

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Movimentos e distribuição longitudinal de um peixe migrador
(*Salminus brasiliensis*) em reservatório de usina hidrelétrica**

LUCAS CASTELLO COSTA DE FRIES

PORTO ALEGRE, MAIO DE 2013

Movimentos e distribuição longitudinal de um peixe migrador (*Salminus brasiliensis*) em reservatório de usina hidrelétrica

LUCAS CASTELLO COSTA DE FRIES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

ORIENTADOR:

Dra. Sandra Maria Hartz

CO - ORIENTADORES:

Dra. Lisiane Hahn

Dr. Fernando Gertum Becker

Comissão Examinadora

Dr. Paulo dos Santos Pompeu -UFLA

Dra. Clarice B. Fialho -UFRGS

Dr. Renato A. M. Silvano-UFRGS

PORTO ALEGRE, MAIO DE 2013

“A posição de espírito equilibrado, se não afasta os contratemplos, ajuda nos a passar por eles seguros. Sem persistência não se chega a lugar algum”

Valdemir P. Barbosa – Pensando Positivo

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Caroline por estar comigo desde o início da minha formação profissional. Fazendo-me acreditar que nada é impossível, basta acreditar em você mesmo. Obrigado por todo o amor e carinho ao longo desses anos, Te amo!

Aos meus pais, Ana e Angelo por me fornecerem muito amor, carinho, alegria e educação desde os tempos de guri. A minha cunhada Claudia e o meu irmão Henrique o qual tenho como exemplo de pessoa e profissional que és.

Aos meus orientadores da Ufgrs, Sandra Maria Hartz e Fernando Gertum Becker por todo o incentivo e aprendizado acadêmico durante estes seis anos em que estive no Departamento de Ecologia UFRGS. Valeu por tudo, sou muito grato a vocês.

Aos meus orientadores externos a Ufgrs, Lisiane Hahn e Luís Fernando da Câmara meus parceiros durante 4 anos. Agradeço por todo o incentivo e por terem me dado oportunidade de lidar com as minhas inseguranças e, conseqüentemente, me tornar uma pessoa mais madura profissionalmente. Valeu por tudo!

À Neotropical Consultoria & Assessoria Ambiental por todo o apoio financeiro e logístico de campo. Em especial a Angelise Hahn, por toda a sua compreensão com os meus pensamentos, às vezes inexplicável, mas entendível.

À Monel Monjolinho Energética pelo apoio ao projeto, em especial ao Sr. Marcos Krieger pela gentileza no fornecimento de relatórios.

Ao Biólogo Marcos Vinicius Daruy da ABG Engenharia e Meio Ambiente pelo auxílio no entendimento da dinâmica liminológica do reservatório UHE Monjolinho.

À toda a família Hahn de Passo Fundo que me acolheram como se fosse um filho mais novo da família. Em especial a Letícia (minha irmã mais nova, minha princesa e aia de casamento).

Ao primo Rodrigo de Fries e grande amigo Marcelo Ruwer pela ajuda nas atividades de campo.

Ao meus amigos de longa data, Fabrício Araújo, Fábio Rodrigues, Juliano Romanzini, Tiago Silveira, Tiago Stein, Pablo Bulbos e suas respectivas esposas. Obrigado por me acompanharem na realização desse objetivo.

À Imbraima (querida “Teteta”) e Camila que nos deixaram no ano de 2012. Que estejam sempre em paz!

Ao amigo Milton Cazassa por ser uma das peças chave na realização desse objetivo.

Aos amigos de Nonoai, RS (Marcos, Vagner e Saimon) pelo auxílio nas atividades de campo.

Ao amigo Francisco (Chicão) de Nonoai, RS por sempre estar disposto a colaborar com alguma dúvida que eu tinha referente ao reservatório UHE Monjolinho.

Aos colegas do laboratório de Ecologia de Paisagem UFRGS, Ana Luisa, André Alonso, Gilberto da Rosa, Telmo, Lúcio Santos, Carina Vogel, Federico Monte e Júlia. Em especial a Taís Guimarães e Renato Dala Corte que me auxiliaram nas análises de dados e Bruna Meneses que manipulou o ArcGis com muita inteligência e sabedoria e me ajudou nas saídas de campo, muito obrigado pela parceria no trabalho.

Ao pesquisador Dr. Marcelo Dias Burns pelo envio de sua dissertação de mestrado, auxiliando nos meus estudos.

Ao pesquisador Dr. Domingos Garrone Neto por ajudar em uma saída de campo e fornecer sugestões para o projeto.

Ao professor Renato Silvano e Gustavo Hallwass pelas dicas que forneceram para o projeto.

Aos colegas de Mestrado e da disciplina Ecologia de Campo, em especial aos amigos André Luza pela total compreensão do meu estilo musical e Renato Dala Corte por toda a ajuda no software R e incentivo a manipular o programa. Grandes parceiros, valeu!

À Marcelo Saraiva pela pilotagem da Toyota, Seu Paulo, Dona Vilma e Kiko pelas duas estadias em Planalto, RS. Seu Osvaldo e Rodrigo do Ceclimar UFRGS pelas pilotagens do barco.

Aos professores do PPG Ecologia por todo o aprendizado.

À Capes pelo fornecimento da bolsa, auxiliando financeiramente ao longo desses dois anos.

Sumário

Resumo.....	7
Abstract.....	8
Lista de Figuras.....	9
Lista de Tabelas.....	11
Introdução.....	12
Métodos.....	17
Área de estudo.....	17
Captura, Implantação dos Radiotransmissores e Soltura	20
Rastreamento e variáveis ambientais.....	21
Análise de dados.....	23
Resultados.....	25
Peixes marcados.....	25
Deslocamento.....	27
Relação com variáveis ambientais.....	35
Discussão.....	39
Referências bibliográficas.....	49
Apêndices.....	55

Resumo

A construção de Usinas Hidrelétricas (UHE) altera o regime hídrico natural do rio através da transformação de um ambiente lótico para lêntico (reservatório), podendo prejudicar o movimento dos peixes migradores. Portanto, o conhecimento dos movimentos e distribuição destes organismos em reservatórios é importante para o manejo de peixes migradores. Entretanto, não existem estudos que avaliem as diferenças sazonais nos deslocamentos e distribuição de peixes migradores neotropicais em pequenos reservatórios. Este estudo objetivou caracterizar os padrões de deslocamento e distribuição, bem como a relação com as variáveis ambientais e biométricas de *Salminus brasiliensis* usando a biotelemetria. O estudo foi desenvolvido entre janeiro e dezembro de 2012, na barragem Monjolinho (UHE Monjolinho), rio Passo Fundo (tributário do alto rio Uruguai, Brasil). Os indivíduos foram capturados, marcados a jusante e soltos a 900 metros a montante do eixo da barragem. Os dados foram coletados mensalmente através de rastreamentos móveis realizados de barco. Estações fixas (uma a jusante e outra a montante do reservatório) detectavam os sinais dos peixes marcados com os transmissores individualmente codificados. Mais da metade dos peixes (N = 15) conseguiram se deslocar para montante do reservatório. Dois indivíduos realizaram movimento descendente, 10 meses pós-soltura. Um indivíduo apresentou velocidade máxima de 2,4 km/h. Os maiores deslocamentos foram na época da atividade reprodutiva, entretanto os deslocamentos não mostraram um padrão claramente sazonal. A distribuição e área de vida apresentaram um padrão sazonal: no verão e primavera os indivíduos localizavam-se em ambientes distantes da barragem, no outono e inverno os indivíduos localizavam-se em trechos mais próximos da barragem. Os deslocamentos e a área de vida linear apresentaram forte relação com a vazão e precipitação. A distribuição foi influenciada pela temperatura, vazão, precipitação e nível de água. O monitoramento pela biotelemetria para espécies migradoras ameaçadas pela construção de hidrelétricas pode ser considerado em futuros esforços de conservação, como, por exemplo, nas indicações de áreas prioritárias para a fiscalização intensiva da pesca dos peixes migradores de alto valor comercial em reservatórios neotropicais.

Palavras-chave: uso do habitat, migração reprodutiva, dourado, barragens, radiotelemetria.

Abstract

The construction of hydropower plants (UHE) alters the natural flow dynamics of rivers by transforming them from lotic to lentic environments (reservoirs), and by hampering the movement of migratory fishes. Therefore, knowing the movements and distribution of organisms in reservoirs is important for the management of migratory fish species. However, there are no studies evaluating differences in seasonal movements and distribution of neotropical migratory fishes in small reservoirs. This study aimed to characterize the displacement and distribution patterns, and their relations with environmental variables of *Salminus brasiliensis* using biotelemetry. The study was conducted between January and December 2012, at Monjolinho Dam (UHE Monjolinho), in the Passo Fundo river (tributary of the upper Uruguay river). Individual fishes were captured and marked downstream from the Monjolinho dam and released 900 meters upstream of dam axis. Data were monthly collected by mobile tracking from a small boat. Fixed stations (one downstream the dam and other at upstream from the upper reservoir) detected signals from fish marked with individually encoded transmitters. More than half fishes (N = 15) were able to move upstream the reservoir. Two individuals were detected downstream the dam 10 months after released. One individual had maximum speed of 2.4 km /h (64.8 km/day). The largest displacements were in the period of reproductive activity, but movements did not show a clear seasonal pattern. Distribution in the reservoir and linear home range showed a seasonal pattern: in summer and spring individuals were located far from the dam, while in fall and winter they were located close to the dam. The displacement and linear home range showed a strong relationship with inflow and precipitation. The distribution was influenced by temperature, inflow, precipitation and water level. Biotelemetry monitoring of migratory species that are threatened by hydropower plants can be considered in future conservation efforts, for example, to assess priority areas for intensive monitoring of the fishing of migratory species.

Key words: habitat use, reproduction migration, dourado, dams, radiotelemetry.

Lista de Figuras

Fig. 1. Localização geográfica da área de estudo no reservatório da UHE Monjolinho, no rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.

.....17

Fig. 2. Vazão turbinada e vertida ao longo do período de estudo e o registro de dois dourados na base fixa de jusante, localizada a jusante UHE Monjolinho, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil

.....26

Fig.3. Box plot do deslocamento médio realizado pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Análise de variância com permutação ($F_{(11,182)} = 21.29$; $p < 0.0001$). Os números acima dos plots representam o número de indivíduos analisados. As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.....27

Fig.4. Box plot do deslocamento líquido realizado pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Análise de variância com permutação ($F_{(11,182)} = 5.44$; $p < 0.0001$). Os números acima dos plots representam o número de indivíduos analisados. As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.....28

Fig.5. Número de indivíduos de dourado (*Salminus brasiliensis*) que apresentaram deslocamento ascendente, descendente e que não apresentaram deslocamento dentro do reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores significativos ($p < 0.05$)30

Fig.6. Box plot da distância da barragem apresentada pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Análise de variância com permutação ($F_{(11,182)} = 16.22$; $p < 0.0001$). Os números acima dos plots representam o número de indivíduos analisados. As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.....31

Fig.7. Box plot da área de vida linear apresentada pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Análise de variância com permutação ($F_{(11,182)} = 9.48$; $p < 0.0001$). Os números acima dos plots representam o

número de indivíduos analisados. As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.....32

Fig.8. Box plot da densidade média de caminhos apresentada pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. A análise de variância com permutação ($F_{(3,36)} = 22.79$; $p < 0.0001$). As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.....33

Fig.9. Densidade de caminhos apresentada pelos dourados (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Verão = Jan, Fev e Mar; Outono = Abr, Mai e Jun; Inverno = Jul, Ago e Set; Primavera = Out, Nov e Dez.34

Fig. 10. Temperatura média mensal da água e do ar no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil35

Fig. 11. Pluviosidade média mensal e nível de água médio mensal no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.....36

Fig. 12. Vazão média mensal afluyente no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.....36

Lista de Tabelas

Tabela 1. Dados de marcação dos dourados. CT = Comprimento total, CP = Comprimento padrão, PT = Peso total, DMM = Distância máxima percorrida a montante, DMJ= Distância máxima percorrida a jusante, PMM = Posição máxima montante, PMJ = Posição máxima jusante, VM = Velocidade máxima (km/h) encontrada considerando os rastreamentos móveis, R = número de registros.....25

Tabela 2. Seleção de modelos em relação às variáveis respostas (Modelos 1 = Deslocamento médio, Modelos 2 = Deslocamento líquido, Modelos 3 = Área de vida linear, Modelos 4 = Distância da barragem) com as variáveis preditoras ambientais (P = pluviosidade, TA = temperatura da água, NA = nível de água do reservatório e VA = vazão afluente).....38

Tabela 3. Matriz de correlação linear de Pearson entre as variáveis ambientais utilizadas na seleção de modelos com base no critério *Akaike Information Criterion* (AIC).....38

Introdução

O deslocamento do organismo é um processo ecológico fundamental, que afeta o fluxo gênico e a estrutura de uma população com consequências importantes na distribuição, abundância e persistência das espécies (Tilman, 1994; Hohenlocher *et al.*, 2010). Os deslocamentos para muitos organismos são decorrentes de mudanças nas condições abióticas, bióticas, a presença de um inimigo natural ou atividade reprodutiva (Holyoak *et al.*, 2008). A migração reprodutiva realizada por muitas espécies de peixes é um exemplo de movimento ocasionado pela atividade reprodutiva a qual o seu gatilho ocorre por mudanças abióticas (Vazzoler, 1996). Atualmente, este evento vem sendo afetado pela construção das usinas hidrelétricas as quais bloqueiam a rota migratória de peixes migradores que necessitam de ampla área de vida para crescer, reproduzir e sobreviver (Agostinho *et al.*, 2002; Fernandez *et al.*, 2007; Godinho & Kynard, 2009). Portanto, nesse contexto de fragmentação de habitat por barragens, o conhecimento do por quê, onde e como os peixes migradores se movimentam nesses ambientes alterados é de vital importância para o manejo destas espécies (Gibbs *et al.*, 2010; Bowler & Benton, 2005).

Em ambientes naturais, o padrão geral dos movimentos de peixes migradores fluviais neotropicais está intimamente relacionado com a sua reprodução (Barthem & Goulding, 1997). Esses peixes apresentam amplos movimentos ascendentes de longa distância para áreas de desova e posterior retorno (>1.000 km, Godoy, 1975), pós-desova, para trechos inferiores de uma bacia hidrográfica (Petrere, 1985; Agostinho *et al.*, 2003). Em rios sul-americanos tropicais com pulsos de inundação, geralmente, o início deste padrão da migração está relacionado ao aumento da temperatura, pluviosidade e nível do rio (Vazzoler & Menezes, 1992; Vazzoler, 1996; Lowe-McConnell, 1999). Na época em que a temperatura da água e a pluviosidade estão

aumentando, os peixes sobem o rio para desovar em um fenômeno conhecido como piracema. Os peixes adultos que desovaram retornam para partes inferiores da bacia hidrográfica (Resende *et al.*, 2003). Este padrão, entretanto, pode ser dependente das características de cada bacia hidrográfica (Pompeu *et al.*, 2012), pois existem bacias hidrográficas sem planícies de inundação como, por exemplo, o trecho superior da bacia hidrográfica do rio Uruguai no sul do Brasil (Zaniboni-Filho & Schulz, 2003). Nesses rios sul-americanos subtropicais, as informações sobre os movimentos migratórios dos peixes são ainda mais desconhecidas (Zaniboni-Filho & Schulz, 2003), bem como as variáveis ambientais que determinam este movimento (Hermes-Silva *et al.*, 2009). Apesar disso, Reynalte-Tataje *et al.* (2012a,b) indicam que a temperatura e fluxo da água estão relacionados com o padrão de movimento reprodutivo para desova dos peixes em rio principal ou rio tributário da região subtropical da América do Sul.

