorporados ao reservatório.

A principal evidência que nos permite afirmar que a comunidade como um todo foi beneficiada é que espécies com hábitos muito distintos tiveram aumento na abundância, após a variação do nível da água, decorrente do acidente no vertedouro. Tanto espécies de pequeno porte, pelágicas, oportunistas, com hábitos generalistas e que se movimentam em cardumes (*Astyanax* spp.; Casseiro *et al.*, 2002; Loureiro-Crippa e Hahn, 2006; Mise *et al.*, 2013), como espécies bentônicas, que ocupam trechos lênticos e com hábitos alimentares mais restritos (*Glanidium ribeiroi*; *Pimelodus britskii*; Reis *et al.*, 2003), espécies de maior porte, que raramente se organizam em cardumes (*Hypostomus commersoni*; Reis *et al.*, 2003) e também espécies predadoras piscívoras, que ocupam muito a coluna d'água (*Oligosarcus longirostris*; Gealh e Hahn, 1998) apresentaram aumento na abundância após a variação do nível da água.

Um efeito negativo do rebaixamento rápido do nível da água, que não pode ser ignorado, foi a morte de uma quantidade considerável de peixes. Muitos ficaram presos em poças ou lagoas, formadas em regiões que ficaram isoladas do corpo do reservatório ou de algum tributário, ou mesmo encalharam na lama durante os dias que se seguiram ao acidente. Porém, a maior mortandade de peixes foi observada nas regiões de confluência entre os tributários e o reservatório. Acreditamos que essa mortandade esteja associada às condições limnológicas desfavoráveis que esses locais assumiram temporariamente, assim como observados na fase de enchimento de reservatórios (Agostinho *et al.*, 2007). A região da foz dos tributários é caracterizada por uma elevada variabilidade na composição orgânica e inorgânica do sedimento, provocada pelas alterações no fluxo da água, tanto do tributário, quanto do rio (Rice *et al.*, 2001). Os organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica capturam compostos carbônicos e outros nutrientes da coluna d'água e os concentram no substrato (Li *et al.*, 2012; Regnery *et al.*, 2015). Com o rebaixamento rápido do nível da água, houve um aumento repentino no fluxo das confluências entre os tributários e o reservatório, revolvendo o substrato e liberando esses compostos retidos. Esse processo contribuiu para a redução nos teores de oxigênio dissolvido e aumentou a concentração de compostos nitrogenados suspensos, diminuindo drasticamente a qualidade da água, provocando a morte de muitos peixes.

Geralmente, os efeitos sobre a assembleia de peixes são negativos durante o rebaixamento e positivos durante o reenchimento, do reservatório. Alguns efeitos negativos do rebaixamento já foram relatados, como diminuição no oxigênio dissolvido, exposição de ninhos, interferências no ciclo reprodutivo e encalhe dos indivíduos (Greening e Doyon, 1990; Benejam *et al.*, 2008; Gaboury e Patalas, 2011). Em nosso estudo, a diminuição no oxigênio dissolvido e o encalhe dos indivíduos foram os efeitos negativos mais pronunciados. Dentre os efeitos positivos, a literatura relata aumento na disponibilidade de *habitat* para refúgio e reprodução, além de aporte de nutrientes e recursos alimentares (Northcote e Atagi, 1997; Benejam *et al.*, 2008; Gaboury e Patalas, 2011), nos levando a acreditar que a maior disponibilidade de *habitat* para refúgio, alimento e reprodução foi o benefício mais evidente da variação do nível da água, em nosso caso.

As alterações longitudinais na composição da assembleia de peixes foram relevantes e determinaram três conjuntos de espécies distintos, embora parcialmente sobrepostos, ao longo do reservatório estudado. Esse padrão de diferenciação longitudinal na composição da assembleia de peixes em reservatórios é bem comum. Thornton *et al.* (1990) descrevem três principais zonas dentro de um reservatório: fluvial, transição e lacustre. Essas três zonas diferem principalmente em morfologia (largura e profundidade), hidrologia (fluxo) e taxas de sedimentação. Porções superiores do reservatório possuem menor profundidade e fluxo mais elevado, diminuindo a taxa de sedimentação. A medida que se segue a jusante, a profundidade aumenta, enquanto a velocidade do fluxo de água diminui, aumentando a sedimentação, e influenciando diretamente a assembleia de peixes (para mais detalhes ver Agostinho *et al.*, 2007).

