UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA

CRISTINA APARECIDA BENELLE

Efeitos de sistemas de operação e condições ambientais na abundância de *Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794) em reservatórios neotropicais: um estudo de caso no rio Iguaçu

Toledo
2010

CRISTINA APARECIDA BENELLE

Efeitos de sistemas de operação e condições ambientais na abundância de *Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794) em reservatórios neotropicais: um estudo de caso no rio Iguaçu

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana
Co-orientador: Prof. Dr. Gilmar Baumgartner

Toledo

2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

CRISTINA APARECIDA BENELLE

Efeitos de sistemas de operação e condições ambientais na abundância de *Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794) em reservatórios neotropicais: um estudo de caso no rio Iguaçu

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

_____

Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

_____

Prof. Dra. Ana Cristina Petry
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____

Prof. Dr.Éder André Gubiani
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovada em: 27 de setembro de 2010.
Local de defesa: Anfiteatro do Gerpel, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *campus* de Toledo, às 14h.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Sebastião e Aparecida, que sempre fizeram o possível para que eu continuasse com a vida acadêmica e irmão, Rafael, pelo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTO(S)

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu orientador Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana, que aceitou essa “missão” auxiliando na execução não só deste, mas também de outros trabalhos, pelos momentos de descontração, “desorientação”, e acima de tudo pela PACIÊNCIA.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Gilmar Baumgartner pelo apoio, sugestões e críticas nos trabalhos realizados.

Ao Parque Tecnológico Itaipu, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores do Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL), em especial aos Drs. Dirceu e Éder que me “salvaram” algumas vezes com o fornecimento de bibliografias.

Ao corpo técnico do GERPEL, especialmente ao Vitor e Adriana pelo auxílio com os dados utilizados neste estudo.

Aos amigos e colegas, que de forma direta ou indireta contribuíram com este trabalho, principalmente àqueles que ajudaram a amenizar o stress, com um cafezinho, um chimarrão ou aquela cervejinha.

Efeitos de sistemas de operação e condições ambientais na abundância de *Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794) em reservatórios neotropicais: um estudo de caso no rio Iguaçu

RESUMO

Esse trabalho teve por objetivo investigar mecanismos reguladores da abundância populacional *Hoplias* aff. *malabaricus* em reservatórios neotropicais, bem como os efeitos dos diferentes tipos de sistemas de operação. Para iss os peixes e variáveis limnológicas foram coletados bimestralmente entre julho de 2003 à janeiro de 2010 de peixes e variáveis limnológicas, amostrados em sete locais, sendo quatro no reservatório de Salto Santiago e três no reservatório de Salto Osório. As amostragens de peixes ocorreram com redes de espera simples de malhas 2,4 a 16 cm e tresmalhos de 6 a 8 cm de entre nós não adjacentes, expostas por 24 h. Variáveis abióticas como: temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH e transparência da água foram medidos "*in situ*" com equipamentos portáteis e, para as demais análises, a água foi coletada com auxílio de garrafa de Van Dorn, utilizada em análises posteriores efetuadas em laboratório. Com a finalidade de avaliar o efeito entre os fatores bióticos (CPUE transformados em log(x+1)), abióticos, sistemas de operação e amostragens na área marginal, os dados foram submetidos ao procedimento de regressão múltipla (*backward stepwise*) com variáveis indicadoras, sendo usada a matriz de correlação entre as variáveis preditoras a fim de verificar possíveis fontes de multicolinearidade. Através das análises realizadas foi verificado que a espécie apresentou diferentes padrões de abundância nos reservatórios, assim como suas presas, o que possivelmente foi reflexo dos sistemas de operação, mostrando também um incremento na abundância da espécie na região marginal.

Palavras-chave: rio Iguaçu, *Hoplias* aff. *malabaricus*, operação do reservatório regressão múltipla.

Effects of systems operation and environmental conditions in the abundance of *Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794) in neotropical reservoirs: a case study in the Iguaçu river

ABSTRACT

This study aimed to investigate regulatory mechanisms of an abundance of piscivorous fish in Neotropical reservoirs, and the effects of different types of operating systems. For the study were collected bimonthly from July 2003 to January 2010 fish and limnological variables, sampled at seven locations, four in Salto Santiago reservoir and three in the Salto Osório reservoir. The sampling of fish were taken with gillnets with different mesh size (between 2.4 and 16.0 cm) and trammel net (between 6.0 and 8.0 cm) opposite knots, exposed for 24 h. Abiotic variables such as water temperature, dissolved oxygen, conductivity, pH and water transparency were measured "in situ" with portable equipment, for the other analysis was collected with the aid of water bottle of Van Dorn, used in subsequent analysis performed in the laboratory. In order to evaluate the effect between the biotic (CPUE transformed into log (x +1)), abiotic, operating systems and sampling in the marginal areas, data were submitted to multiple regression (backward stepwise) with variables indicator, and used the correlation matrix between the predictor variables in order to check possible sources of multicollinearity. Chemical analysis performed was found that the species showed different patterns of abundance in the reservoirs, as well as their prey, which was possibly a reflection of operating systems, also showing an increase in the abundance of species in the marginal area.

Keywords: Iguaçu River, *Hoplias* aff. *malabaricus*, reservoir operation, multiple regression.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Population Ecology*. Disponível em http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10144

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9

2 MATERIAL E MÉTODOS 10
2.1 Área de pesquisa 10
2.1.1 Salto Osório 10
2.1.2 Salto Santiago 11
2.2 Amostragens 11
2.2.1 Assembleia de peixes 11
2.2.2 Variáveis ambientais 13
2.3 Análise dos dados 13

3 RESULTADOS 14

4 DISCUSSÃO 17

5 REFERÊNCIAS 20

1 INTRODUÇÃO

Predadores de topo de cadeia alimentar exercem impactos diretos e indiretos na biota de ecossistemas aquáticos (Nowlin et al. 2006). Nesses ambientes, espécies piscívoras podem atuar como amenizadoras da competição entre as espécies forrageiras, impedindo que ocorra dominância através do consumo daquelas que tendem a se sobressaírem sobre as demais, contribuindo, assim, para o aumento da diversidade biológica, um conceito conhecido como o de espécie-chave (Paine 1969). Piscívoros também podem atuar no controle da qualidade de água, uma vez que predam espécies zooplanctívoras, diminuindo a pressão sobre o zooplâncton, o qual, por sua vez, consome o fitoplâncton, contribuindo para elevação da transparência da água (efeito *top-down* ou de cascata trófica; Carpenter e Kitchell 1993). Dessa forma, tais espécies geralmente são alvo de manipulação para mitigação de impactos antropogênicos e o conhecimento das peculiaridades locais que afetam as abundâncias são primordiais para o sucesso de qualquer ação mitigadora (Miranda 2001).