A construção de barramentos, além de impedir o movimento dos peixes migradores, ameaça a continuidade da rota migratória através da transformação de sistema lótico para lântico, a diminuição do fluxo da água e alterações dos ciclos hidrológicos através das regulações das vazões naturais dos rios (Agostinho *et al.*, 2007a). Como os peixes migradores são estritamente reofílicos e realizam grandes deslocamentos, algumas dúvidas surgiram sobre a capacidade dessas espécies em realizar movimentos dentro de um ambiente com menor fluxo de água como, por exemplo, o reservatório (Pelicice & Agostinho, 2008). As interpretações mais recentes sobre os movimentos e distribuição de peixes migradores em grandes reservatórios da bacia do rio Paraná (>150km de extensão) indicam que as espécies migradoras conseguem realizar movimentos ascendentes e descendentes ao longo do reservatório (Makrakis *et al.*, 2007a), com exceção dos indivíduos que realizam movimento descendente pelo vertedouro ou turbina imediatamente após a soltura (Antonio *et al.*,

2007). Além disso, estudos nesses grandes reservatórios demonstram que os migradores tem a tendência de evitar os trechos lênticos, permanecendo em zonas superiores que são similares às características do rio original (Agostinho *et al.*, 1999; Agostinho *et al.*, 2007b; Makrakis *et al.*, 2007b). Silva (2004) e Alves *et al.*, (2007), através da técnica de radiotelemetria conseguiram descrever os movimentos de algumas espécies migradoras em uma escala mais fina, sem a necessidade de recaptura. O primeiro comparando a área de vida entre machos e fêmeas de duas espécies (*Prochilodus lineatus* e *Pimelodus maculatus*) entre reservatórios da bacia do Alto rio Paraná (aproximadamente entre 40 e 80 km de extensão). E o último conseguindo comprovar que um indivíduo da espécie *Zungaro zungaro* (Jaú) além de movimentos ascendentes também realiza movimentos descendentes, explorando os habitats de um reservatório (< 55 km de extensão) na bacia do alto rio Paraná. Apesar desses trabalhos, estudos com outras espécies migradoras (p. ex. o dourado) em reservatórios neotropicais menores e pertencentes a outras bacias hidrográficas são inexistentes, tornando-se essenciais como o requerimento básico de manejo de migradores em rios regulados por barragens (Makrakis *et al.*, 2012).

Os movimentos dos peixes variam de acordo com os táxons, as fases da história de vida e até mesmo variações intra-específicas como, por exemplo, o tamanho corporal (Lucas & Baras, 2001). Entretanto, variáveis ambientais como temperatura e condições de fluxo também mostram forte influencia nos padrões de deslocamento de peixes em bacias hidrográficas pertencentes a outras partes do mundo (Linfield, 1985). Em reservatórios da América do Norte e Austrália, estudos demonstram que os peixes apresentam variações sazonais nos padrões de distribuição e movimentos dentro de reservatórios (Neely *et al.*, 2011; Thiem, 2013), evidenciando relações com nível da água e vazão afluente (Paukert & Fisher, 2000). Por outro lado, na América do Sul, a

maioria dos trabalhos que buscam descrever os movimentos de espécies migratórias ou relacionar com variáveis ambientais e biométricas são localizados em ambientes não fragmentados por barragens (Burns, 2004; Pessoa & Schulz, 2010; Schulz & Leal, 2012) ou em ambientes fragmentados localizados a jusante de Usinas Hidrelétricas ou em escadas de peixes (Godinho & Kynard, 2006; Godinho *et al.*, 2007; Neto, 2008; Bisotto *et al.*, 2009; Hahn *et al.*, 2011; Loures & Pompeu, 2012). Portanto, nenhum estudo ainda buscou verificar diferenças sazonais nos movimentos e distribuição de peixes migradores dentro de reservatórios, bem como relacioná-los com as variáveis ambientais.

Os peixes migradores representam mais de 15% da fauna de peixes neotropicais (Agostinho *et al.*, 2007b). Este grupo tem importância para a atividade de pesca comercial, pois as espécies são muito abundantes e chegam a tamanhos elevados com uma carne muito apreciada pela população humana (Silvano & Begossi, 2001). Algumas espécies são detritívoras ou predadoras, sendo fundamentais para o equilíbrio da cadeia trófica em ecossistemas aquáticos (Flecker, 1996; Almeida *et al.*, 1997). Entre os peixes migradores, podemos destacar a espécie predadora *Salminus brasiliensis* (dourado) (Britski *et al.* 1999). Esta espécie não se encontra na lista brasileira da fauna ameaçada de extinção (MMA, 2008). Entretanto no estado do Rio Grande do Sul é considerada vulnerável e a construção de Usinas Hidrelétricas é uma das principais ameaças, provocando o declínio de sua população (Reis *et al.*, 2003). O dourado habita as águas interiores da América do Sul, por toda a bacia do Prata, nos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (Lima *et al.*, 2003). Trabalhos pioneiros sobre a migração desta espécie registraram grandes deslocamentos na bacia hidrográfica do rio Paraná (Godoy, 1975; Bonetto *et al.*, 1971; Sverlij & Ros, 1986) e na bacia hidrográfica do rio Uruguai (Delfino & Baigún, 1985). Na bacia hidrográfica do rio Uruguai (Zaniboni Filho &

Schulz, 2003; Machado, 2003) o dourado apresenta a sua época reprodutiva na primavera-verão, entre os meses de outubro a fevereiro. Conforme Vazzoler & Menezes (1992), no alto rio Paraná, o seu tamanho de primeira maturação varia de 320 a 411 mm, entretanto para a bacia hidrográfica do rio Uruguai não existem informações sobre o seu tamanho de primeira maturação (Hahn, 2000).

Nesse estudo buscamos descrever através da técnica de radiotelemetria os movimentos e a distribuição espacial de uma espécie de peixe migradora (*Salminus brasiliensis*) em reservatório de usina hidrelétrica e relacioná-los com algumas variáveis ambientais e biométricas. Buscamos responder as seguintes perguntas: (1) os peixes irão se deslocar dentro do reservatório?; (2) o deslocamento dos indivíduos desta espécie irá diferir ao longo dos meses?; (3) a distribuição espacial dos dourados irá diferir ao longo dos meses? ; (4) as variáveis de deslocamento e distribuição estarão relacionadas com precipitação, temperatura da água, nível de água do reservatório e vazão afluente? A hipótese relacionada a primeira pergunta é de que os indivíduos irão se deslocar dentro de um pequeno reservatório, pois como conseguem se deslocar em grandes reservatórios da América do Sul, presumimos que quanto menor o tamanho do reservatório maior a facilidade para efetuarem os deslocamentos. A segunda hipótese relacionada à segunda pergunta é de que os maiores deslocamentos ocorrerão nos meses da época da atividade reprodutiva do dourado (entre outubro a março), pois a literatura comprova que nessa época do ano os peixes migradores estão mais ativos, realizando os maiores deslocamentos para efetuarem a desova. A terceira hipótese relacionada à terceira pergunta e baseada no pequeno tamanho do reservatório e no conhecimento que se tem na literatura sobre o padrão de comportamento de peixes migradores em rios não barrados, é de que os indivíduos irão apresentar diferença espacial ao longo dos meses, em épocas quentes (outubro a março) estarão mais distantes da barragem e em épocas

frias (abril a setembro) mais próximos da barragem. A quarta hipótese é de que os deslocamentos e distribuição estarão relacionados com variáveis ambientais, principalmente com a temperatura da água, precipitação, vazão afluente e nível de água do reservatório, pois a literatura comprova que os movimentos dos peixes podem ocorrer em resposta a essas variáveis tanto em ambientes naturais quanto alterados.

Métodos

Área de estudo

A região de estudo compreende o reservatório da Usina Hidrelétrica de Monjolinho, abrangendo os rios Passo Fundo e Erechim, porção superior da bacia hidrográfica do rio Uruguai, norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Fig. 1). O enchimento do lago ocorreu em maio de 2009 e iniciou a sua operação em setembro de 2009. O reservatório tem 3.94 km² de área alagada, 24.000 metros de extensão e largura máxima de 400 metros quando próximo ao eixo da barragem, entretanto quando próximo do final da cota de inundação a largura máxima é menor do que 95 metros. Apresenta profundidade em torno de 70 m na coluna de água próxima do barramento, profundidade média de 27,5 m e tempo médio de residência da água de 25 dias (MONEL, 2002). A barragem tem 74 metros de altura, vertedouro do tipo soleira livre e sem sistema de transposição de peixes. A tomada d'água constitui-se de uma estrutura de concreto, tipo gravidade com 23,50m de altura máxima (MONEL, 2002). A casa de força é composta por 2 unidades geradoras do tipo Francis totalizando 74 MW de geração (Ferreira & Leal, 2011). A capacidade máxima de engolimento das turbinas pode chegar a 135m³/s e a vazão média afluente do rio a 281 m³/s.

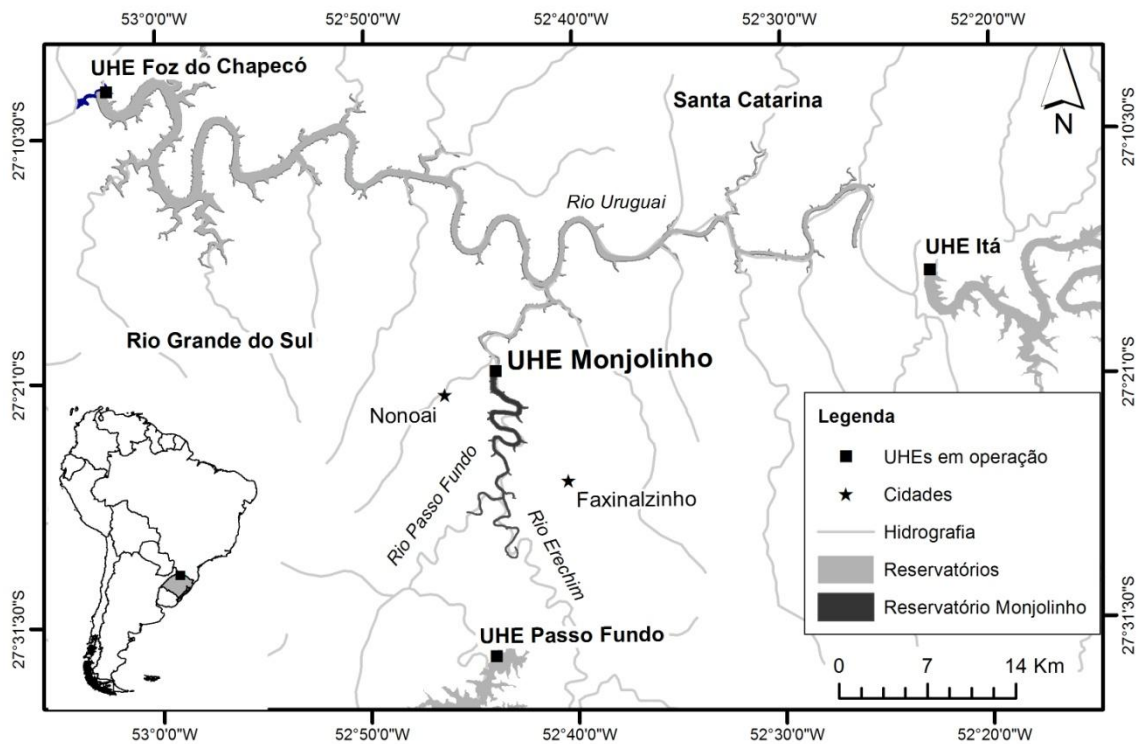


Fig. 1. Localização geográfica da área de estudo no reservatório da UHE Monjolinho, nos rios Passo Fundo e Erechim, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.

O empreendimento situa-se em uma área fragmentada por barragens (Fig.1). No rio Uruguai existem três UHE em funcionamento: UHE Foz do Chapecó, aproximadamente 80 km da UHE Monjolinho (a jusante da foz do rio Passo Fundo), UHE Itá, aproximadamente 70 km (a montante da foz do rio Passo Fundo) e a UHE Machadinho (a montante da UHE Itá), todas sem nenhum sistema de transposição de peixes. O final da cota da área de inundação da UHE Foz do Chapecó chega próximo da UHE Monjolinho ficando a uns 200 metros da casa de força desta usina. A montante da UHE Monjolinho, cerca de 25 km após o termino da cota de inundação da área de estudo no rio Passo Fundo, encontra-se a barragem da UHE Passo Fundo que foi construída em 1973. Esta usina desvia as águas do reservatório por dois tuneis de 7 km de extensão até a casa de força, localizada no rio Erechim (tributário do rio Passo Fundo) ao final da cota de inundação do reservatório da UHE Monjolinho, instalada no rio Erechim, tributário do rio Passo Fundo. No rio Passo Fundo aproximadamente 2 km após termino da cota de inundação da UHE Monjolinho existe um barreira natural (cachoeira) de 30 metros de altura que provavelmente funciona como barreira para a passagem dos peixes migradores. No rio Erechim, aproximadamente 45 km a montante da casa de força da UHE Passo Fundo, existe uma barreira artificial formada para a construção de uma ponte (“Vau Grande”) que em época de seca funciona como uma barreira para a passagem de peixes migradores.

O registro de dourado (*Salminus brasiliensis*), antes do fechamento da UHE Monjolinho, era pouco evidente no rio Passo Fundo, a maioria dos registros desta espécie ocorria no rio Uruguai, ainda livre de barramento no sentido oeste em direção a sua foz. Entretanto, após o início de operação da UHE Foz do Chapecó em setembro de 2010, as populações de peixes migradores no rio Uruguai ficaram isolados entre as barragens da UHE Foz do Chapecó e UHE Itá (início de operação em 2002), sem

nenhuma rota alternativa a jusante para realizar os seus amplos movimentos. Dessa maneira, passaram a ser vistos com mais frequência no rio Passo Fundo e a jusante da UHE Monjolinho.

O clima da região de estudo é considerado temperado sem estação seca definida, temperatura média anual do ar variando entre 18 °C a 20 °C, a pluviosidade média anual varia entre 1750 a 2000mm com o predomínio de chuvas entre agosto, setembro e outubro (IBGE, 1990). Além disso, as características hidrográficas desta porção superior da bacia fazem com que não ocorra a formação de planícies de inundação (Zaniboni-Filho & Schulz, 2003).

Captura, Implantação de Radiotransmissores e Soltura de Peixes

Entre 26 de dezembro de 2011 e 09 de janeiro de 2012, 24 dourados foram coletados a jusante (200m) da barragem UHE Monjolinho (quatro indivíduos que tinham sido marcados em janeiro e fevereiro de 2011 foram considerados como parte da amostra analisada). Para a captura dos dourados a arte de pesca utilizada foi molinete com isca artificial.