Assim como em nossos resultados, são esperados diferentes agrupamentos de espécies ao longo desse contínuo, de acordo com os requerimentos particulares de cada espécie, seguindo a descontinuidade dos atributos abióticos (Okada *et al.*, 2005; Agostinho *et al.*, 2007; Miranda e Debkowski, 2015). Essa predição ainda afirma que locais mais à montante, dentro do reservatório, tendem a exibir maior abundância e diversidade de espécies. Isso se deve, principalmente, ao fato de que, à exceção das espécies introduzidas posteriormente, aquelas que ocupam atualmente os reservatórios são um subconjunto de espécies do grupo original que ocupava o rio. Portanto, aquelas com características para viver em condições fluviais tendem a se extinguir ou a reduzir

sua abundância e ocupar as porções superiores do reservatório (Fernando e Holcik, 1991; Agostinho *et al.*, 2007, 2008 e 2016).

Apesar de serem marcantes, essas diferenças longitudinais, na assembleia de peixes, não foram determinantes para que os efeitos da variação do nível da água, decorrente do acidente com a comporta do vertedouro, diferissem entre as regiões do reservatório. Acreditamos que isso ocorreu, principalmente, devido à grande amplitude em que o nível da água variou. Mesmo o local amostrado mais distante teve seu nível alterado de maneira significativa, causando os mesmos efeitos observados nos conjuntos de espécies mais próximos da barragem. Outro fator que pode ter contribuído para a resposta integrada da assembleia de peixes foi o baixo tempo de residência hidráulico desse reservatório. Baixo tempo de residência significa que uma mesma porção de água leva pouco tempo para entrar à montante e ser despejada à jusante. Essa característica atenua as diferenças nas características limnológicas do reservatório, quando comparado a outros com tempo de residência maior, diminuindo a variabilidade ambiental relacionando mais intimamente a assembleia de peixes (Ferrareze *et al.*, 2014), o que provavelmente fez com que toda a assembleia de respondesse da mesma forma à variação do nível da água.

Portanto, concluímos que a variação do nível da água trouxe benefícios notáveis para a assembleia de peixes do reservatório da UHE Salto Osório, mesmo com curta duração e sem o desenvolvimento de vegetação marginal. Os fatores mais importantes, observados, foram a amplitude da variação, que provocou maior movimentação dos peixes pelo reservatório, permitindo que obtivessem recursos e ocupassem *habitats* com maior eficiência, e também o período em que ocorreu, sincronizando a reprodução das espécies. Acreditamos que a variação do nível da água, mesmo que muito rápida, tem papel fundamental para a manutenção da abundância das espécies e, que, mesmo reservatórios estáveis há algum tempo (o reservatório de Salto Osório tinha mais de 35 anos quando aconteceu o acidente) podem responder rapidamente a esses eventos.

Como sugestão, pensamos que a variação no nível da água possa ser utilizada como estratégia de manejo, para aumentar a abundância das espécies de peixes em reservatórios com nível da água mais estáveis, e minimizar os efeitos negativos dessa estabilização do nível da água. Porém, devemos ressaltar que: (i) a variação no nível da água seja conduzida poucos dias antes do início do período reprodutivo da maioria das espécies de peixes, e nunca durante esse período; (ii) os processos de rebaixamento e

reenchimento do reservatório devem ser gradativos, para evitar possíveis efeitos negativos, como piora na qualidade da água e mortandade de peixes; (iii) as variações no nível da água não ocorram todo ano, mas sim em intervalos de três ou quatro anos (podendo depender de diversas particularidades de cada reservatório), para evitar que a variação do nível da água, ao invés de beneficiar, prejudique algumas espécies (para mais detalhes, ver Luz-Agostinho *et al.*, 2009). Por fim, esperamos que os resultados encontrados nesse trabalho sirvam de suporte para determinar a amplitude e a duração ideais da variação do nível da água, no sentido de maximizar os efeitos positivos observados aqui.