A traíra, *Hoplias* aff. *malabaricus* é uma espécie que possui ampla capacidade de adaptação nas bacias da América do Sul (Oyakawa 2003), tornando-se então uma das principais espécies utilizadas nestes locais para estudos de manipulação com finalidade de explicar principalmente mecanismos reguladores de populações (Mazzeo et al. 2010; Petry et al. 2010; Piana et al. 2006) bem como relações entre variáveis abióticas e consumo de presas (Petry et al. 2007).

A construção de barragens para usinas e pequenas centrais hidrelétricas é uma das atividades humanas que geram marcantes impactos no ambiente aquático. Os reservatórios que se formam representam ambientes híbridos entre rios e lagos, com características físicas e químicas diferenciadas daquelas dos rios que os originaram (Tundisi 1988), o que acaba por reestruturar as comunidades presentes em função das novas peculiaridades (Agostinho et al 2007). Geralmente espécies que realizam longas migrações reprodutivas são prejudicadas em favorecimento daquelas sedentárias (Agostinho et al. 1999). No entanto, devido à ausência de espécies pré-adaptadas as condições lacustres em ambientes neotropicais, os reservatórios formados nessa região tendem a apresentarem menores produtividades pesqueiras que os de outros locais do mundo (Gomes e Miranda 2001).

O rio Iguaçu, situado no Estado do Paraná, formado pela congruência dos rios Iraí e Atuba, junto à divisa com os municípios de Pinhais e São José dos Pinhais (Eletrosul 1978) é um dos rios neotropicais que foi altamente modificado devido aos grandes represamentos construídos nos últimos anos. As antigas corredeiras e saltos presentes entre União da Vitória

e Salto Caxias, transformaram-se em uma sequência de reservatórios (Agostinho e Gomes 1997). Dentre as usinas hidrelétricas com maior capacidade de geração (acima de 20 MW) destacam-se: Foz do Areia (formado em 1980), Salto Segredo (formado em 1992), Salto Santiago (formado em 1979), Salto Osório (formado em 1975) e Salto Caxias (formado em 1998) (Júlio Jr. et al. 1997), todos com reservatórios de acumulação, exceto Salto Osório e Salto Caxias, que apresentam reservatórios a fio d'água (ONS 2010).

Mudanças na cota altimétrica, embora significativas nos grandes reservatórios, não estão necessariamente associadas ao ciclo hidrológico e, em reservatórios do tipo fio d'água prevalece a influência do controle operacional junto à barragem. Essas características de operação, como atendimento de picos de demanda energética, podem levar à redução abrupta da cota altimétrica em alguns metros, com a consequente exposição de grande parte do leito, diminuindo a quantidade de abrigos e oferta de alimento aos organismos aquáticos (Júlio Jr. et al. 1997).

Baseado no pressuposto que maior abundância de predadores de topo corroboram o aumento da diversidade biológica, que os reservatórios podem ser afetados pelo tipo de operação e, consequentemente, por fatores ambientais, visto que se enquadram em um sistema de cascata, este estudo teve por objetivo verificar se: (1) as variações de cota altimétrica afetam a abundância de *Hoplias.* aff. *malabaricus*, (2) os componentes abióticos apresentam relação com a captura da espécie, (3) há interferência de outros piscívoros, e (4) comparar os resultados entre dois reservatórios e suas regiões marginais e pelágicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de pesquisa

Os reservatórios objetos deste estudo utilizam formas de operação diferenciadas, enquanto Salto Osório apresenta um reservatório fio d'água, Salto Santiago apresenta reservatório de acumulação, sofrendo variações no nível do reservatório (atendimento de picos de demanda e oscilando de acordo com épocas chuvosas e de seca).

2.1.1 Salto Osório

O reservatório de Salto Osório (Fig. 01) é o único entre os demais reservatórios do rio Iguaçu que já se encontra estabilizado (Baumgartner et al. 2006). Teve seu enchimento iniciado em maio de 1975 e começou a operar em setembro do mesmo ano, possui uma área

inunda de 55 km². O tempo de residência é de 16 dias e possui profundidade média de 25,5 m e máxima de 40 m (Tractebel Energia e ECSA 2002a).

2.1.2 Salto Santiago

O reservatório de Salto Santiago (Fig. 02) foi concluído em dezembro de 1980, é considerado um reservatório de acumulação com área inundada de 208 km². O tempo de residência é de aproximadamente 50,8 dias e possui profundidade média de 35 m e máxima de 70 m (Tractebel Energia e ECSA 2002b).