Os radiotransmissores utilizados pertencem ao modelos MCFT-3A e MCFT-3FM Lotek com tempo de vida útil estimada em 2 anos; cada radiotransmissor continha um código individual. O peso dos radiotransmissores foi de 11g e 16g e não foram implantados em dourados em que o peso do transmissor ultrapassasse mais de 2% do peso corporal do animal. O radiotransmissor foi implantado cirurgicamente dentro da cavidade peritoneal do animal utilizando o protocolo proposto por Hahn *et al.* (2011). Os peixes eram colocados em caixas plásticas com água e anestesiados individualmente através de solução que continha óleo de cravo (eugenol) diluído com água do rio (1 ml de eugenol para 40 L de água) por um período de 1 a 3 min. Após a anestesia, antes da marcação, o comprimento total (mm) e peso total (g) foram medidos. Em seguida, os

peixes foram colocados em uma bandeja de exploração cirúrgica com a posição ventral para cima de forma que as brânquias fossem continuamente irrigadas com um banho da solução anestésica através de um tubo colocado na boca do animal. Uma incisão de aproximadamente 3,5 cm foi feita entre as nadadeiras pélvicas e peitorais, alcançando a cavidade celomática do animal. Posteriormente, um cateter foi inserido através desta incisão entre as vísceras e a nadadeira pélvica para servir como um local de saída para a antena do radiotransmissor. Desta forma, o radiotransmissor foi inserido através da incisão principal e posteriormente puxando a extremidade livre da antena e o cateter. A incisão foi fechada com 4 ou 5 pontos realizados com fios absorvíveis (Vicryl, Ethicon J & J).

Após a cirurgia, os peixes foram mantidos em caixas plásticas contendo 120 L de água e monitorados até o movimento do opérculo e de natação serem considerados normais. Após 10 minutos de recuperação, os peixes foram transportados dentro desta caixa plástica com o auxílio de camionete e foram soltos dentro do reservatório a 900 m do barramento. Todos os indivíduos que foram soltos apresentavam sinais claros de movimento opercular e de natação.

Rastreamento e variáveis ambientais

Para atingir os objetivos propostos, utilizamos a técnica de radiotelemetria que é a obtenção de dados à distância através de ondas de rádio. Os rastreamentos dos peixes marcados foram realizados manualmente de barco e iniciaram em janeiro de 2012. Os rastreamentos foram realizados mensalmente, totalizando, 13 rastreamentos no verão, 12 rastreamentos no outono e inverno e 10 rastreamentos na primavera. Todos os rastreamentos tinham a duração de 3h e 30 min, iniciando as 8:00 e terminando as 11:30 pelo turno da manhã e das 14:00 até as 17:30 pelo turno da tarde. Para estes rastreamentos instalamos em um barco, 1 antena de 3 elementos Yagi Lotek

posicionando-a com ângulo de 45° e 1.75 m de altura. Através de um cabo coaxial, esta antena era acoplada a um receptor modelo SRX 600 Lotek, programado para operar em frequências entre 148.000-152.000 MHz, que armazenava todas as coordenadas geográficas dos peixes localizados. Durante os rastreamentos percorria-se todo o reservatório a uma velocidade de 16 km/h. A partir do momento que detectávamos um sinal, diminuíamos a velocidade e o ganho (capacidade de detecção do sinal) do receptor com o objetivo de diminuir a margem de erro de detecção da localização do peixe (desligávamos o motor do barco para evitar um deslocamento excessivo do peixe gerado pelo barulho do motor). Anotávamos o código do peixe, o ganho e a potência do receptor. A coordenada geográfica que se assumiu para o cálculo de deslocamento foi aquela medida com ganho baixo e potência mais alta pelo receptor (Alves *et al.*, 2007).

Além dos rastreamentos manuais de barco, foram instaladas 2 estações fixas de detecção de sinais de peixes marcados: a primeira localizada a jusante do barramento (200m) da UHE Monjolinho e a segunda a montante do barramento no rio Erechim, junto a casa de força da UHE Passo Fundo (aproximadamente 25000 m do barramento da UHE Monjolinho). Ambas as estações serviram para verificar a saída dos peixes marcados para fora da área de estudo tanto a jusante quanto montante. Cada estação continha 2 antenas aéreas modelo Yagi de 4 a 6 elementos conectadas via cabos coaxiais a um receptor de rádio (Lotek SRX 600), programados para operar em frequências entre 148.000-152.000 MHz.

A temperatura da água foi medida através de um termômetro de mercúrio (0° a 100°C). A medida era realizada na superfície da água em três posições diferentes do reservatório e a partir disso calculada a média mensal. A variável temperatura do ar e precipitação foram obtidas da estação meteorológica Embrapa Trigo localizada em Passo Fundo, RS, Brasil. As variáveis, vazão afluente (m³/s), vazão vertida (m³/s),

vazão turbinada (m^3/s) e nível de água do reservatório foram cedidas pela Monel Monjolinho Energética.

Análise de dados

Todas as detecções dos peixes foram plotadas sobre o mapa georreferenciado do reservatório da UHE Monjolinho em Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizando o ArcMap 10. De cada detecção de um indivíduo extraímos a variável quantitativa, posição em metros, em relação à distância do eixo da barragem. A partir disso calculamos outra variável quantitativa, o deslocamento, através da subtração da última posição menos a posição anterior e conseqüentemente calculando a média mensal. Esta média dos deslocamentos não considerou os sinais negativos, ou seja, foi modular (p. ex., $-4/ = 4$). O deslocamento líquido foi calculado através da subtração da posição mais recente menos a posição mais antiga considerando os sinais negativos com objetivo de demonstrar o sentido de movimento ascendente (subida, sinal positivo) ou descendente (descida, sinal negativo) ao longo do reservatório. A área de vida linear de cada peixe foi calculada através da subtração da posição máxima de montante menos a posição máxima de jusante. Todos estes cálculos englobaram as posições dos rastreamentos móveis e estação fixa de montante, sempre de forma cronológica aos dias de detecções em cada mês.

A descrição dos movimentos e da distribuição de cada peixe foi realizada individualmente através de gráficos relacionando o deslocamento (eixo y) e posição (eixo y_2) com as datas dos rastreamentos (eixo x). Quando possível, para cada indivíduo, calculamos a velocidade máxima em km/h atingida entre os rastreamentos para cada mês. A correlação de Pearson foi utilizada para verificar relação nos deslocamentos médios com o tamanho corpóreo e peso total dos dourados. Por último, para verificar a diferença nos deslocamentos médios, líquidos, área de vida e

distribuição dos indivíduos entre os meses realizamos a Análise de variância com teste de permutação e o posterior Teste pareado de Tukey no software R (R Core Team, 2011). Para a realização do teste estatístico, os indivíduos foram considerados como réplicas.

Para um melhor entendimento visual da distribuição espacial dos dourados ao longo do reservatório, aplicamos a função “Line Density”, uma das ferramentas de análise espacial do ArcMap 10. Esse procedimento calcula para cada pixel da imagem do reservatório a densidade de linhas pela área total da circunferência (com 100m de raio e baseada no centróide de cada pixel da imagem do reservatório). Por último, extraímos uma variável quantitativa a qual denominamos Densidade de Caminhos (Km/Km^2), onde Km = soma do comprimento das linhas e Km^2 = área da circunferência. Estas linhas são originadas da união dos pontos em ordem cronológica de detecção para cada indivíduo. Os mapas foram agrupados com os registros dos indivíduos por estações do ano, verão (janeiro, fevereiro, março), outono (abril, maio, junho), inverno (julho, agosto, setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro). Para verificarmos a diferença entre as estações do ano na densidade de caminhos apresentada pelos dourados, dividimos o reservatório em 10 segmentos e, posteriormente, calculamos a média da densidade de caminhos para cada segmento, realizando uma análise de variância com teste de permutação e pós-teste de Tukey.

Nesta análise somente os dados de rastreamentos moveis foram considerados.

Para encontrar o modelo que melhor reflete a relação entre os deslocamentos e a distribuição espacial dos dourados com as variáveis ambientais (precipitação, temperatura da água, nível de água do reservatório e vazão afluente) foram realizadas análises de regressão múltipla, selecionando o melhor modelo com o procedimento automático *step* no software R (R Core Team, 2011). Anteriormente a realização deste

procedimento, realizou-se análise de correlação linear de Pearson entre as variáveis ambientais.

Esse procedimento utiliza o *Akaike Information Criterion* (AIC) como um critério de inclusão; a variável com menor valor de AIC é incluída no modelo (Borcard *et al.*, 2011). Classificamos os melhores modelos de acordo com a AIC Differences ($D_i = AIC_i - AIC_{min}$, onde AIC_i é o valor do modelo i , e o AIC_{min} é o valor do melhor modelo). Modelos com $D_i < 2$ dão substancial suporte para um modelo candidato; enquanto, valores de D_i entre 4 e 7 dão consideravelmente menor suporte, e $D_i > 10$ indica que o modelo é improvável (Burnham *et al.*, 2011).

Resultados

Peixes marcados

O comprimento e o peso total dos peixes marcados variaram de 490 a 750 milímetros e 1040 a 5004 gramas respectivamente (Tabela 1). Para as análises estatísticas, 21 indivíduos foram incluídos com três indivíduos excluídos das análises estatísticas. Um indivíduo nunca se movimentou do local de soltura, outro nunca foi registrado e o terceiro indivíduo foi registrado apenas uma vez na base fixa a montante do reservatório. Um exemplar realizou movimento ascendente superior a 15.000 metros, aproximadamente um mês após a soltura, entretanto a partir de março foi sempre registrado no mesmo local sendo excluído da análise a partir do oitavo rastreamento (conferir o apêndice 5, código 99).

Tabela 1. Dados de marcação dos dourados. CT = Comprimento total, CP = Comprimento padrão, PT = Peso total, DMM = Distância máxima percorrida a montante, DMJ= Distância máxima percorrida a jusante, PMM = Posição máxima montante, PMJ = Posição máxima jusante, VM = Velocidade máxima (km/h) encontrada considerando os rastreamentos móveis, R = número de registros.

Código	Data Soltura	Hora soltura	CT (mm)	CP (mm)	PT (g)	DMM(m)	DMJ(m)	PMM(m)	PMJ(m)	VM	R
10	26/12/2011	18:35	750	660	5240	16200	15056	25000	100	1.5	116
12	09/01/2012	21:40	570	450	2006	21719	17043	25000	868	2.7	81
14	21/01/2011	17:45	710	590	3940	7449	12539	10707	84	0.37	19
17	21/01/2011	18:50	520	430	1640	21914	20110	22214	1674	1.18	56
19	21/01/2011	20:30	490	410	1040	24707	11645	25000	3547	0.07	25
20	07/01/2012	08:28	710	610	4500	21797	22503	25000	118	1.62	83
73	27/12/2011	16:15	540	470	1700	10805	8471	18496	3919	0.15	29
74	30/12/2011	07:45	600	520	2810	-	-	25000	-	-	-
75	05/01/2012	08:49	560	470	2000	15388	20495	25000	1647	0.21	95
92	07/01/2012	21:40	565	475	1970	17291	12371	19027	50	0.87	62
94	08/01/2012	19:20	500	430	1400	-	-	-	-	-	-
95	27/12/2011	10:10	750	650	5004	18396	14633	25000	4283	0.53	102
97	27/12/2011	18:48	580	500	2350	20038	4689	25000	12000	0.19	71
98	08/01/2012	10:05	500	420	1500	17291	205	25000	3438	1.2	90
99	27/12/2011	20:48	590	500	2009	17291	21352	22510	17160	0.03	46
100	26/12/2011	20:18	660	550	3200	-	-	-	-	-	-
147	26/02/2011	20:15	500	430	1100	24000	14089	25000	872	1	154
191	05/01/2012	08:49	620	530	3500	19217	24000	25000	420	1.42	98
194	26/12/2011	19:33	690	600	3570	4758	5051	9141	0	1.2	35
195	09/01/2012	20:33	710	600	4320	17575	20078	25000	230	1.1	64
198	29/12/2011	19:48	630	530	2970	17311	21133	25000	3559	0.62	42
200	08/01/2012	08:45	670	570	3600	14883	10320	16033	0	0.62	31
201	08/01/2012	19:20	530	450	1900	18913	21119	25000	3420	0.08	86
202	27/12/2011	20:48	680	590	3890	20201	21744	25000	780	1.7	80

Com exceção dos códigos 94, 100 e 194 todos os indivíduos realizaram movimentos ascendentes e/ou descendentes maiores que 10000 metros (Tabela 1). Após a soltura, dois dourados (códigos 12 e 195) percorreram 8000 m em menos de 24 horas (Apêndice 1 e 6), já o código 201 obteve deslocamento de 18913 metros em menos de 48 horas (Apêndice 7). A velocidade máxima variou de 0.03 a 2.7 km/h. Os códigos 194 e 200 foram os únicos que realizaram movimento descendente pelo vertedouro ou turbina, 10 meses pós-soltura, sendo os únicos indivíduos que saíram do corpo do reservatório para jusante. A figura 2 demonstra a vazão média turbinada e vertida mensal e o momento que estes dois indivíduos foram registrados na base fixa de jusante.

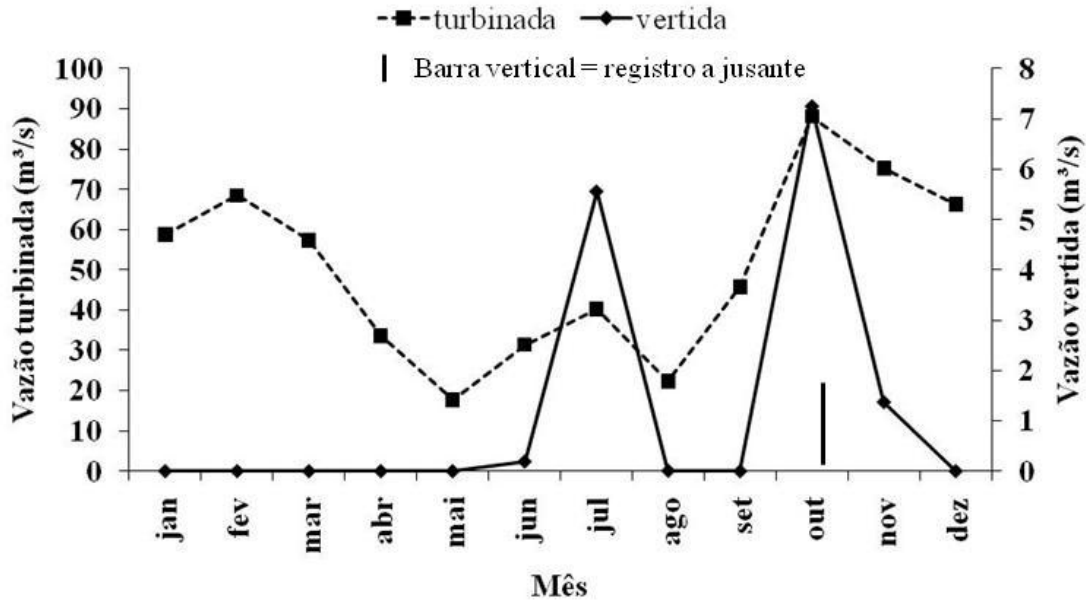


Fig. 2. Vazão turbinada e vertida ao longo do período de estudo e o registro de dois dourados na base fixa de jusante, localizada a jusante UHE Monjolinho, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.

Por outro lado, mais da metade dos indivíduos (63%) chegaram ao limite máximo a montante da área de estudo (25000 m). Para verificar a descrição de todos os deslocamentos e posições apresentadas pelos dourados individualmente conferir os apêndices 1 a 7.

Deslocamento

A análise de variância indicou diferenças no deslocamento médio entre os meses ($F_{(11,182)} = 21.29; p < 0.0001$). A comparação pareada de Tukey's demonstrou diferenças principalmente dos meses de março, abril e outubro com os demais (Fig.3). O maior deslocamento médio ocorreu no mês de outubro, o menor deslocamento médio foi menor em maio e junho, entretanto quando analisamos estatisticamente, percebe-se um conjunto de meses com valores menores (aqueles que estão representados pela letra a na Fig.3).