## REFERÊNCIAS

- Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM. 2007. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Eduem: Maringá
- Agostinho AA, Gomes LC, Santos NCL, Ortega JCG, Pelicice FM. 2016. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research* 173: 26-36.
- Agostinho AA, Miranda LE, Bini LM, Gomes LC, Thomaz SM, Suzuki HI. 1999. Patterns of Colonization in Neotropical Reservoirs, and Prognoses on Aging. In.: Tundisi JG, Straskraba M. *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. International Institute of Ecology: Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers.
- Agostinho AA, Pelicice FM, Gomes LC. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology* 68: 1119-1132.
- Anderson MJ, Gorley RN, Clarke KR. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: *Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E: Plymouth, UK
- Anderson, MJ, Willis T J. 2003. Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology* 84: 511–525.
- Azami K, Higuchi T, Konishi C, Hashimoto H, Osugi T, Asaede T, Nakai K. 2015. An inundated Salix stand provides spawning and nursery habitat for native fish in a periodically flooded reservoir zone. *River Systems* 21: 229-240.
- Baxter RM. 1977. Environmental effects of dams and impoundments. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8: 255-283.
- Baumgartner D, Baumgartner G, Pavanelli CS, Silva PRL, Frana VA, Oliveira LC, Michelin MR. 2006. Fish, Salto Osório Reservoir, Iguaçu River basin, ParanáState, Brazil. *Checklist: Journal of Species Lists and Distribution* 2: 1-4.
- Baumgartner G, Pavanelli CS, Baumgartner D, Bifi AG, Debona T, Frana VA. 2012. *Peixes do baixo rio Iguaçu*. Eduem: Maringá
- Baumgartner MT, Silva PRL, Baumgartner G. 2016. Population structure and reproductive biology of *Astyanax gymnodontus* (Characiformes: Characidae), a poorly known endemic fish of the Iguaçu River basin, Brazil. *Revista de Biologia Tropical* 64: 69-77.
- Benejam L, Benito J, Ordóñez J, Armengol J, García-Berthou E. 2008. Short-term Effects of a Partial Drawdown on Fish Condition in a Eutrophic Reservoir. *Water Air Soil Pollution* 190: 3-11.
- Bernacsek GM. 1984. Guidelines for dam design and operation to optimize fish production in impounded river basins (based on a review of the ecological effects of large dams in Africa). *CIFA Technical Paper*
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- Casemiro FAS, Hahn NS, Fugui R. 2002. Avaliação da dieta de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, 2000 (Osteichthyes, Tetragonopterinae) antes e após a formação do

reservatório de Salto Caxias, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 24:419-425.

Chizinski CJ, Martin DR, Huber CG, Pope KL. 2015. The Influence of a Rapid Drawdown and Prolonged Dewatering on Fishing Effort, Catch, and Harvest in a Nebraska Reservoir. *Great Plains Research* 24: 145-152.

Clarke KR, Gorley RN. 2006. PRIMER Version 6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth, UK.

Elosegi A, Sabater S. 2013. Effects of hydromorphological impacts on river ecosystem functioning: a review and suggestions for assessing ecological impacts. *Hydrobiologia* 712: 129-143.

Fernando CH, Holcik J. 1991. Fish in reservoirs. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 76: 149-167.

Ferrareze M, Casatti L, Nogueira MG. 2014. Spatial heterogeneity affecting fish fauna in cascade reservoirs of the Upper Paraná Basin, Brazil. *Hydrobiologia* 738: 97-109.

Gaboury MN, Patalas JW. 2011. Influence of Water Level Drawdown on the Fish Populations of Cross Lake, Manitoba. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* Published on the web 10 April 2011.

Garavello JC, Pavanelli CS, Suzuki HI. 1997. Caracterização da Ictiofauna do Rio Iguaçu. In: Agostinho AA, Gomes LC. (Eds.). *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Eduem: Maringá

Gealh AM, Hahn NS. 1998. Alimentação de *Oligosarcus longirostris* Menezes & Gèry (Osteichthyes: Acestrorhynchinae) do reservatório de Salto Segredo, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 15: 985-993.

Gerpel/Funiversitária e Tractebel Energia. 2012. Estudos ictiológicos e monitoramento da qualidade da água do reservatório de Salto Osório – rio Iguaçu/PR. Fundação Universidade de Toledo/Gerpel (Relatório Técnico).

Graça WJ, Pavanelli CS. 2007. *Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes*. Eduem: Maringá

Greening H, Doyon S. 1990. Environmental and ecological effects of drawdown and enhanced fluctuation for Lake Apopka, Florida. St. Johns River Management District. SJ 90-Sp9.

Gubiani EA, Angelini R, Vieira LCG, Gomes LC, Agostinho AA. 2011. Trophic models in Neotropical reservoirs: Testing hypotheses on the relationship between aging and maturity. *Ecological Modelling* 222: 3838-3848.

Heman ML, Campbell RS, Redmond LC. 1969. Manipulation of Fish Populations through Reservoir Drawdown. *Transactions of the American Fisheries Society* 98: 293-304.

Júlio Jr HF, Bonecker CC, Agostinho AA. 1997. Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do rio Iguaçu. In: Agostinho AA, Gomes LC (Eds.) *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Eduem: Maringá