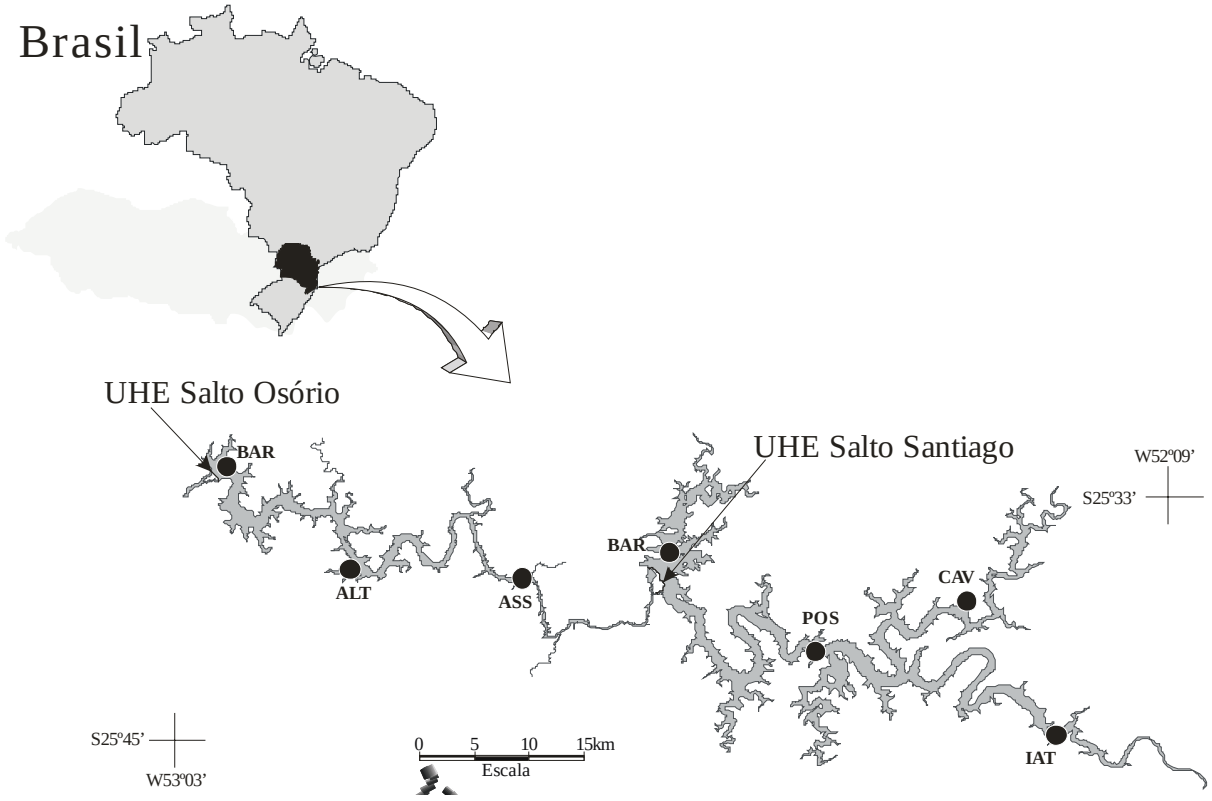

Fig 01 Localização das locais de amostragens: BAR (Barragem); ALT (Altair); ASS (Assentamento); POS (Porto Santana); CAV (Cavernoso) e IAT (Iate).

2.2 Amostragens

As coletas de peixes e variáveis limnológicas foram realizadas bimestralmente entre julho de 2003 e janeiro de 2010, em sete locais de amostragem (Figura 01), sendo quatro locais no reservatório de Salto Santiago (Barragem, Porto Santana, Cavernoso e Iate) e três locais no reservatório de Salto Osório (Barragem, Altair e Assentamento).

2.2.1 Assembleia de peixes

Para as amostragens dos peixes, foram utilizadas redes de espera simples com malhas de 2,4 a 16 cm e redes trêmalhos de 6 a 8 cm entre nós não adjacentes com comprimento entre 10 a 20 m cada, alocadas na superfície e no fundo da região pelágica e, após maio de 2006,

foram incluídas redes de margem no reservatório de Salto Santiago e em novembro de 2006 em Salto Osório, que permaneceram expostas por 24 horas com revistas às 8:00, 16:00 e 22:00 horas.

No laboratório os indivíduos foram identificados segundo a classificação proposta por Garavello et al. (1997), Britski et al. (1999) e Reis et al. (2003). Escolheu-se então uma espécie piscívora de topo de cadeia e formaram-se dois grupos de indivíduos i) dos competidores por alimento, demais espécies piscívoras e ii) das presas, espécies que compõem o principal alimento da espécie em questão (Delariva 2002; Hahn et al. 1997). A abundância da piscívora de topo e dos dois grupos foi indexada pela captura por unidade de esforço (CPUE em número de indivíduos capturados em 1000 m^2 de rede expostos por 24 h).

Para o presente estudo, utilizou-se a *H.* aff. *malabaricus* (Bloch 1974), espécie piscívora que apresenta ampla distribuição nas bacias da América do Sul (Oyakawa 2003), exibe diferentes capacidades de adaptação para certos ambientes (Fernandes et al. 1994) e adaptações comportamentais como hábito sedentário, cuidado parental e tolerância à grandes períodos de inanição (Azevedo e Gomes 1943). Vulgarmente conhecida como traíra, é uma espécie piscívora que utiliza o método de emboscada para capturar a presa (Ferreira 2007), alimenta-se de pequenas presas (Hahn et al. 1997; Delariva 2002) até presas que possam atingir seu próprio tamanho (Winemiller 1989). Segundo estudos específicos em Segredo (Benedito-Cecílio e Agostinho 1997), *H.* aff. *malabaricus* atinge um tamanho médio de 26,3 cm e máximo de 50 cm, apresenta desova parcelada com maior intensidade entre novembro e fevereiro (Suzuki e Agostinho 1997).

As presas mais consumidas pela traíra no rio Iguaçu são os lambaris (*Astyanax* spp. e *Bryconamericus* spp.) (Hahn et al. 1997), espécies que apresentam alto potencial de colonização de reservatórios (Agostinho et al., 1999) devido a elevada plasticidade alimentar e intensa atividade reprodutiva, com curtos ciclos de vida (Agostinho et al. 1997).

As espécies que competem pelo mesmo tipo de alimento, ou seja, as demais espécies piscívoras que se alimentam de lambaris são: *Oligosarcus longirostris* (Menezes e Gèry 1985), *Pimelodus britskii* (Garavello e Shibatta 2007), *Pimelodus ortmanni* (Haseman 1911), *Rhamdia branneri* (Haseman 1911) e *Rhamdia voulezi* (Haseman 1911). Estudos sobre estas espécies são encontrados somente em trabalhos específicos do rio Iguaçu, visto que todas são endêmicas, dentre estes trabalhos destacam-se os livros sobre o reservatório de Segredo (Agostinho e Gomes 1997) e Salto Caxias (Agostinho et al. 2002).

2.2.2 Variáveis ambientais

As coletas de água foram realizadas com o auxílio de Garrafa de Van Dorn, com capacidade de 07 (sete) litros na zona fótica (superfície). As variáveis ambientais: temperatura da água (^{o}C), oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade elétrica (µS/cm), pH e transparência da água (m) foram medidos "*in situ*" com equipamentos portáteis. As demais variáveis: turbidez (NTU), amônia (mg/L), nitrito (mg/L), fosfato total dissolvido (mg/L) foram analisadas no Laboratório de Limnologia Aplicada da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, *Campus* de Toledo, e os valores de cota altimétrica, fornecidos pela Tractebel Energia, S.A.