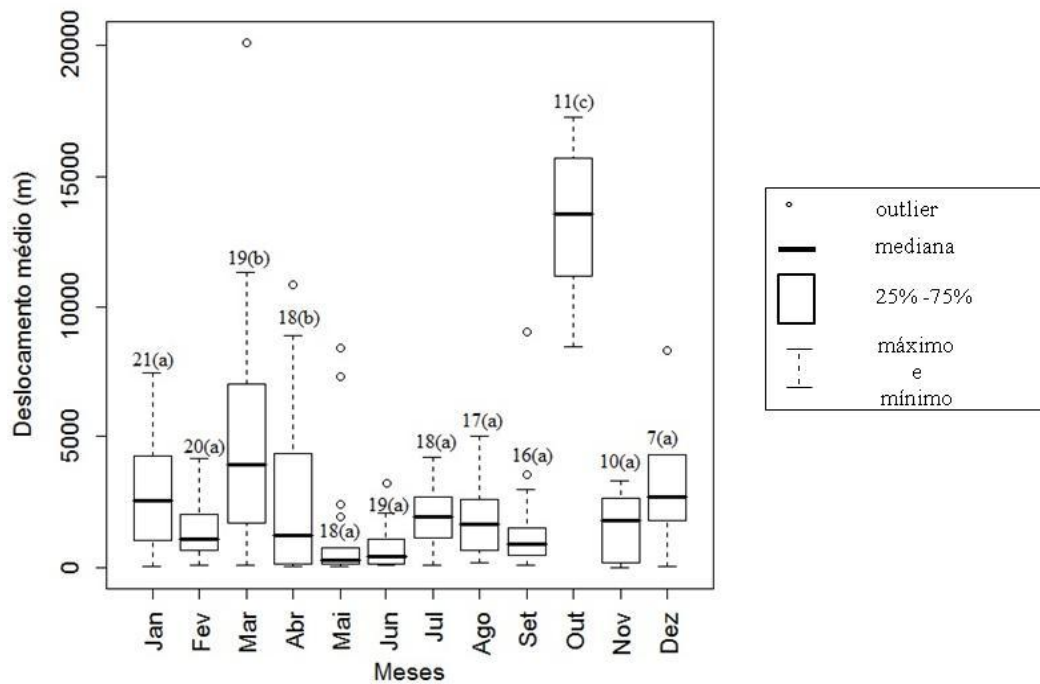


Fig. 3. Box plot do deslocamento médio realizado pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Análise de variância com permutação ($F_{(11,182)} = 21.29$; $p < 0.0001$). Os números acima dos plots representam o número de indivíduos analisados. As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.

O deslocamento médio líquido também foi diferente ao longo dos meses ($F_{(11,182)} = 5.44$; $p < 0.0001$). O teste de Tukey evidenciou diferenças dos meses de abril, outubro e dezembro com os demais meses (Fig. 4).

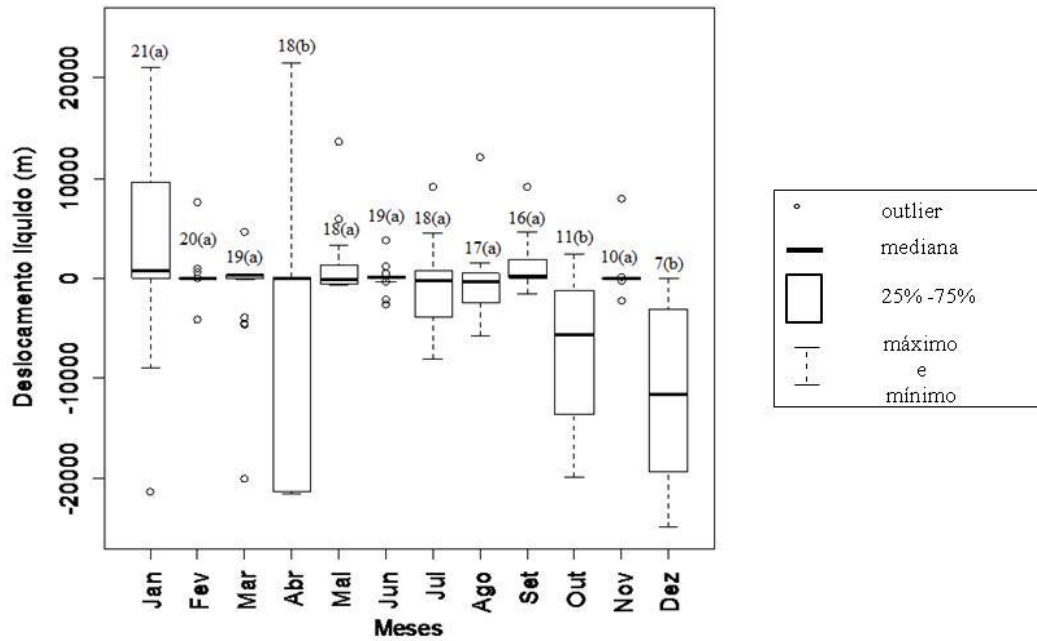


Fig. 4. Box plot do deslocamento líquido realizado pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Análise de variância com permutação ($F_{(11,182)} = 5.44$; $p < 0.0001$). Os números acima dos plots representam o número de indivíduos analisados. As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.

Além disso, conseguimos evidenciar diferenças entre o número de indivíduos que realizaram deslocamento líquido positivo (deslocamento ascendente), deslocamento líquido negativo (deslocamento descendente) e os que não realizaram deslocamento ($\chi^2 = 121,4556$; $p < 0,0001$) (Fig. 5). Entretanto, quando avaliamos para cada mês, os meses de janeiro, abril e novembro não apresentam diferença significativa entre os tipos de deslocamento (Fig. 5). Em fevereiro, onde a maioria dos dourados apresentou deslocamento zero, o valor de p foi o menor entre os meses. Em março, junho e setembro houve predominância de movimento ascendente, enquanto que, em outubro, percebe-se uma predominância de deslocamento descendente.

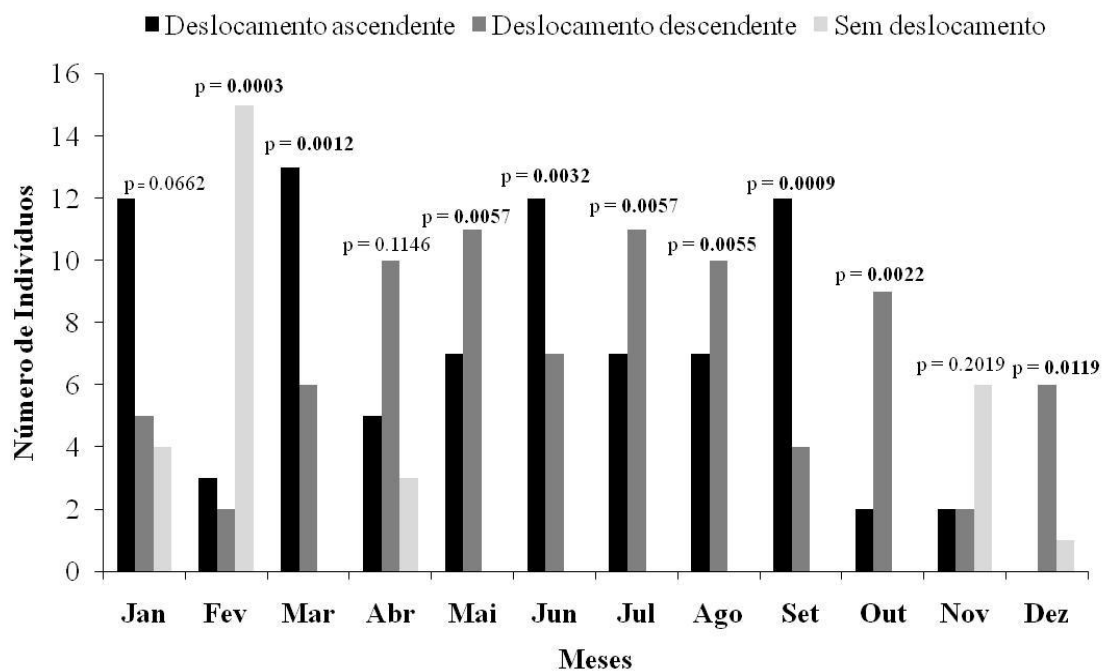


Fig. 5. Número de indivíduos de dourado (*Salminus brasiliensis*) que apresentaram deslocamento ascendente, descendente e que não apresentaram deslocamento dentro do reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores significativos ($p < 0.05$).

A distância da barragem apresentada pelos dourados também foi diferente ao longo dos meses ($F_{(11, 182)} = 16.22$; $p < 0.0001$). O teste de Tukey evidenciou diferenças principalmente entre os meses de janeiro a abril e outubro a dezembro com os meses de abril a setembro (Fig. 6). Os dourados nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro apresentaram as maiores distâncias da barragem, enquanto que nos meses de abril a setembro estavam mais próximos da barragem (Fig.6).

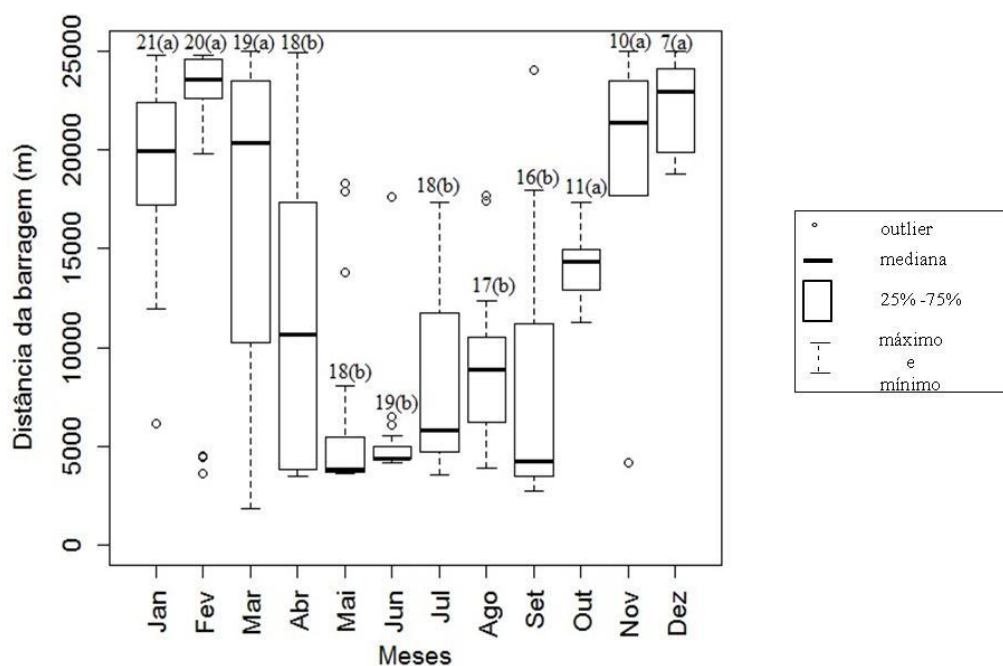


Fig. 6. Box plot da distância da barragem apresentada pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Análise de variância com permutação ($F_{(11,182)} = 16.22$; $p < 0.0001$). Os números acima dos plots representam o número de indivíduos analisados. As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.

A área de vida linear também diferiu entre os meses ($F_{(11,182)} = 9.48$; $p < 0.0001$). O teste de Tukey apresentou diferenças entre os meses de janeiro a abril e outubro/dezembro dos meses de abril a setembro (Fig. 7). A maior área de vida linear foi observada em outubro e dezembro, novamente os meses de maio e junho estiverem entre os meses com menores valores (Fig. 7).

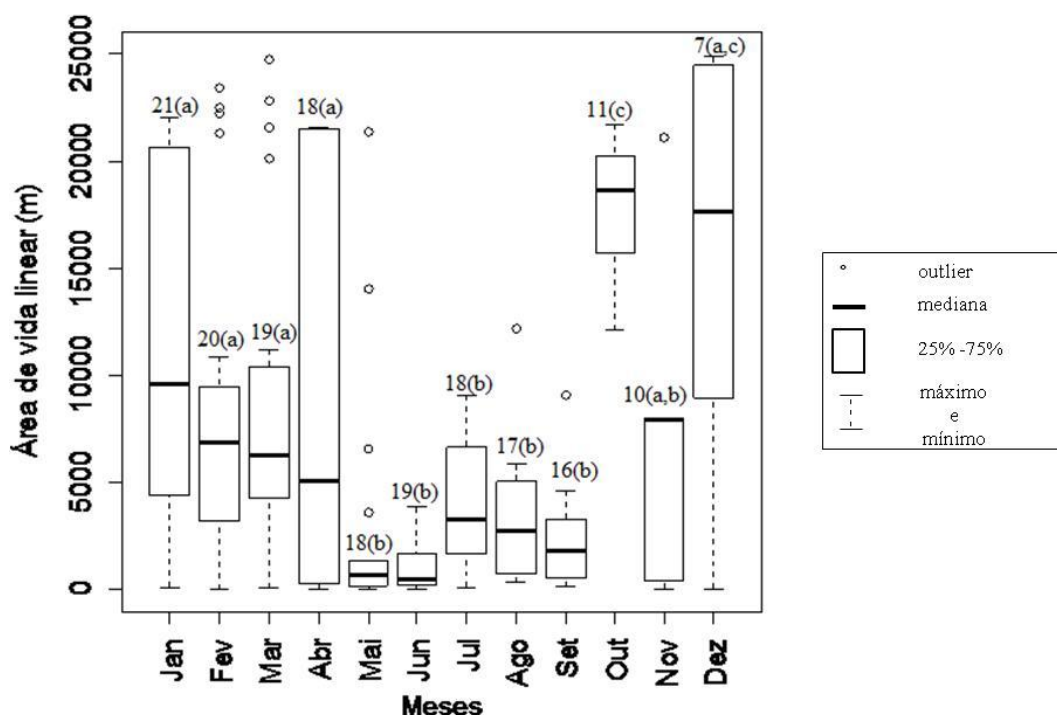


Fig. 7. Box plot da área de vida linear apresentada pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Análise de variância com permutação ($F_{(11,182)} = 9.48$; $p < 0.0001$). Os números acima dos plots representam o número de indivíduos analisados. As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.

A capacidade de deslocamento dos dourados não teve relação com o peso total ($r^2 = 0.0002$; $p = 0.71$) e comprimento total ($r^2 = 0.0001$; $p = 0.84$).

A densidade de caminhos diferiu entre as estações ($F_{(3,36)} = 22.79$; $p < 0.0001$), entretanto o teste de Tukey mostrou diferenças apenas do verão com os demais meses

(Fig. 8). No verão, os ambientes das partes superiores do reservatório foram mais utilizados pelos dourados. No outono e inverno os ambientes das partes inferiores do reservatório foram mais utilizados. Na primavera houve uma ampliação da densidade de caminhos, com os dourados ampliando o uso do habitat dentro do reservatório (Fig. 9).