- Kahl U, Hülsmann S, Radke RJ, Benndorf J. 2008. The impact of water level fluctuations on the year class strength of roach: Implications for fish stock management. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* 38: 258-268.
- Krogman RM, Miranda LE. 2015. Functional Age as an Indicator of Reservoir Senescence. *Fisheries* 40:170-176.
- Li D, Sharp JO, Saikaly PE, Ali S, Alidina M, Alarawi MS. 2012. Dissolved organic carbon influences microbial community composition and diversity in managed aquifer recharge systems. *Applied and Environmental Microbiology* 78: 6819-6828.
- Loureiro-Crippa VE, Hahn NS. 2006. Use of food resources by the fish fauna of a small reservoir (rio Jordão, Brazil) before and shortly after its filling. *Neotropical Ichthyology* 4:357-362.
- Luz-Agostinho KDG, Agostinho AA, Gomes LC, Júlio-Jr HF, Fugi R. 2009. Effects of flooding regime on the feeding activity and body condition of piscivorous fish in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology* 69: 481-490.
- Maack R. 1981. *Geografia física do Estado do Paraná*. Secretaria da cultura e do esporte do Estado do Paraná. 2ª Edição: Rio de Janeiro
- McArdle BH, Anderson MJ. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82: 290-297.
- Meals KO, Miranda LE. 1991. Variability in abundance of age-0 centrarchids among littoral habitats of flood control reservoirs in Mississippi. *North American Journal of Fisheries Management* 11: 298-304.
- Miranda LE, Debkowski DJ. 2015. Evidence for serial discontinuity in the fish community of a heavily impounded river. *River Research and Applications*. DOI: 10.1002/rra.2936.
- Mise FT, Fugi R, Pagotto JPA, Goulart E. 2013. The coexistence of endemic species of *Astyanax* (Teleostei: Characidae) is propitiated by ecomorphological and trophic variations. *Biota Neotropica* 13: 21-28.
- Nagid EJ, Tuten T, Johnson KG. 2015. Effects of Reservoir Drawdowns and the Expansion of *Hydrilla* Coverage on Year-Class Strength of Largemouth Bass. *North American Journal of Fisheries Management* 35: 54-61.
- Nogueira MG, Perbiche-Neves G, Naliato D. 2012. Limnology of two contrasting hydroelectric reservoirs (Storage and Run-of-River) in Southeast Brazil. *Hydropower, Practice and Application* 1: 167-184.
- Northcote TG, Atagi DY. 1997. Pacific salmon abundance trends in the Fraser River watershed compared with other British Columbia Systems. In: Stouder DJ, Bisson PA, Naimons RJ (Eds.) *Pacific salmon and their ecosystems: status and future options*. Chapman and Hall, New York, NY
- Okada EK, Agostinho AA, Gomes LC. 2005. Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries: A case study of the Itaipu Reservoir, Brazil. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 714-724.
- Ozen O, Noble RL. 2005. Relationship between largemouth bass recruitment and water level dynamics in a Puerto Rico reservoir. *Lake and Reservoir Management* 21: 889-95.

- Paller MH. 1997. Recovery of a Reservoir Fish Community from drawdown related impacts. *North American Journal of Fisheries Management* 17: 726-733.
- Poff NL, Allan JD, Bain MB, Karr JR, Prestegard KL, Richter BD, Sparks RE, Stroberg JC. 1997. The Natural Flow Regime: A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience* 47: 769-784.
- Regenery J, Barringer J, Wing AD, Hoppe-Jones C, Teerlink J, Drewes JE. 2015. Start-up performance of a full-scale riverbank filtration site regarding removal of DOC, nutrients and trace organic chemicals. *Chemosphere* 127: 136-142.
- Reis RE, Kullander SO, Ferrari Jr CJ. 2003. *Check list of the freshwater fishes of South and Central América*. Edipucrs: Porto Alegre
- Rice SP, Greenwood MT, Joyce CB. 2001. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along river systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 824-840.
- Rogers KB, Bergersen EP. 1995. Effects of a fall drawdown on movement of adult northern pike and largemouth bass. *North American Journal of Fisheries Management* 15: 596-600.
- StatSoft Inc. 2011. *STATISTICA* (data analysis software system), version 10. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Thornton KW, Kimmel BL, Payne FE. 1990. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Willey & Sons: New Jersey
- Tonkin Z, Lyon J, Ramsey DSL, Bond NR, Hackett G, Krusic-Golub K, Ingram BA, Balcombe SR. 2014. Reservoir refilling enhances growth and recruitment of na endangered remnant riverine fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71: 1888-1899.
- Tractebel Energia e Ecsa, 2002. *Plano de uso e ocupação das águas e entorno do reservatório da usina hidroelétrica Salto Osório*. Curitiba, PR
- Vazzoler AEAM. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Eduem: Maringá
- Vinebrooke RD, Cottingham KL, Norberg J, Scheffer M, Dodson SI, Maberly SC, Sommer U. 2004. Impacts of multiple stressors on biodiversity and ecosystem functioning: the role of species co-tolerance. *Oikos* 104: 451-457.
- Winfield IJ, Fletcher JM, Cubby PR. 1997. The impact on the whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) of reservoir operations at Haweswater, U. K. *Advances in Limnology*, 50: 185-195.

APÊNDICE A - Abundâncias das espécies mais correlacionadas com o Eixo 3 da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP3), nos dois períodos Antes e Depois do rompimento da comporta do vertedouro, aplicada à assembleia de peixes do reservatório da UHE Salto Osório.