2.3 Análise dos dados

Para avaliar o efeito de fatores bióticos (competição e predação), de variáveis ambientais (descritas no quadro I), dos sistemas de operação e inclusão das amostragens na região das margens dos reservatórios sobre a abundância de *H.* aff. *malabaricus* foi utilizado o procedimento *backward stepwise* de regressão múltipla com variáveis indicadoras, descrita em Quinn e Keough (2002), considerando um nível de significância de 5%, no protocolo *General Regression Models – GRM –* do software Statistica 7.0 ® (Statsoft 2005). Inicialmente uma matriz de correlação entre as variáveis preditoras foi computada para checar possíveis fontes de multicolinearidade. Duas interações também foram consideradas: i) interação entre reservatório e margem, pois os regimes de operação dos reservatórios podem influenciar na distribuição de ocupação entre a área pelágica e a região marginal dos reservatórios; ii) interação entre reservatório e nível, pois as cotas de operação são diferentes, bem como as flutuações de nível entre os reservatórios. Na sequência, procedeu-se com o método de regressão múltipla escolhido, fazendo as checagens dos pressupostos através de inspeções visuais dos gráficos de resíduos *versus* valores preditos, histograma de resíduos, resíduos *versus* variáveis preditoras e resíduos *versus* série temporal, sendo empregada a transformação logarítmica sobre a CPUE (log(x+1)) para atingir os pressupostos da análise. Observações perdidas de variáveis preditoras foram estimadas pela média dos demais valores da mesma coleta (3 observações para temperatura, 5 para Condutividade elétrica, 4 para pH, 4 para Oxigênio dissolvido, 4 para alcalinidade, 7 para turbidez e 3 para Nitrito). À frente são apresentados os gráficos de regressões parciais e os coeficientes betas. Gráficos de regressões parciais representam o efeito de determinada variável preditora sobre a variável resposta

quando as demais variáveis preditoras permanecem constantes, enquanto que os coeficientes betas representam os coeficientes da regressão múltipla aplicada sobre as variáveis após a transformação para média zero e desvio padrão um, sendo que seus valores permitem inferir sobre a importância relativa de cada variável preditora sobre a resposta (Hatcher e Stepanski 1994).

3 RESULTADOS

No período de estudo foi possível verificar que no reservatório de Salto Santiago houve maior abundância de presas e *H.* aff. *malabaricus*, principalmente a partir de julho de 2006, quando foi adicionado ao esforço deste reservatório as redes de margem. É possível verificar o aumento considerável nas capturas por unidade de esforço em ambos os reservatórios após a inclusão da amostragem na região marginal (Figura 02a-c). Em relação à cota altimétrica o reservatório de Salto Osório praticamente não apresentou alterações se comparado com Salto Santiago que aparentou ter um ciclo bi-anual com amplas flutuações entre 2003-2005, diminuição entre 2005 e 2006, aumento entre 2006-2007 e novamente várias oscilações da cota (Figura 02d).

As médias dos valores do componente abiótico revelam reservatórios com águas mais frias, típicas de clima subtropical; com boa quantidade de oxigênio dissolvido, pH próximo à neutralidade; baixa condutividade elétrica, turbidez e alta transparência da água, baixos níveis de alcalinidade, amônia, p-dissolvido e nitrito, sendo que as correlações lineares entre essas variáveis foram fracas, como pode ser observado na Tabela 1.

Os reservatórios de Salto Osório e Salto Santiago apresentaram baixas cargas de nutrientes ao longo do período de pesquisa, os resultados do Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR) e do Índice de Estado Trófico (IET) (dados não apresentados, Funiversitária/Gerpel e Tractebel Energia 2008ab) classificam estes reservatórios como um ambiente de Classe II (CONAMA nº 357 de 2005). O que significa que suas águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aqüicultura e à atividade de pesca (Resolução CONAMA nº 274 de 2000).

Através do procedimento *backward stepwise* de regressão múltipla com variáveis indicadoras, foram identificados efeitos significativos da abundância de presas, dos sistemas de operação dos reservatórios e da inclusão da região de margem sobre a abundância da traíra (Tabela 2; Figura 03). Tais resultados sugerem que a elevação na abundância de presas (lambaris) proporciona incrementos na abundância da traíra. Também sugerem que o reservatório de Salto

Santiago suporta uma população elevada de traíra em relação a Salto Osório e que as regiões marginais são preferidas pela espécie, principalmente no reservatório de Salto Santiago.

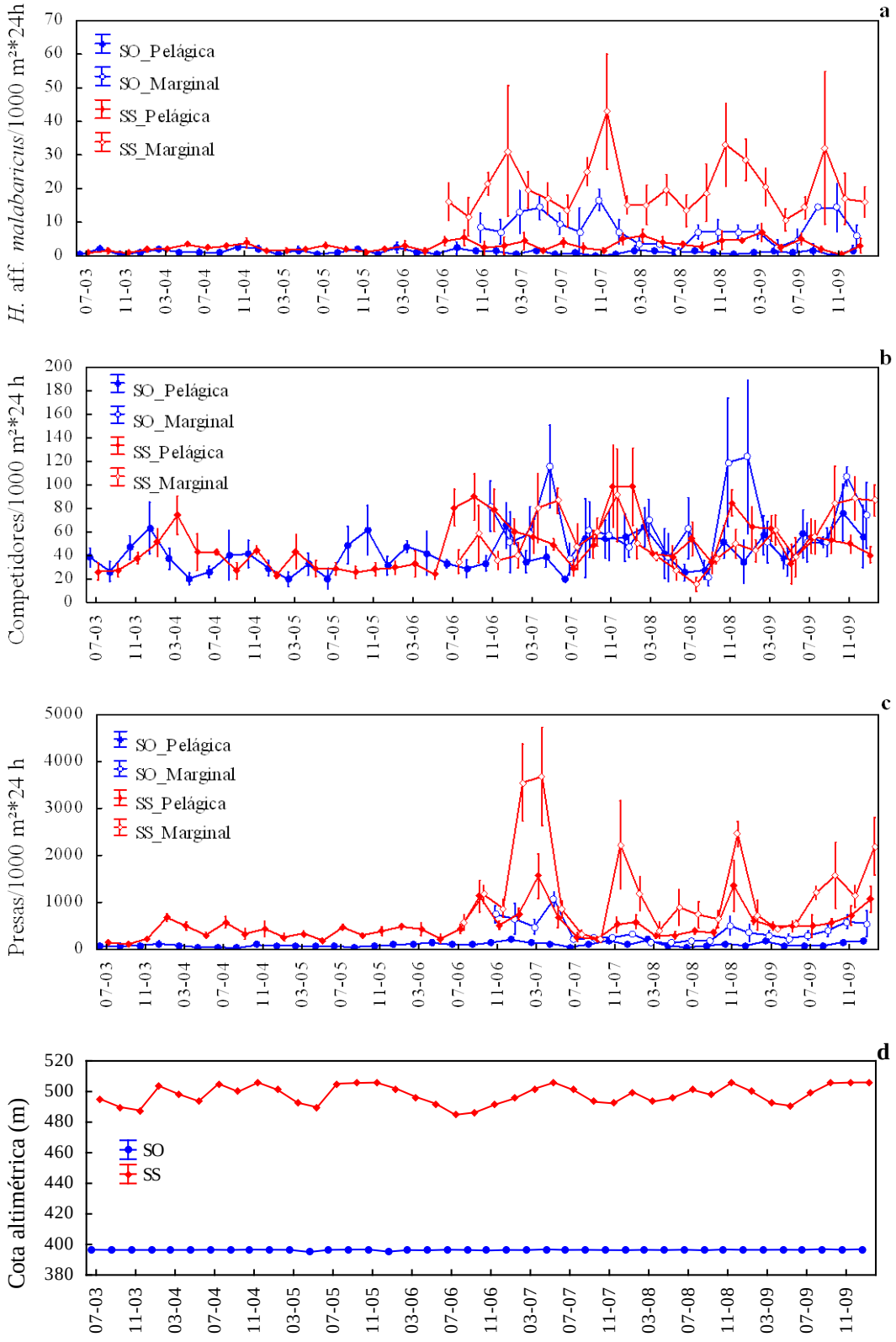

Fig.02 Abundância de *Hoplias* aff. *malabaricus* (a), competidores (b) e presas (c), nas diferentes regiões (pelágica e marginal) dos reservatório de Salto Osório (SO em azul) e Salto Santiago (SS em vermelho) e variação da cota altimétrica (d) de julho de 2003 à janeiro de 2010.