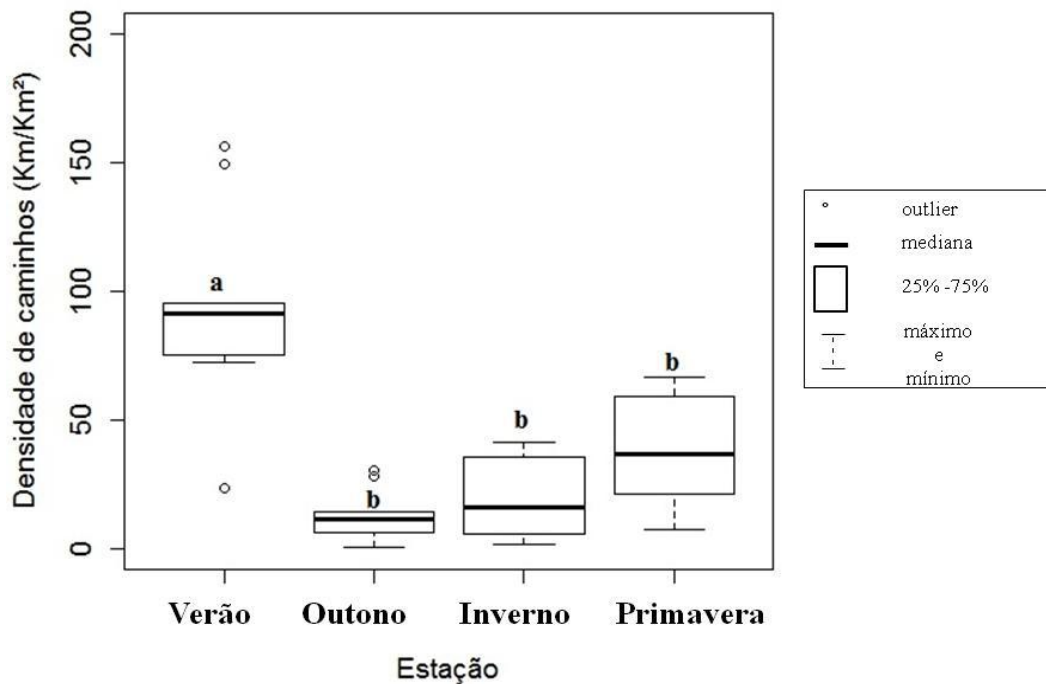


Fig. 8. Box plot da densidade média de caminhos apresentada pelo dourado (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. A análise de variância com permutação ($F_{(3,36)} = 22.79$; $p < 0.0001$). As letras acima dos plots representam as diferenças ou semelhanças apresentadas no teste de Tukey.

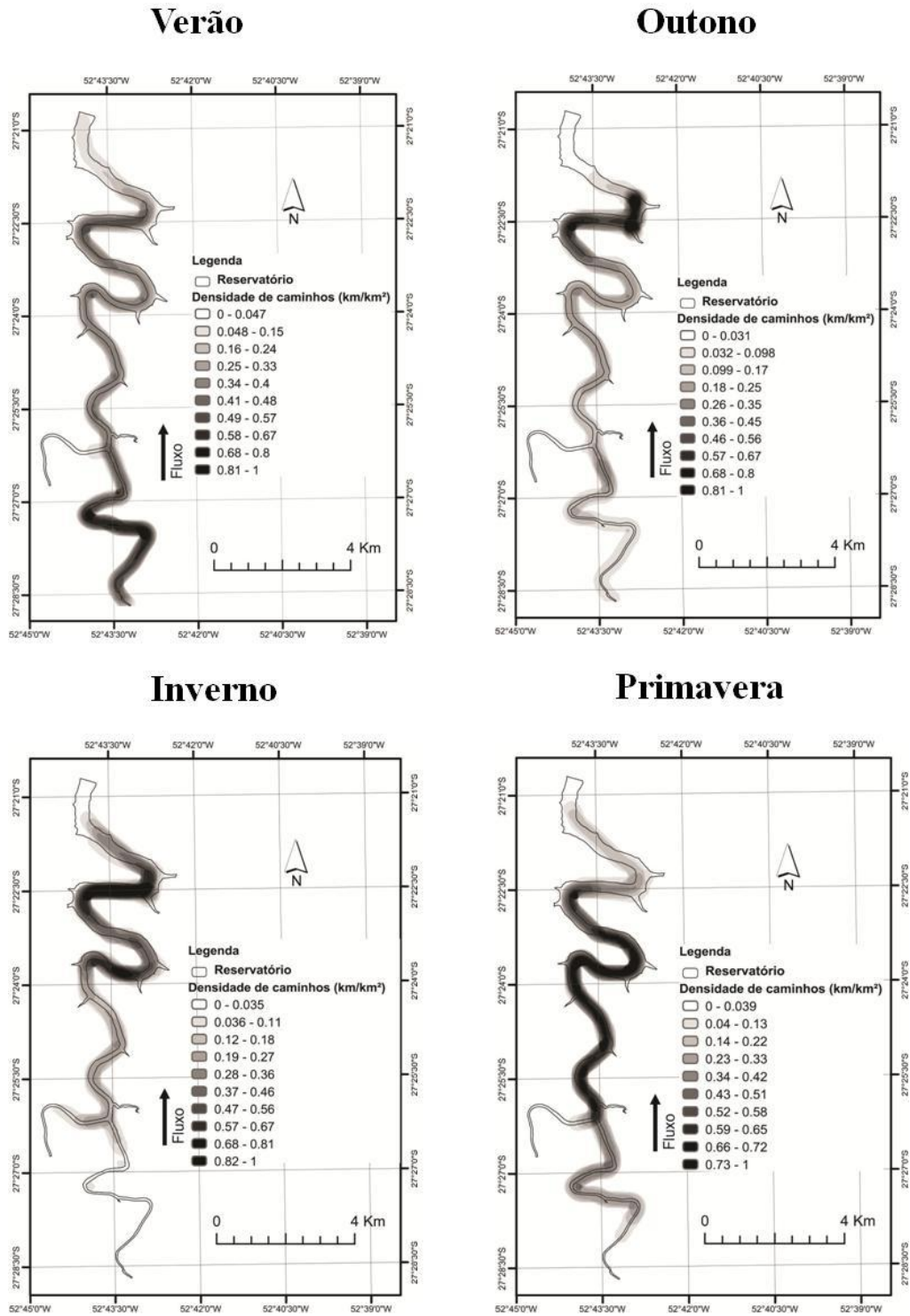


Fig. 9. Densidade de caminhos apresentada pelos dourados (*Salminus brasiliensis*) no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. Verão = Jan, Fev e Mar; Outono = Abr, Mai e Jun; Inverno = Jul, Ago e Set; Primavera = Out, Nov e Dez.

Relação com variáveis ambientais

As variáveis ambientais variaram ao longo do estudo. As temperaturas médias da água e ar apresentaram máximas nos meses de fevereiro e dezembro e mínimas entre junho a agosto (Fig. 10). A pluviosidade média teve a sua máxima em outubro e mínimas em maio, agosto e novembro. O nível médio de água do reservatório também foi máximo em outubro e as mínimas em fevereiro e abril (Fig. 11). A vazão média afluente foi máxima em outubro e mínimas em maio e agosto (Fig. 12).

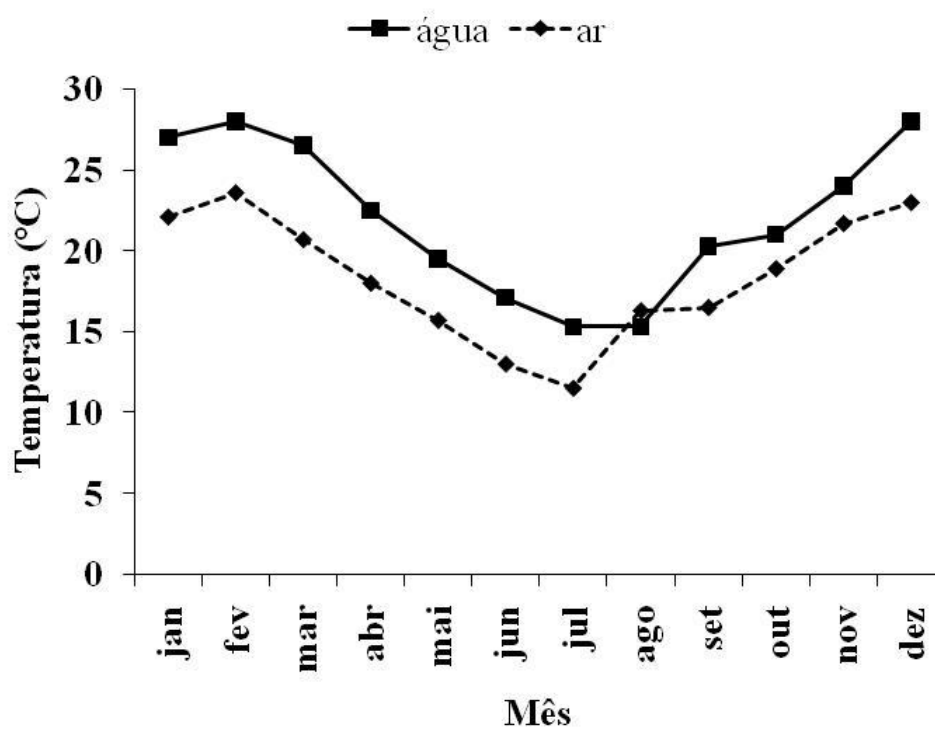


Fig. 10. Temperatura média mensal da água e do ar no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.

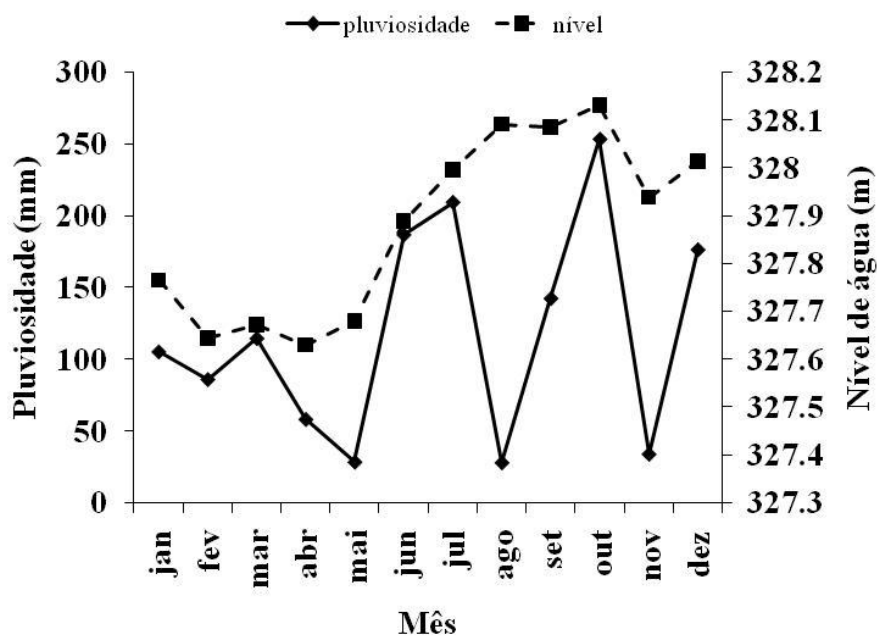


Fig. 11. Pluviosidade média mensal e nível de água médio mensal no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.

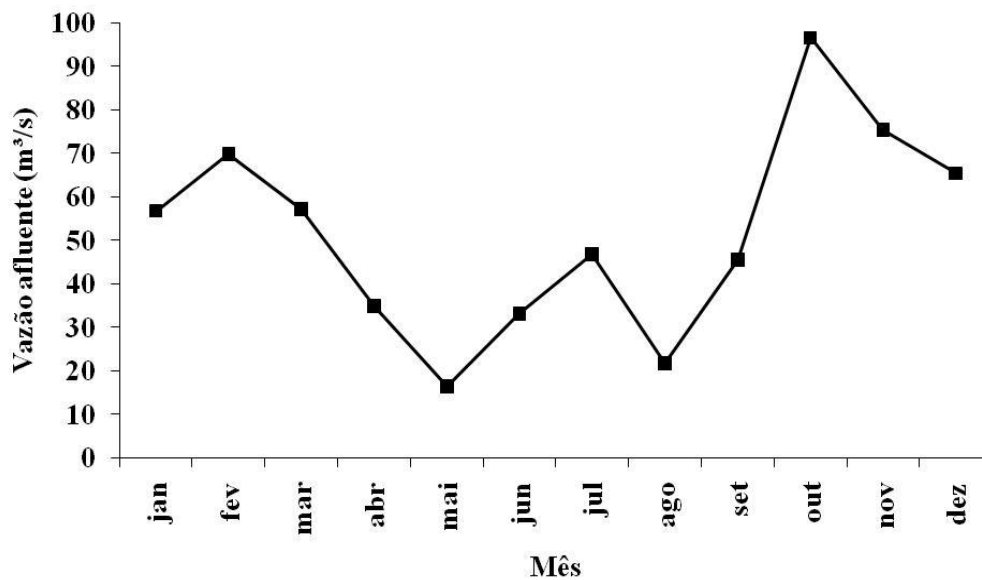


Fig. 12. Vazão média mensal afluente no reservatório da UHE Monjolinho de janeiro a dezembro de 2012, rio Passo Fundo, bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.

A relação dos deslocamentos, área de vida e distância da barragem dos indivíduos com as variáveis ambientais são demonstradas na tabela 2. A análise de modelos indicou que o deslocamento médio foi mais influenciado pela vazão afluente, apresentando o menor valor de variação Δ AIC (tabela 2). A precipitação teve mais influencia sobre o deslocamento líquido apresentando o menor valor de variação Δ AIC (tabela 2). A vazão afluente teve mais influencia sobre a área de vida linear apresentando o menor valor de variação Δ AIC (tabela 2). Por último, todas as variáveis ambientais, precipitação, temperatura da água, nível de água do reservatório e vazão afluente, explicaram o modelo de distância da barragem (tabela 2).

A tabela 3 demonstra a correlação entre as variáveis ambientais, precipitação, temperatura da água, nível de água do reservatório e vazão afluente que foram utilizadas nas análises de seleção de modelos baseada no critério de *Akaike Information Criterion* (AIC). A vazão afluente e temperatura da água foram as variáveis mais correlacionadas entre si, entretanto, mesmo assim foram mantidas no modelo, pois não apresentaram um valor de auto-correlação muito alto (tabela 3).

Tabela 2. Seleção de modelos em relação às variáveis respostas (Modelos 1 = Deslocamento médio, Modelos 2 = Deslocamento líquido, Modelos 3 = Área de vida linear, Modelos 4 = Distância da barragem) com as variáveis preditoras ambientais (P = pluviosidade, TA = temperatura da água, NA = nível de água do reservatório e VA = vazão afluyente).

Deslocamento médio	AIC	Δ AIC	F	R²	R² ajustado	p
P+TA + NA+ VA	194.63	3.57	2.061	0.54	0.27	0.1899
P + TA + VA	192.78	1.72	3.068	0.53	0.36	0.0910
TA + VA	191.32	0.26	4.756	0.51	0.40	0.0389
VA	191.06	0	7.787	0.43	0.38	0.0191
Deslocamento líquido	AIC	Δ AIC	F	R²	R² ajustado	p
P+TA + NA+ VA	206.25	4.34	0.6875	0.28	-0.12	0.6231
P + TA + NA	204.39	2.48	1.005	0.27	0.0014	0.4390
P + TA	203.07	1.16	1.352	0.2311	0.0601	0.31
P	201.91	0	2.126	0.17	0.09	0.1755
Área de vida linear	AIC	Δ AIC	F	R²	R² ajustado	p
P+TA + NA+ VA	203.13	3.14	3.063	0.63	0.42	0.0935
P + TA + VA	201.27	1.28	4.583	0.63	0.49	0.0378
TA + VA	200.12	0.13	6.895	0.6	0.51	0.0152
VA	199.99	0	11.66	0.53	0.49	0.0066
Distância da barragem	AIC	Δ AIC	F	R²	R² ajustado	p
P+TA + NA+ VA	190.2	0	15.41	0.89	0.83	0.0014

Tabela 3. Matriz de correlação linear de Pearson entre as variáveis ambientais utilizadas na seleção de modelos com base no critério *Akaike Information Criterion* (AIC).