Tabela 1 Médias e desvios padrões (DP) das variáveis abióticas (temperatura da água – TA, oxigênio dissolvido – OD, pH, condutividade elétrica – CE turbidez – Tur, profundidade de Secchi - Sec, alcalinidade – Alc, amônia - Amo, P-Dissolvido – P-Di e nitrito – Nit). Matriz triangular superior: correlação de Spearman; matriz triangular inferior: correlação de Pearson.

	Média ± DP	CE	pH	TA	OD	Alc	Tur	Sec	Amo	P-Di	Nit
CE	47,2± 15,5		0,09	0,16	-0,01	0,17	-0,17	0,19	-0,10	-0,02	-0,09
pH	7,03 ± 0,7	0,00		0,05	0,29	0,12	-0,13	0,07	0,08	0,04	-0,14
TA	22,6 ± 3,4	0,08	0,06		-0,14	0,15	-0,09	0,12	0,03	-0,03	0,18
OD	7,32 ± 1,37	-0,04	0,24	-0,13		0,03	-0,06	-0,10	0,07	-0,01	-0,04
Alc	141 ± 89	0,02	0,14	0,12	0,04		0,18	-0,11	0,39	0,28	0,15
Tur	5,9 ± 5,31	-0,11	-0,02	-0,08	0,12	0,16		-0,55	0,21	0,08	0,13
Sec	2,53 ± 0,82	0,13	0,08	0,13	-0,10	-0,08	-0,51		-0,09	-0,01	-0,17
Amo	0,09 ± 0,08	-0,11	0,08	0,02	0,06	0,37	0,21	-0,02		0,35	-0,14
P-Di	0,07 ± 0,08	-0,14	-0,02	0,01	-0,02	0,13	0,07	0,03	0,15		0,04
Nit	0,0036 ± 0,0049	0,02	-0,11	0,19	0,02	0,16	0,09	-0,14	-0,04	0,00	

Tabela 2 Modelo inicial e final da regressão múltipla obtido do procedimento *backward stepwise* para abundância de *H.* aff. *malabaricus* avaliando fontes de variação bióticas, espaciais e abióticas. SS = Soma dos quadrados; β = coeficiente beta.

	Modelo inicial			**Modelo final**		
Fonte de variação	**SS**	**β**	**p**	**SS**	**β**	**p**
Reservatório (RES)	0,061	9,443	0,732	7,0113	-0,160	<0,001
Região	99,022	-0,538	<0,001	108,3143	-0,536	<0,001
RES*Região	9,518	0,136	<0,001	8,3645	0,136	<0,001
RES*Nível	0,066	-11,249	0,722			
Nível	0,092	-1,651	0,675			
Competidores	0,3327	0,036	0,427			
Presas	10,274	0,262	<0,001	17,6059	0,275	<0,001
Condutividade elétrica	1,026	-0,051	0,162			
pH	0,0365	-0,009	0,792			
Temperatura da água	0,0002	0,009	0,986			
Oxigênio dissolvido	0,007	0,003	0,907			
Alcalinidade	0,780	-0,039	0,223			
Turbidez	0,344	-0,023	0,418			
Secchi	0,097	-0,006	0,667			
Amônia	2,665	-0,084	0,025	3,8971	-0,092	<0,001
P-Dissol	0,021	-0,007	0,841			
Nitrito	0,468	0,036	0,345			
Resíduo	213,145			229,393		

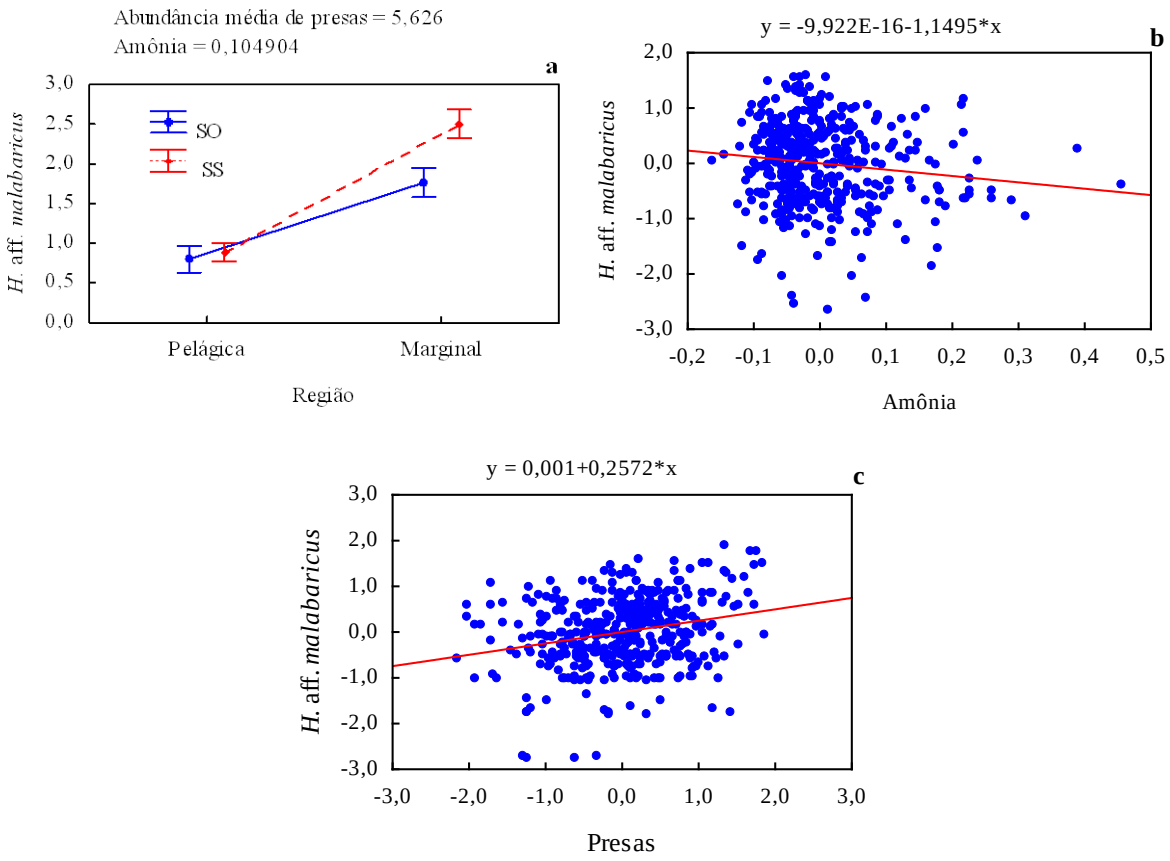

Fig 3 Gráficos das regressões parciais. A) Elevação na abundância de *H.* aff. *malabaricus* em relação as regiões dos reservatórios (Pelágica e Marginal) (Salto Osório – SO, em azul e Salto Santiago – SS, em vermelho). Pontos são valores médios e barras são os intervalos de 95% de confiança. B) Redução na abundância de *H.* aff. *malabaricus* devido à concentração de amônia. C) Elevação na abundância de *H.* aff. *malabaricus* esperada pelo aumento na abundância de espécies presas.

4 DISCUSSÃO

As estratégias operacionais dos reservatórios interferem nos processos limnológicos, nas condições físicas e químicas das massas de água, bem como nas características das comunidades biológicas (Armengol et al. 1999). Devido aos sistemas de operação, os tempos de residência da água nos reservatórios são diferentes, interferindo no estabelecimento de zonas longitudinais (lacustre, transição e fluvial). Segundo Henry et al. (1998), reservatórios com curto tempo de residência, como o de Salto Osório, apresentam características ecológicas próximas aos ecossistemas lóticos, enquanto reservatórios com longo tempo de residência, como o de Salto Santiago, apresentam características similares a ambientes lênticos. Hipoteticamente, um reservatório que apresenta tempo intermediário de residência, tende a exibir grande heterogeneidade espacial (Lind 1984). Estudos recentes realizados por Baumgartner (2010) revelam que tanto em Salto Osório, quanto em Salto Santiago, não

ocorrem formação de zonas longitudinais. A ausência destes gradientes em Salto Osório seria decorrente da reduzida dimensão de seu reservatório e possíveis influências do reservatório acima, já para Salto Santiago a não formação de gradientes ao longo do reservatório seria em função da elevada variação de nível hidrológico ocasionados pelo sistema de operação.

A produtividade em rios geralmente é maior do que em lagos, fato relacionado principalmente com alta densidade e biomassa das espécies, visto que os rios suportam mais espécies por unidade de área, devido à diversidade de habitats (Eadie et al. 1986). Entretanto, é válido ressaltar que reservatórios apresentam maior produtividade que lagos, em virtude da influência do fluxo do rio e altas taxas de renovação de água (Randall et al. 1995), características semelhante ao reservatório de Salto Santiago. Em relação à produtividade também foi verificada no estudo de Baumgartner (2010), no qual o reservatório de Salto Osório apresentou menor biomassa de peixes que Salto Santiago.

Espécies como a traíra, adaptadas a ambientes lênticos, podem obter grande sucesso na colonização de reservatórios com alta relação margem/zona pelágica (Agostinho et al. 1995; Freire e Agostinho 2000), conforme as maiores abundâncias observadas no reservatório de Salto Santiago e nas margens de ambos os reservatórios. A maior ocorrência em áreas marginais também foi registrada por Agostinho et al. (2002), os quais atribuíram à este fato o modo de vida sedentário da espécie, a forma de captura de presas que ocorre por emboscada e espreita e, a formação de ninhos em locais rasos para reprodução. Gomes e Miranda (2001) relatam que os reservatórios neotropicais são os que apresentam as menores produtividades pesqueiras em relação aos reservatórios Europeus, Asiáticos, Africanos e Norte Americanos, isto devido a falta de espécies pré-adaptadas às condições lacustres, fazendo com que as regiões pelágicas destes sejam pouco habitadas. Assim, embora a traíra seja adaptada às condições lacustres, prefere as regiões marginais possivelmente devido as maiores concentrações de espécies presas características das margens.

Além de preferirem os ambientes de margem, as traíras foram positivamente relacionadas com as abundâncias dos lambaris, resultado este que corrobora àquele obtido por Pelicice et al. (2005), no qual reservatórios com maior biomassa de espécies presas são capazes de manter maiores biomassas de espécies piscívoras, o que pode ser verificado para o reservatório de Salto Santiago em relação à Salto Osório, contudo é válido ressaltar que segundo Baumgartner et al. (2006b), a elevação de nível faz com que ocorra um aumento na quantidade de indivíduos capturados, em função principalmente da ampliação da área de alimentação. Entretanto, a traíra relacionou-se negativamente com a concentração de amônia, é adequado lembrar que os níveis de amônia encontrados nos reservatórios estão dentro dos

padrões do CONAMA, contudo a elevação desta variável parece reduzir a abundância de traíra. Não há estudos que possam inferir com exatidão o porquê dessa relação negativa.

A distribuição espacial entre presa-predador na qual verifica-se elevada presença de piscívoros em decorrência de um maior número de presas corrobora resultados encontrados por Piana (2008), o que por sua vez, apoia a teoria de forrageamento ótimo (MacArthur e Pianka 1966). Esse tipo de relação positiva entre piscívoros e espécies forrageiras já foram verificadas por vários autores em diversos ambientes, tanto para reservatórios (Silva 2006; Pelicice et al. 2005), quanto para planícies de inundação (Okada et al. 2003; Piana et al. 2006ab) e lagos (Jackson et al. 2001). Há ainda estudos que atribuem à esse tipo de relação, influência com temperatura da água (Petry et al. 2007) e também por fatores relacionados à capacidade de detecção de presas pelos predadores (Rodriguez e Lewis 1997; Pekcan-Hekim 2007), que pode, por sua vez, ser influenciado pela baixa turbidez, principalmente em períodos nos quais o reservatório encontra-se cheio, visto que com o rebaixamento do mesmo, há exposição da margem e por conseqüência aumento da turbidez (Baumgartner 2010).