	Precipitação	Temperatura da água	Nível de água	Vazão afluyente
Precipitação	1	-	-	-
Temperatura da água	-0.1062	1	-	-
Nível de água	0.4828	-0.4522	1	-
Vazão afluyente	0.4722	0.5438	0.2330	1

Discussão

Os deslocamentos médios e líquidos não mostraram fortes evidências de diferenças entre os meses. O deslocamento médio se manteve relativamente baixo ao longo do ano, com apenas um pico no mês de outubro coincidindo com o início da época reprodutiva dos indivíduos. O deslocamento líquido também foi maior no período de atividade reprodutiva (outubro e dezembro), mas os movimentos predominantes nestes meses foram descendentes e não ascendentes. A distribuição espacial longitudinal e a área de vida linear apresentaram diferença sazonal, sendo maiores nas épocas de meses quentes e menores nas épocas de meses frios. As variáveis morfométricas dos indivíduos não apresentaram nenhuma relação com os seus deslocamentos. Os fatores abióticos, principalmente, vazão afluente teve forte relação com o deslocamento médio e área de vida linear, por outro lado, a distribuição espacial dos dourados teve relação com todas as variáveis abióticas, precipitação, temperatura da água, nível de água e vazão afluente do reservatório.

A primeira hipótese do trabalho foi aceita, os dourados conseguiram se deslocar dentro do reservatório e 63% dos indivíduos se deslocaram até o limite máximo a montante da área de estudo, indicando que os reservatórios menores podem representar uma maior facilidade para a continuidade do movimento migratório ascendente para os peixes migradores. A segunda hipótese do estudo foi aceita em parte, pois apesar de os maiores deslocamentos ocorrerem em meses de época reprodutiva, não houve uma diferença marcante entre os meses. Alguns estudos corroboram em alguns aspectos aqui encontrados em relação aos deslocamentos de peixes migradores. Em ambiente fragmentado por barragem no rio São Francisco, Brasil, Neto (2008) encontrou os maiores deslocamentos do dourado (*Salminus franciscanus*) nos meses de dezembro e janeiro e os menores deslocamentos entre os meses de abril a setembro. Dentro de

reservatório, Silva (2004) também revelou que os maiores deslocamentos ocorreram em meses de maior temperatura coincidindo com a época de atividade reprodutiva de *Pimelodus maculatus* no rio Grande, bacia do rio Paraná, Brasil. Além disso, evidências em ambientes não fragmentados demonstraram as mesmas relações como, por exemplo, no rio dos Sinos para *Prochilodus lineatus*, bacia hidrográfica do Sistema Laguna dos Patos, Brasil (Pessoa & Schulz, 2010). Talvez o aumento nos deslocamentos durante a época reprodutiva esteja associado a procura por melhores condições ambientais para a desova, o que não se encontra em ambiente lântico do reservatório (Antonio *et al.*, 2007), por isso os dourados se deslocam para ambientes mais distantes da barragem (Agostinho *et al.*, 1999) com águas mais correntes, propícios para a desova (Moraes-Filho & Schubart, 1955). Por outro lado, em épocas não reprodutivas, onde a temperatura é menor e, conseqüentemente, o metabolismo do peixe é menor, os indivíduos diminuíram a sua atividade de movimento, concentrando-se em ambientes mais próximos a barragem. A primeira questão lógica a ser pensada é de que os peixes encontram-se impedidos de realizar seus movimentos descendentes em direção ao rio Uruguai e por isso encontram-se próximos a barragem. Entretanto, alguns aspectos devem ser questionados. A economia de energia, ausência de energia dos peixes ou alta disponibilidade de recursos nesse trecho próximo a barragem podem estar relacionadas a este comportamento do dourado. Conforme Lucas & Baras (2001), em épocas não reprodutivas os movimentos curtos são realizados quando as presas são abundantes e os longos quando é necessário encontrar outro habitat favorável com maior disponibilidade de presas. Outro aspecto a ser questionado, os peixes são organismos pecilotérmicos, não regulam a temperatura corporal, adaptando-se a temperatura do ambiente. Portanto, em meses com temperaturas frias os dourados podem diminuir os movimentos e

procurar ambientes mais profundos do reservatório, próximo da barragem, em busca de água com temperatura mais elevada para adquirir maior conforto térmico.

A distribuição de peixes migradores em grandes reservatórios da bacia hidrográfica do rio Paraná indicou que os migradores têm a tendência de permanecer em partes superiores com característica similar ao rio original (Agostinho *et al.*, 1999; Agostinho *et al.*, 2007b; Makrakis *et al.*, 2007b). Os resultados aqui apresentados demonstram que, na época da atividade reprodutiva (outubro a março), a maioria dos dourados encontrava-se em ambientes mais distantes da barragem com características semelhantes ao rio original. Entretanto, na época não reprodutiva (abril a setembro), os dourados estavam em trechos próximos ao barramento, corroborando com a nossa terceira hipótese de diferença mensal (fortemente sazonal) na distribuição. Resultado similar foi encontrado por Antonio *et al.* (2007), no reservatório de Porto Primavera, verificando que na época de atividade reprodutiva (primavera-verão) os indivíduos de *P. lineatus* evitaram locais próximos a barragem, se deslocando para trechos superiores do reservatório ou realizando movimentos descendentes pelo vertedouro ou turbina. Aparentemente, apesar dos trabalhos serem diferentes em relação ao sistema hidrográfico, tamanho do reservatório a até mesmo a espécie avaliada, parece que o comportamento de evitar os locais próximos ao barramento na época reprodutiva onde o metabolismo dos indivíduos é maior, pode ser independente do sistema hidrográfico e tamanho do reservatório para os peixes migradores da América do Sul. Dessa maneira, perguntas futuras, que busquem responder se o comportamento dos peixes migradores de evitar os ambientes próximos a barragem na época reprodutiva tem relação com o tamanho do reservatório ou a bacia hidrográfica analisada, devem ser feitas. As respostas a estas questões podem ser importantes para o manejo de peixes migradores em reservatórios neotropicais, especificamente em relação à época do ano para a

realização de sistemas de transposição manual de espécies migratórias realizada de jusante de usinas para dentro do reservatório.

Os peixes migradores apresentam uma ampla área de vida linear entre as suas áreas de desova e alimentação (Petrere *et al.*, 1985; Sverlij & Espinach-Ros, 1986). A área de vida linear aqui apresentada pelos dourados foi muito abaixo daquelas relatadas por trabalhos realizados em ambientes fragmentados. Delfino & Baigún (1985) realizando estudo de marcação e recaptura no reservatório de Salto Grande com o dourado, na porção inferior da bacia hidrográfica do rio Uruguai, relatam uma área de vida de 850 km. Hahn *et al.* (2011) através da técnica de radiotelemetria evidencia área de vida linear para a mesma espécie aqui avaliada de 400 km entre o parque estadual do Turvo e a UHE Itá no rio Uruguai, Brasil. O principal fator que contribui para isso é a pequena extensão da área de estudo aqui avaliada (25 km). Além disso, a redução do número de dourados registrados nos últimos meses (outubro a dezembro) e até mesmo a presença dos indivíduos na base fixa de montante nos meses de verão podem indicar uma saída dos dourados do sistema de estudo para a montante do reservatório no rio Erechim o qual não foi monitorado e ainda está livre de barragem. Entretanto, estudos de avaliação no rio Erechim realizados desde 2009 indicam que os dourados transpostos para dentro do reservatório não utilizam o trecho livre do rio Erechim, após o fim da cota de inundação do reservatório da UHE Monjolinho. Além disso, o baixo número de dourados registrados nos meses da primavera também pode ser por outros motivos como, por exemplo, a captura por pescadores, evento comum com espécies migratórias de alto valor comercial e apreciada pela pesca esportiva (Almeida *et al.*, 1997) ou a não detecção dos peixes nos rastreamentos moveis e nas bases fixas. Os resultados evidentes de perda de sinal dos radiotransmissores, mesmo com a bateria dos transmissores com vida útil de aproximadamente 2 anos, no período final do estudo parecem indicar que o

número de indivíduos aqui analisados pode ser suficiente apenas para avaliações em pequena escala de tempo.

A velocidade máxima de um dos indivíduos aqui apresentada (2,7 km/h = 64,8 km/dia) foi semelhante a encontrada por Hahn *et al.* (2011) que relatou 63,3 Km/dia para um indivíduo da mesma espécie, na mesma bacia hidrográfica e mesma técnica de marcação do nosso estudo. Outros trabalhos também realizados com radiotelemetria indicam velocidades consideráveis como, por exemplo, 57 km/dia no rio dos Sinos para o *Salminus brasiliensis* (Burns, 2004) e 98,4 km/dia (Neto, 2008) em trecho fragmentado no rio São Francisco para o *Salminus franciscanus*. Quando comparamos com estudos que realizaram métodos diferentes, como método de marcação e recaptura, percebemos que as velocidades encontradas para o dourado são menores variando entre 6 km/dia a 21 km/dia (Godoy, 1975; Delfino & Baigún, 1985; Sverlij & Espinach-Ros, 1986; Makrakis *et al.*, 2012). Entretanto, Santos *et al.* (2012) avaliando a capacidade natatória através do método forçado utilizando um respirômetro, encontraram velocidades de aproximadamente 6,9 Km/h, 5,7Km/h e 6,3Km/h para *Leporinus reinhardti*, *Pimelodus maculatus* e *Prochilodus costatus* respectivamente. Apesar de o trabalho ter indicado que as velocidades dos dourados aqui avaliados possam estar subestimada, acreditamos que a biotelemetria pode ser mais eficiente na estimativa de deslocamentos dos indivíduos de uma determinada população e, portanto, devem ser mais utilizados em estudos de avaliação de impactos ambientais como sugerido por Cooke *et al.* (2004).

A habilidade de dispersão varia com a espécie e o tamanho corporal (DeAngelis *et al.*, 2005). Geralmente peixes maiores em tamanho têm maior capacidade de deslocamento do que os peixes menores (Lucas & Baras, 2001). Aqui não conseguimos evidenciar relação entre os deslocamentos dos dourados com comprimento total e peso

total. Godinho *et al.* (2007) também não encontra nenhuma relação da área de vida linear de *Pseudoplatystoma corruscans* (surubim) entre o peso total, no rio São Francisco. Entretanto, Pessoa & Schulz (2010) evidenciam relação dos deslocamentos associados ao peso total de alguns indivíduos de *Prochilodus lineatus* no rio dos Sinos, Brasil. A maioria dos indivíduos tinham pesos e tamanhos bem menores (entre 510 a 1006g e 272 a 460 mm respectivamente) do que a espécie aqui avaliada. Talvez a variação do tamanho dos indivíduos analisados possa ter sido mínima para tentarmos indicar alguma relação de dispersão com variáveis morfométricas e muito provavelmente porque todos os indivíduos já teriam alcançado o tamanho de primeira maturação, ou seja, todos já estariam propício a reproduzir.

Os movimentos e distribuição dos dourados tiveram relação com temperatura da água, precipitação, vazão afluente e nível de água do reservatório, corroborando com a quarta hipótese do trabalho. Vários autores citam a importância dos fatores abióticos como a temperatura da água, precipitação e fluxo do rio nos processos de movimento migratório (Godoy, 1975; Vazzoler *et al.*, 1992; Resende *et al.*, 2003; Agostinho *et al.*, 2003; Zaniboni-Filho & Schulz, 2003). Os resultados aqui encontrados indicaram que em reservatórios de menor extensão (< 25 km) e pertencentes a rios sem planície de inundação, as espécies migratórias da América do Sul podem responder aos estímulos de fatores externos como responderiam em ambientes naturais. Resultados similares foram encontrados por Reynalte-Tataje *et al.* (2012b) o qual evidenciou que *S.brasiliensis* e *P. lineatus* desovaram em tributário localizado entre os reservatórios da UHE Itá e Machadinho, na bacia hidrográfica do alto rio Uruguai, quando a temperatura da água é elevada e as condições de fluxo de água são maiores. Entretanto, até o momento, nenhum trabalho publicado demonstrou as relações do próprio movimento de peixes migradores com variáveis ambientais dentro de pequenos reservatórios

neotropicais, apenas trabalhos em áreas a jusante de usinas ou em sistemas de transposição. Por exemplo, Godinho *et al.* (2007) encontraram relação da frequência do número de visitas de *Pseudoplatistoma corruscans* (surubim) no rio São Francisco abaixo da Usina de Três Marias, com a vazão, temperatura e turbidez da água. Recentemente, nesse mesmo reservatório, Loures & Pompeu (2012) também encontraram que a variação temporal de algumas espécies migratórias a jusante da usina (casa de força) teve relação com variáveis abióticas como, por exemplo, a temperatura da água, precipitação e vazão defluente. Fernandez *et al.* (2007) em escada de peixe do reservatório da UHE Itaipu, no rio Paraná, relacionaram os movimentos ascendentes dos peixes com a temperatura da água, nível do rio a jusante, vazão turbinada e vazão vertida. Além da temperatura da água, os resultados evidenciaram a importância da vazão afluyente na distribuição e movimento dos dourados. Conforme Agostinho *et al.* (2007a), o fluxo de água dos tributários de montante são essenciais para a manutenção da ictiofauna dentro do reservatório. Portanto, os rios Erechim e Passo Fundo a montante mostraram-se importantes para a realização dos movimentos e distribuição dos dourados. Apesar das nossas hipóteses terem sido corroboradas (maiores deslocamentos na atividade reprodutiva e relacionadas com os fatores abióticos) esperávamos que nos meses da primavera os indivíduos tivessem um predomínio de movimentos ascendentes, entretanto, apresentaram deslocamento líquido negativo (movimento descendente) relacionado com a precipitação. Portanto, a precipitação também é uma variável de extrema importância no desenvolvimento dos deslocamentos e distribuição dos dourados dentro do reservatório, provavelmente, por ser a única variável que seja mantida naturalmente dentro do reservatório. Dois dourados realizaram movimento descendente, em outubro, quando o vertedouro vertia água (mês de maior precipitação e vazão afluyente), entretanto a maioria dos dourados

encontravam-se distantes da barragem a montante. Esse fato pode demonstrar a variação intra-específica comportamental da espécie ou até mesmo uma possível desorientação dos indivíduos no sistema do reservatório. Entretanto, o aspecto mais evidente é a comprovação do afastamento dos dourados em ambientes próximos a barragem na época da atividade reprodutiva (outubro), para ambientes tanto a jusante quanto a montante da barragem UHE Monjolinho. A regulação hídrica pelas barragens é considerada uma das principais alterações para os peixes migradores (Agostinho *et al.*, 2007a). A influência do nível de água do reservatório na distribuição dos dourados demonstrou o quanto os peixes podem responder as oscilações diárias dessa variável em pequenos reservatórios pertencentes a bacia hidrográfica do alto rio Uruguai. Os resultados aqui apresentados na relação da distribuição dos dourados com todas as variáveis ambientais podem auxiliar em estratégias de manejo em pequenos reservatórios. Por exemplo, em bacias hidrográficas, que apresentam os efeitos da construção em cascata de pequenos reservatórios, pode-se realizar em determinada época do ano, dependendo do local de concentração dos indivíduos no reservatório, da vazão afluente, da precipitação e do nível de água do reservatório, o controle de vazão vertida ou turbinada para promover ou impedir a saída dos peixes para a jusante do reservatório.

Além desses fatores abióticos, sabemos que os movimentos são também dependentes de outros fatores e que não foram aqui medidos (Lucas & Baras, 2001; Holyoak, 2008) como, por exemplo, a heterogeneidade do habitat ao longo do reservatório. Conforme Gois *et al.* (2012), as estruturas de árvores submersas em reservatórios podem fornecer maior capacidade de abrigo para os peixes e conseqüentemente maior riqueza de espécies. Dessa forma, sugerimos que o comportamento dos movimentos por espécies predadoras migradoras para estes

ambientes, visando a busca por maior disponibilidade de recursos, são importantes para para a população de espécies migradoras em reservatórios. Outro fator que não avaliamos e não menos importantes, as variações de oxigênio dissolvido, elemento essencial para a sobrevivência dos peixes e que pode afetar os movimentos (Neely *et al.*, 2011). Apesar disso, consideramos o trabalho essencial para aumentar o conhecimento do comportamento dos movimentos e distribuição de migradores da America do Sul em ambientes alterados, bem como suas interações com temperatura da água, vazões, precipitação e nível de água do reservatório.

A população de *Salminus brasiliensis* está ameaçada de extinção no estado do Rio Grande do Sul (Reis *et al.*, 2003). Conforme Hahn *et al.* (2011), não existindo uma melhora da produtividade do sistema de implantação de barragens e a ausência de locais de desova adequados, a população de dourados na bacia hidrográfica do rio Uruguai pode aumentar ainda mais o seu declínio, tornando-se extinta. Este colapso frente a construção de UHE já foi comprovado para populações de espécies migratórias de outras bacias hidrográficas brasileiras (Hoenghaus *et al.*, 2009; Hallwass *et al.*, 2013). Em muitos casos a execução do manejo de peixes migradores não demonstra mais a necessidade de sua realização, pois não existem mais trechos livres de rio tanto a jusante quanto a montante de UHE para as espécies completarem o seu ciclo de vida. Na UHE Monjolinho, por exemplo, a ausência de trechos livres de rio a jusante e a não utilização a montante de áreas de trecho do único rio livre pelos dourados no rio Erechim (monitorados com radiotelemetria desde o fechamento da UHE Monjolinho em 2009) indicam que não há justificativa para a implantação de um sistema de transposição. Apesar disso, sugerimos que a transposição manual de jusante para montante e a ampliação do delineamento amostral com o monitoramento contínuo através da biotelemetria em bacias hidrográficas que ainda tenham ambientes propícios para as

espécies completarem o seu ciclo de vida tenha a sua prática incrementada no Brasil. Além dessa questão, outro aspecto que pode ser considerado no manejo de peixes migradores em reservatórios, que pode ser avaliado pela biotelemetria em conjunto com ferramentas da ecologia de paisagem, é o controle da pesca. Os pescadores geralmente conhecem os movimentos dos peixes e exploram esse conhecimento (Silvano & Begossi, 2001, 2002). Além disso, o bloqueio de movimentos descendentes pela construção de reservatórios de UHE pode intensificar a pesca de peixes migradores próximo a barragem (Castro & Begossi, 1995). Portanto, o conhecimento de áreas, dentro de reservatórios, onde os peixes migradores concentram-se em determinadas épocas do ano podem auxiliar na criação de áreas prioritárias a fiscalização intensiva da pesca dentro de reservatórios neotropicais.

Referências bibliográficas

- Alves, C. B. M., L. G. M. D. Silva & A. L. Godinho. 2007. Radiotelemetry of a female jaú, *Zungaro jahu* (Ihering, 1898) (Siluriformes: Pimelodidae), passed upstream of Funil Dam, rio Grande, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5: 229-232.
- Agostinho A. A., L. C. Gomes, Fernandez D. R. Fernandez & H. I. Suzuki. 2002. Efficiency of fish ladders for Neotropical ichthyofauna. *River Research and Applications* 18: 299–306.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, H. I. Suzuki & H. F. J. Júlio. 2003. Pp: 19-98. In: Carolsfeld, J., B. Harvey, C. Ross & A. Baer. 2003. *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. Ottawa, World Fisheries Trust/World Bank/IDRC, Canadá, 380p.
- Agostinho, A. A., L. E. Miranda, L. M. Bini, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & H. I. Suzuki. 1999. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. Pp. 227-265. In: Tundisi, J. G. & M. Straskraba (Eds). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos, Backhuys Publishers, Brazilian Academy of Sciences, 585p.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes & F. M. Pelicice. 2007a. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá, Eduem, 501p.
- Agostinho, A. A., E. E. Marques, C. S. Agostinho, D. A. Almeida, Oliveira, R. J. Oliveira & J. R. B. Melo. 2007b. Fish ladder of Lajeado Dam: migrations one-way routes? *Neotropical Ichthyology*, 5: 121-130.
- Almeida, V. L. L., N. S. Hahn & A. E. A. M. Vazzoler. 1997. Feeding patterns in five predatory fishes of the high Paraná River floodplain (PR-Brazil). *Ecology of Freshwater Fish*, 6: 123-133.
- Antonio, R. R., A. A. Agostinho, F. M. Pelicice, D. Bailly, E. K. Okada & J. H. P. Dias. 2007. Blockage of migration routes by dam construction: can migratory fishes find alternative routes? *Neotropical Ichthyology*, 5: 177-184.
- Barthem, R. & M. Goulding. 1997. *Os bagres balizadores - Ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos*. Tefé, Sociedade Civil Mamirauá, MCT/CNPq/IPAAM, 130p.
- Bisotto, P. M., A. L. Godinho, V. Vono, B. Kynard & H. P. Godinho. 2009. Influence of seasonal, diel, lunar, and other environmental factors on upstream fish passage in the Igarapava Fish Ladder, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*, 18: 461-472.
- Bonetto, A. A., C. Pignalberi, E. C. Yuan & O. Oliveros. 1971. Informaciones complementarias sobre migraciones de peces em La Cuenca Del Plata. *Physis*, 30: 505-520.
- Borcard, D., F. Gillet & P. Legendre. 2011. *Numerical Ecology with R*. Springer, New York, 302p.

- Bowler, D. E. & T. G. Benton. 2005. Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behavior to spatial dynamics. *Biological reviews*, 80: 205-225.
- Britski, H. B., K. Z. de S. de Silimon, B. S. Lopes. 1999. Peixes do pantanal: manual de identificação. Brasília: Embrapa-SPI, Corumbá: Embrapa-CPAP, 184p.
- Burns, M. D. M. 2004. Migração e uso do habitat do dourado, *Salminus brasiliensis*, no rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade do Vale do rio dos Sinos, São Leopoldo, 40p.
- Burnham, K. P., D. R. Anderson & K. P. Huyvaert. 2011. AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65: 23-35.
- Castro, F. & A. Begossi. 1995. Ecology of fishing on the Grande river (Brazil): technology and territorial rights. *Fisheries Research*, 23: 361-373.
- Cooke, S. J., G. H. Hinch, M. Wikelski, Andrews, R. D., L. J. Kuchel, Wolcott, T. G. Wolcott & P. J. Butler. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 19: 334-343.
- DeAngelis, D. L., J. C. Trexler, & W. F. Loftus. 2005. Life history trade-offs and community dynamics of small fishes in a seasonally pulsed wetland. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 781-790.
- Delfino, R. & C. Baigún. 1985. Marcaciones de peces en el ambalse de Salto Grande, rio Uruguay (Argentina-Uruguay). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 16: 85-93.
- Fernandez, D. R., A. A. Agostinho, L. M. Bini & L. C. Gomes. 2007. Environmental factors related to entry into and ascent of fish in the experimental ladder located close to Itaipu Dam. *Neotropical Ichthyology*, 5: 153-160.
- Ferreira, J. A. & J. R. Leal. 2011. UHE Monjolinho. Comportamento da barragem de enrocamento com face de concreto. Comitê Brasileiro de Barragens, XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Rio de Janeiro. 18p.
- Flecker, A. S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical stream. *Ecology*, 77: 1845-1854.
- Gibbs, M., M. Saastamoinen, A. Coulon & V. M. Stevens. 2010. Organisms on the move: ecology and evolution of dispersal. *Biology Letters*, 6: 146-148.
- Gois, K. S., R. R. Antonio, L. C. Gomes, F. M. Pelicice & A. A. Agostinho. 2012. The role of submerged trees in structuring fish assemblages in reservoirs: two case studies in South America. *Hydrobiologia*, 685: 109-119.
- Godinho, A. L. & B. Kynard. 2006. Migration and Spawning of Radio-Tagged Zulega *Prochilodus argenteus* in a Dammed Brazilian River. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135: 811-824.

- Godinho A. L. & B. Kynard. 2009. Migratory fishes of Brazil: life history and fish passage needs. *River Research and Applications*, 25: 702–712.
- Godinho, A. L., B. Kynard & H. P. Godinho. 2007. Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 80: 421–433.
- Godoy, M. P. 1975. Peixes da sub-ordem Characoidei - Bacia do rio Mogi- Guaçu. Piracicaba, Franciscana. 4 v.
- Hahn, L. 2000. Diversidade, composição da ictiofauna e aspectos da biologia de *Salminus maxillosus* e *Prochilodus lineatus* do rio Uruguai superior , entre Mondaí e Itapiranga, Santa Catarina, Brasil. Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 46p.
- Hahn, L., A. A. Agostinho, K. K. English, J. Carosfeld, L. F. da Câmara, S. J. Cooke. 2011. Use of radiotelemetry to track threatened dorado *Salminus brasiliensis* in the upper Uruguay River, Brazil. *Endangered Species Research*, 15:103-114.
- Hallwass, G., P. F. Lopes, A. A. Juras & R. A. M. Silvano. 2013. Fishers' knowledge identifies environmental changes and fish abundance trends in impounded tropical rivers. *Ecological Applications*, 23: 392-407.
- Hermes-Silva, S., D. Reynalte-Tataje & E. Zaniboni-Filho. 2009. Spatial and temporal distribution of the ichthyoplankton in the upper Uruguay River, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52: 933-944.
- Hoeinghaus, D. J., A. A. Agostinho, L. C. Gomes, F. M. Pelicice, E. K. Okada, J. D. Latini, E. A. L. Kashiwaqui & K. O. Winemiller. 2009. Effects of river impoundment on ecosystem services of large tropical rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. *Conservation Biology*, 23: 1222-1231.
- Hohausová, A. D., R. J. Lavoy & M. S. Allen. 2010. Fish dispersal in a seasonal wetland: influence of anthropogenic structures. *Marine and Freshwater Research*, 61: 682-694.
- Holyoak, M., R. Casagrandi, R. Nathan, E. Revilla & O. Spiegel. 2008. Trends and missing parts in the study of movement ecology. *PNAS*, 105: 19060-19065.
- IBGE. 1990. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil, Região Sul, Rio de Janeiro, 419p.
- Lima, F. C. T., L. R. Malabarba, P. A. Buckup, J. F. P. Silva, R. P. Vari, A. Harold, R. Benine, O. T. Oyakawa, C. S. Pavanelli, N. A. Menezes, C. A. S. Lucena, M. C. S. L. Malabarba, Z. M. S. Lucena, R. E. Reis, F. Langeani, L. Casatti, V. A. Bertaco, C. Moreira & P. H. F. Lucinda. 2003. Genera Incertae Sedis in Characidae. Pp: 106-169. In: Reis, R. E, S. O. Kullander, C. J. Jr. Ferrari (Eds.). *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre, Edipucrs, 729p.

- Linfield, R. S. J. 1985. An alternative concept to home range theory with respect to populations of cyprinids in major river systems. *Journal of Fish Biology*, 27: 187-196.
- Loures, R. C. & P. S. Pompeu. 2012. Temporal variation in fish community in the tailrace at Três Marias Hydroelectric Dam, São Francisco River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 10: 731-740.
- Lowe-McConnell, R. L. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo, Edusp, 535p.
- Lucas, M.C. & E. Baras. 2001. Migration of freshwater fishes. Osney Mead, Blackwell Science, 420p.
- MONEL. 2002. UHE Monjolinho, Estudo de Impacto Ambiental, Volume I/II. 213p.
- Morais Filho, M. B. & O. Schubart. 1955. Contribuição ao estudo do dourado (*Salminus maxillosus* Val.) do rio Mogi Guassu (Pisces, Characidae). São Paulo, Ministério da Agricultura, Divisão de Caça e Pesca, 139p.
- Neely, B. C., S. C. Dumont & R. L. Cole. 2011. Seasonal home range estimates and habitat selection of saugeye in a small warmwater impoundment. *Fisheries Management and Ecology*, 18: 113-120.
- Neto, F. R. D. A. 2008. Migração e conservação do dourado (*Salminus franciscanus*, Lima & Britski 2007) em um trecho do rio São Francisco. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 64p.
- Machado, C. 2003. Aspectos reprodutivos do dourado *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Teleostei, Characidae) na região do alto rio Uruguai, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 52p.
- Makrakis, M. C., L. E. Miranda, S. Makrakis, A. M. M. Xavier, H. M. Fontes & W. G. Morlis. 2007a. Migratory movements of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, in the highly impounded Paraná River. *Journal Applications Ichthyology*, 23: 700-704.
- Makrakis, M. C., L. E. Miranda, S. Makrakis, D. R. Fernandez, J. O. Garcia & J. H. P. Dias. 2007b. Movement patterns of armado, *Pterodorus granulosus*, in the Paraná River Basin. *Ecology of Freshwater Fish*, 16: 410-416.
- Makrakis, M. C., L. E. Miranda, S. Makrakis, H. M. F. Júnior, W. G. Morlis, J. H. P. Dias & J. O. Garcia. 2012. *Journal of Fish Biology*, 81: 866-881.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2008. Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção. (A.B.M. Machado, G.M. Drumond & A.P. Paglia, Eds.). MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Departamento de Conservação da Biodiversidade, Brasília.
- Paukert, C. O. & W. L. Fisher. 2000. Abiotic factors affecting summer distribution and movement of male Paddlefish, *Polyodon spathula* in a Prairie reservoir. *The Southwestern Naturalist*, 45: 133-140.

- Pelicice, F. M. & Agostinho A. A. 2008. Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. *Conservation Biology* 22: 180–188.
- Pesoa, N. A. & U. H. Schulz. 2010. Diel and seasonal movements of grumatã *Prochilodus lineatus* (Valenciennes 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) in the Sinos River, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology, Suppl.*, 70: 1169-1177.
- Petrere Jr, M. 1985. Migraciones de peces de agua dulce en America Latina; algunos comentarios. Comisión de Pesca Continental para América Latina (COPESCAL), Roma, 1-17p.
- Pompeu, P. S., A. A. Agostinho & F. M. Pelicice. 2012. Existing and future challenges: the concept of successful fish passage in South America. *River Research and Applications*, 28: 504-512.
- Reynalte-Tataje, D. A., A. A. Agostinho, A. Bialezki, S. Hermes-Silva, R. Fernandes & E. Zaniboni-Filho. 2012a. Spatial and temporal variation of the ichthyoplankton in a subtropical river in Brazil. *Environment Biology Fish*, 94: 403-419.
- Reynalte-Tataje, D. A., A. P. O. Nuñez, M. C. Nunes, V. Garcia, C. A. Lopes & E. Zaniboni-Filho. 2012b. Spawning of migratory fish species between two reservoirs of the upper Uruguay River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 10: 829-835.
- Reis, R. E., Z. M. S. Lucena, C. A. S. Lucena & L. R. Malabarba. 2003. Peixes. In: Fontana, C. S., G. A. Bencke & R. E. Reis (Eds.). 2003. Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Edipucrs, 632 p.
- Resende, E. K. 2003. Migratory fishes of the Paraguay Paraná Basin, excluding the Upper Paraná Basin. Pp. 99-155. In: Carolsfeld, J., B. Harvey, C. Ross & A. Baer (Eds.). 2003. Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status. Victoria, Canadá: World Fisheries Trust/World Bank/IDRC, 372p.
- R Development Core Team. 2011. A language and Environment for Statistical Computing. Available at: <http://www.R-project.org>.
- Santos, H. A., E. M. F. Viana, P. S. Pompeu & C. B. Martinez. 2012. Optimal swim speeds by respirometer: an analysis of three neotropical species. *Neotropical Ichthyology*, 10: 805-811.
- Silvano, R. A. M. & A. Begossi. 2001. Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). *Fisheries Research*, 51: 69-86.
- Silvano, R. A. M. & A. Begossi. 2002. Ethnoichthyology and fish conservation in the Piracicaba River. *Journal of Ethnobiology*, 22: 285-306.
- Silva, L. G. M. 2004. Migração de mandis-amarelos *Pimelodus maculatus* e curimbas *Prochilodus lineatus* no rio Grande, bacia do alto rio Paraná. Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 63p.