A movimentação das águas em conseqüência do escoamento é um dos fatores que corroboram a hipótese de maior produtividade em rios, visto que com o transporte de material orgânico há um fornecimento contínuo de alimento (Ryder e Pesendorfer 1989). O escoamento da água também provoca maior movimentação de espécies forrageiras, aumentando assim a taxa de encontro com os predadores (Baumgartner 2010) o que é potencializado paea a traíra, devido a sua estratégia emboscadora, no qual o mecanismo *top-down* (Townsend et al. 2006) aparece como regulador populacional. Em reservatórios de acumulação, como Salto Santiago, Baumgartner (2010) verificou maior abundância de espécies forrageiras, sendo que o mecanismo de regulação aparenta ser do tipo descrito como *bottom-up* por Townsend et al. (2006). Esse fato pode ser atribuído principalmente através da alternância na abundância entre presa-predador, e entrada de material alóctone, aumentando a turbidez da água, dificultando a visibilidade dos predadores e afetando o sucesso na captura das presas.

O conhecimento sobre os efeitos dos sistemas de operação dos reservatórios ainda é pouco estudado, tornando difíceis as inferências sobre estruturação dos ecossistemas. Através deste estudo pode-se concluir que a traíra teve preferência por ambientes de margem, com maior abundância associada às concentrações de espécies presas e melhor sucesso populacional no reservatório de acumulação em relação ao de fio d'água, apresentar relação negativa com a concentração de amônia. Contudo novos estudos que comparem os efeitos dos sistemas de operação dos reservatórios sobre as assembleias de peixes são necessários, tanto do ponto de vista científico, quanto para auxiliar em ações preservacionistas.

REFERÊNCIAS

Agostinho AA, Bini LM, Gomes LC (1997) Ecologia de comunidades de peixes da área de influência do reservatório de Segredo. In: Agostinho AA, Gomes LC. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. EDUEM, Maringá, pp. 97-112.

Agostinho AA, Gomes LC (1997) Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. EDUEM, Maringá.

Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM (2007) Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. EDUEM, Maringá.

Agostinho AA, Miranda LE, Bini LM, Gomes LC, Thomaz SM, Suzuki HI (1999) Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: Theoretical reservoir ecology and its application. International Institute of Ecology - IIE, The Netherlands: Backhuys Publishers, pp. 227-265.

Agostinho AA, Pavanelli CS, Suzuki IH, Latini JD, Gomes LC, Hahn NS, Fugi R, Domingues WM (2002) Reservatório de Salto Caxias: bases ecológicas para o manejo. Maringá.

Agostinho AA, Vazzoler AEAM, Thomaz SM (1995) The high Paraná River Basin: limnological and ichthyological aspects. In: Tundisi JG Limnology in Brazil. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences, pp. 59-104.

Armengol J, Garcia JG, Comerma M, Romero M, Dolz J, Roura M, Han BH, Vidal A, Simek K (1999) Longitudinal processes in canyon type reservoir: the case of Sau (ne. Spain), p. 313-345. In: Tundisi JG e Straškraba M (eds). Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, pp. 313-346.

Azevedo P, Gomes AL (1943) Contribuição ao estudo da traíra *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794). Bol Ind Anim 5:15-64.

Baumgartner D (2010) Zonação, variabilidade e inter-relação da fauna de peixes de dois reservatórios do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá.

Baumgartner G, Baumgartner D, Silva PRL da, Frana VA, Oliveira LC, Michelon MR (2006a) Fish, Salto Osório Reservoir, Iguaçu River basin, Paraná State, Brazil. Checklist: Journal of Species Lists and Distribution 2(1): 1-4.

Baumgartner D, Baumgartner G, Pavanelli CS, Silva PRL da, Frana VA, Oliveira LC, Silva CAT da (2006b) Influência da Oscilação do nivel do Reservatório de Salto Santiago sobre a Comunidade de Peixes - Rio Iguaçu - Paraná - Brasil. In: Ecologia de Reservatórios "Limnologia de Reservatórios profundos", Itá - Santa Catarina, pp. 58.

Benedito-Cecílio E, Agostinho AA (1997) Estrutura das populações de peixes do reservatório de Segredo. In: Agostinho AA, Gomes LC. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. EDUEM, Maringá, pp.113-140.

Bristki HA, Silimon K de S, Lopes BS (1999) Peixes do Pantanal: manual de identificação. Brasília: Embrapa-SPI; Corumbá.

Carmouze JP (1994) O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Editora Edgard Blücher / FAPESP, São Paulo.

Carpenter SR, Kitchell JF (1993) The trophic cascade in lakes. Cambridge University Press, Cambridge.

Conama (2000) Resolução CONAMA n.º 274 de 2000. Publicada no diário Oficial da União em 29 de novembro de 2000.

Conama (2005) Resolução CONAMA n.º 357 de 2005. Publicada no diário Oficial da União em 17 de março de 2005.

Delariva RL (2002) Ecologia trófica da ictiofauna do rio Iguaçu-PR sob efeito do represamento de Salto Caxias. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá.

Eadie JM, Hurly TA, Montgomerie RD, Teather KL (1986) Lakes and rivers as islands: species-area relationships in the fish faunas of Ontario. Environ Biol Fishes 15: 81-89.

Eletrosul (1978) O impacto ambiental da ação do homem sobre a natureza – rio Iguaçu, Paraná, Brasil, reconhecimento da ictiofauna, modificações ambientais e usos múltiplos dos reservatórios. Florianópolis, pp. 33.

Fernandes MN, Rantin FT, Kalinin AL, Moron SE (1994) Comparative study of gill dimensions of three erythrinid species in relation to their respiratory function. Can J Zool 72:160–165.

Ferreira KM (2007) Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio Mogi-Guaçu basin, Southeastern Brazil. Neotrop Ichthyol 5: 311–326.

Freire AG, Agostinho AA (2000) Ecomorfologia de oito espécies dominantes da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná/ Brasil). Acta Limnologica Brasiliensia 13:1-9.

Funiversitária/Gerpel/Tractebel energia (2008a) Estudos ictiológicos e monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios de Salto Santiago e Salto Osório, rio Iguaçu, Paraná. “Salto Osório”. Relatório técnico.

Funiversitária/Gerpel/Tractebel energia (2008b) Estudos ictiológicos e monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios de Salto Santiago e Salto Osório, rio Iguaçu, Paraná. “Salto Santiago”. Relatório técnico.

Garavelho 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. Maringá: EDUEM, pp. 61-84.

Gomes LC, Miranda LE (2001) Riverine characteristics dictate composition of fish assemblages and limit fisheries in reservoirs of the Upper Paraná River basin. Regul Rivers Res Manag 17: 67-76.

Hahn NS, Fugi R, Almeida VLL, Russo MR, Loureiro VE (1997) Dieta e atividade alimentar de peixes do reservatório de Segredo. In: Agostinho AA, Gomes LC. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. EDUEM, Maringá, pp. 141-162.

Hatcher L, Stepanski EJ (1994) A Step-by-step Approach to Using the SAS_ System for Univariate and Multivariate Statistics. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Henry R, Nunes MA, Mitsuka PM, Lima N, Casanova SMC (1998) Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (rio Paranapanema, SP). Ver Bras Biol 58(4): 571-590.

Jackson DA, Peres-Neto PR, Olden JD (2001). What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. Can J Fish Aquat Sci 58:157-170.

Júlio Jr HF, Bonecker CC, Agostinho AA (1997) Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do rio Iguaçu. In: Agostinho AA, Gomes LC. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. EDUEM, Maringá, pp. 01-17.

Koroleff F (1976) Determination of nutrients. In: Grasshoff K, Almgreen T (ed.) Methods of seawater analysis. Verlag Chemie, Weinhein, pp. 117-181.

Lind OT (1984) Patterns of phytoplankton populations and their relationship to trophic state in an elongate reservoir. Verh Internat Verein Limnol 22:1465–1469.

Maack R (1981) Geografia física do Estado do Paraná. 2ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná.

MacArthur RH, Pianka ER (1966) On the optimal use of a patchy environment. Am Nat100: 603-609.

Mackereth FJH, Heron J, Talling JF (1978) Water analysis: some methods for limnologists. Freshw Biol Assoc Sci Publ 36.

Miranda LE (2001) A review of guidance and criteria for managing reservoirs and associated riverine environments to benefit fish and fisheries. In: Marmulla G (ed) Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fish Tech Pap 419:91-138.

Nowlin WH, Drenner RW, Guckenberger KR, Laudes MA, Alonso GT, Joseph EF, Smith JL (2006) Gape limitation, prey size refuges and top-down impacts of piscivorous largemouth bass in shallow pond ecosystem. Hydrobiologia 563:357-369.

Okada KE, Agostinho AA, Petrere Jr. M, Penczak T (2003) Factors affecting fish diversity and abundance in drying pools and lagoons in the upper Paraná River basin, Brazil. Ecohydrol Hydrobiol 3:97-110.

ONS (2010) Operador Nacional do Sistema Elétrico, Home-page institucional do ONS, <http://www.ons.gov.br>, Acesso em 25/jun/2010.

Oyakawa OT (2003) Family Erythrinidae. In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre, pp. 238-240.

Paine, RT (1969) A note on trophic complexity and community stability. Am Nat 103:91-93.

Paraná, Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, ICTF, 1987

Pekcan-Hekim Z (2007) Effects of turbidity on feeding and distribution of fish. Academic dissertation, University of Helsinki, Finland, 39 p.

Pelicice FM, Abujanra F, Fugi R, Latini JD, Gomes LC, Agostinho AA (2005) A piscivoria controlando a produtividade em reservatórios: explorando o mecanismo top down. In: Rodrigues L, Thomaz SK, Agostinho AA, Gomes LC (eds.) Produtividade em reservatórios e bioindicadores. Rima, São Carlos, pp. 293-302.

Petry AC, Agostinho AA, Piana PA, Gomes LC (2007) Effects of temperature on prey consumption and growth in mass of juvenile trahira Hoplias aff. Malabaricus (Bloch, 794). J Fish Biol 70: 1855–1864.

Piana PA (2008) Regulação populacional na ictiofauna da planície de inundação do alto rio Paraná: aplicação da abordagem da ecologia preditiva em longas séries temporais de seções transversais. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá.

Piana PA, Gomes LC, Agostinho AA (2006a) Comparison of predator-prey interaction models for fish assemblages from the neotropical region. Ecol Model 192:259-270.

Piana PA, Gomes LC, Cortez EM (2006b) Factors influencing Serrapinnus notomelas (Characiformes: Characidae) populations in upper Paraná River floodplain lagons. Neotrop Ichthyol 4:81-86.

Quinn GP, Keough MJ (2002) Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge Univerity Press: Cambridge.

Randall RG, Kelso JRM, Minns CK (1995) Fish production in freshwaters: are rivers more productive than lakes? Can J Fish Aquat Sci 52: 631-643.

Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ. (2003) Check list of the freshwater fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre.

Rodgher S, Espíndola ELG, Rocha O, Fracácio R, Pereira RHG, Rodrigues MHS (2005) Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the Tietê River (São Paulo, Brazil). Braz J Biol 65(4): 697-710.

Rodriguez MA, Lewis WM Jr. (1997) Structure of fish assemblages along environmental gradients in floodplain lakes of the orinoco river. Ecol Monogr 67:109-128.

Ryder RA,Pesendorfer J (1989) Large rivers are more than flowing lakes: a comparative review. In Proceedings of the International Large River Symposium. Edited by D.P. Dodge. Can Spec Publ Fish Aquat Sci 106: 65-85.

Silva GC (2006) Comportamento de forrageamento de Acestrorhynchus pantaneiro Menezes, 1992 no reservatório de Manso/MT. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

Strickland JDH, Parsons TR (1972) A practical handbook of seawater analysis. 2nd edition. Ottawa, Fish. Res. Board Can.

StatSoft (2005) STATISTICA (data analysis software system), version 7.1 www.statsoft.com.

Suzuki H I, Agostinho AA (1997) Reprodução de peixes do reservatório de Segredo. In: Agostinho AA, Gomes LC. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. EDUEM, Maringá, pp.163-182.

Townsend CR, Begon M, Harper JP (2006). Fundamentos em Ecologia. 2ª. edição, Editora Artmed, Porto Alegre.

Tractebel energia, ECSA (2002a) Plano de uso e ocupação das águas e entorno do reservatório da usina hidrelétrica Salto Osório. Curitiba, PR.

Tractebel energia, ECSA (2002b) Plano de uso e ocupação das águas e entorno do reservatório da usina hidrelétrica Salto Santiago. Curitiba, PR.

Tundisi JG (1988) Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In: Tundisi JG. Limnologia e manejo de represas. São Paulo: Universidade de São Paulo, pp.1-75.

Tundisi JG (1999) Reservatórios como sistemas complexos: teorias, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry R (ed) Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais. São Paulo: FAPESP/FUNDIBIO, pp.18-38.

Tundisi JG, Matsumura-Tundisi T, Rocha O (2006) Limnologia de Águas Interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: Rebouças AC; Braga B, Tundisi JG (eds) Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escritura, pp. 203-240.

Wetzel RG (2001) Limnology- 3th edition. Phyladelphia: W.B. Saunders.

Winemiller KO (1989). Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. Oecologia 81: 225–241.