Schulz, U. H. & M. E. Leal. 2012. Effects of stocking density on dispersal behavior of Brazilian freshwater dourado (*Salminus brasiliensis*) in a subtropical river headwater. *Neotropical Ichthyology*, 10: 409-415.

Sverlij, S. B. & A. Espinach-Ros. 1986. El dorado, *Salminus maxillosus* (Pisces, Characiformes) en el río de La Plata y Río Uruguay inferior. *Revista de Investigación Desarrollo Pesquero*, 6: 57-75.

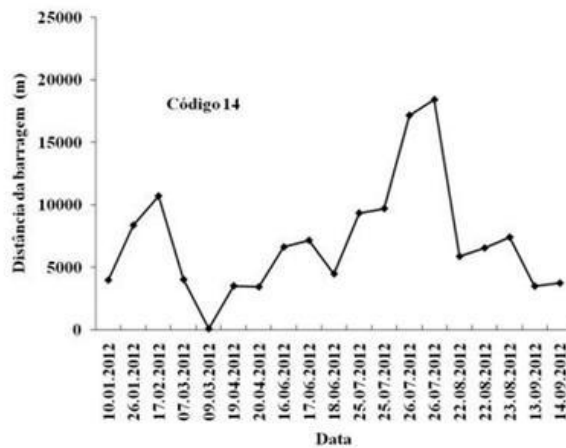
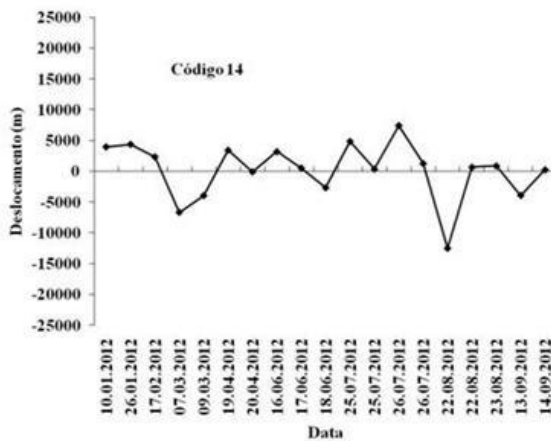
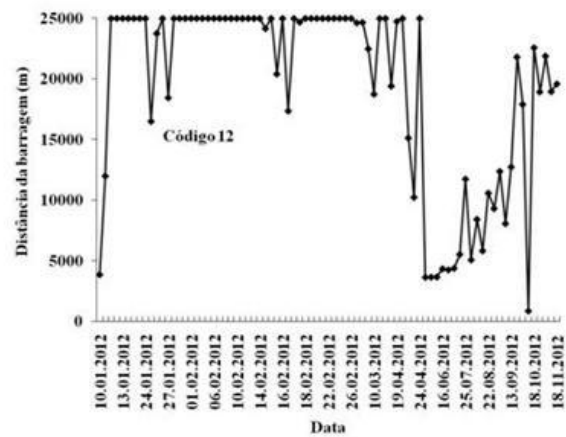
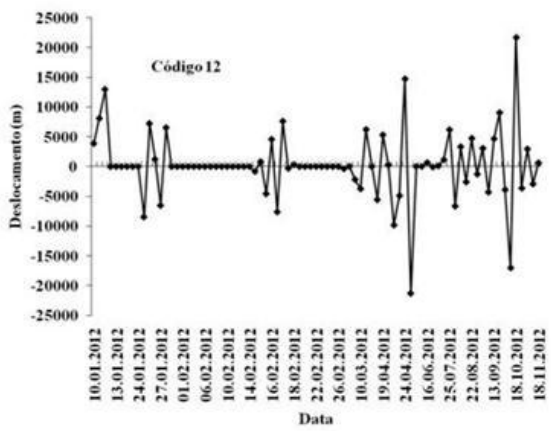
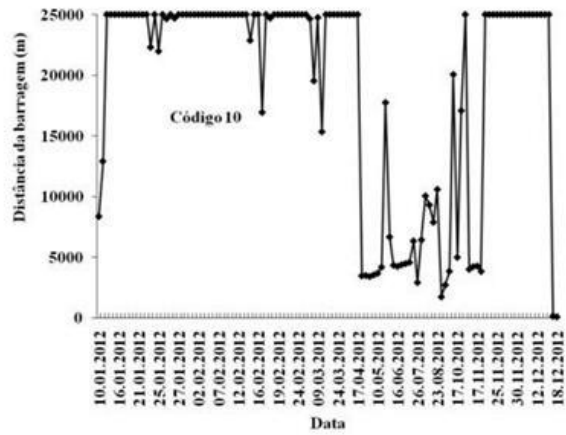
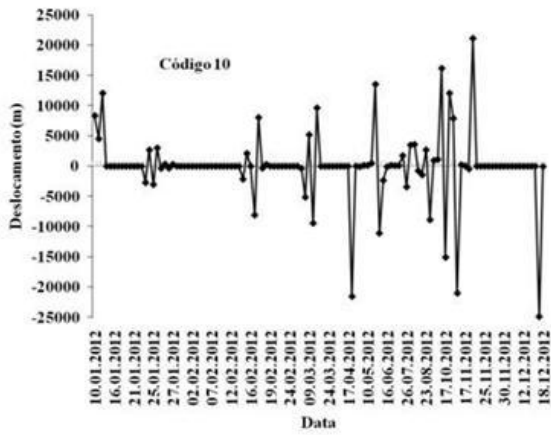
Thiem, J. D., B. T. Broadhurst, M. Lintermans, B. C. Ebner, R. C. Clear & D. Wright 2013. Seasonal differences in the diel movements of Macquarie perch (*Macquaria australasica*) in a upland reservoir. *Ecology of Freshwater Fish*, 22: 145-156.

Tilman, D. 1994. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology*, 75: 2-16.

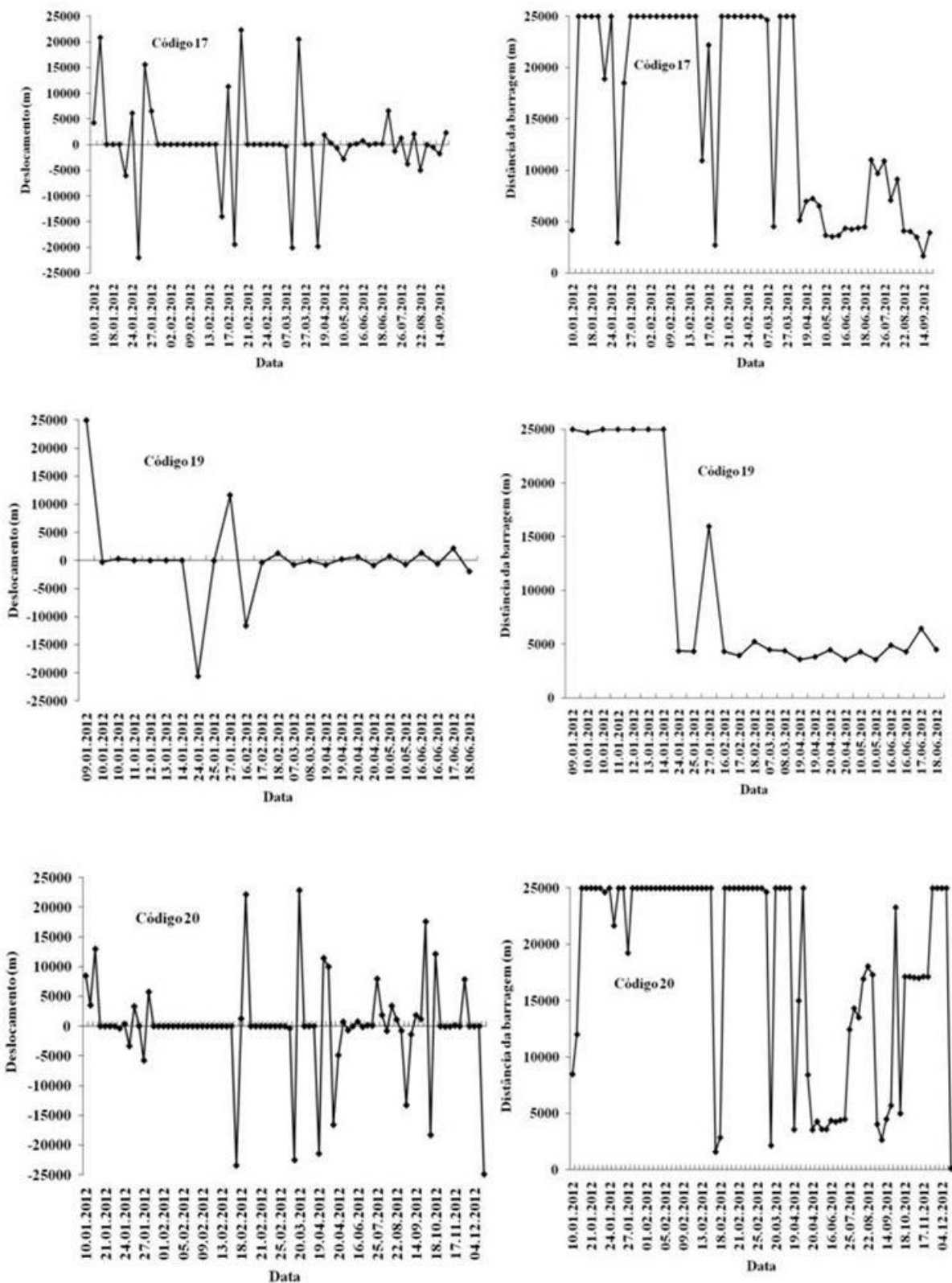
Vazzoler, A. E. A. de M. 1996. *Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: teoria e prática*. Eduem, Maringá, Paraná, 169p.

Vazzoler, A. E. A. de M. & N. A. Meneses. 1992. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). *Revista Brasileira de Biologia*, 52: 627-640.

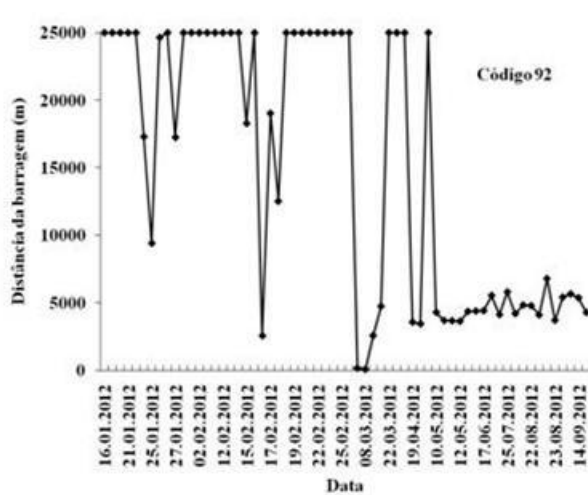
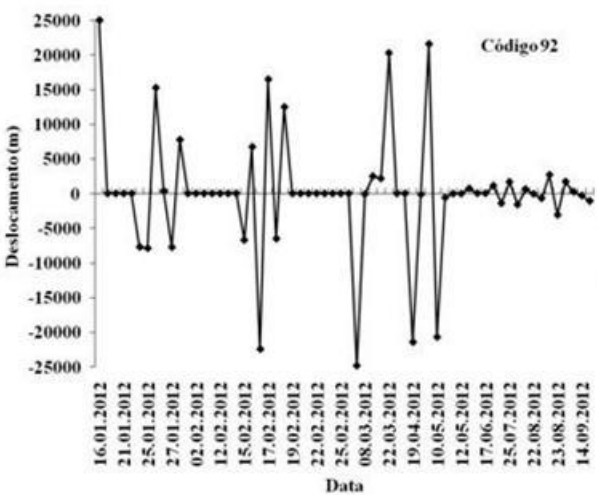
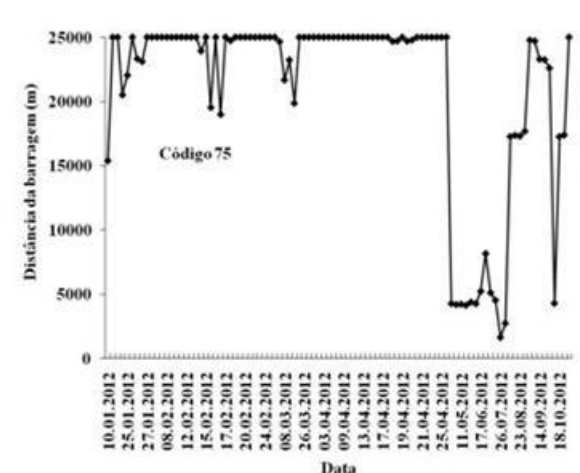
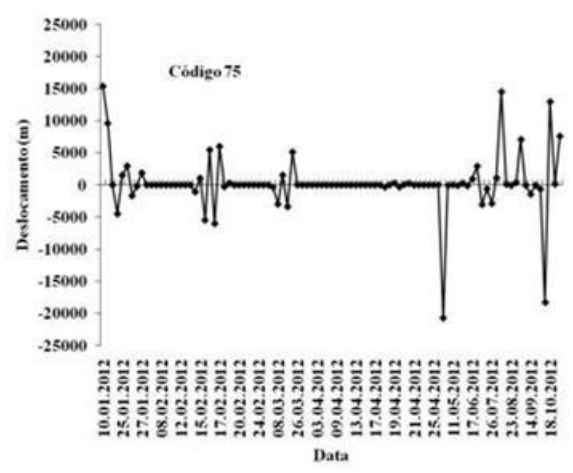
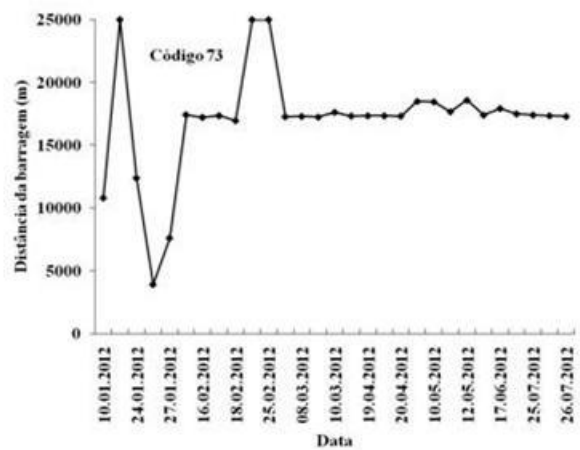
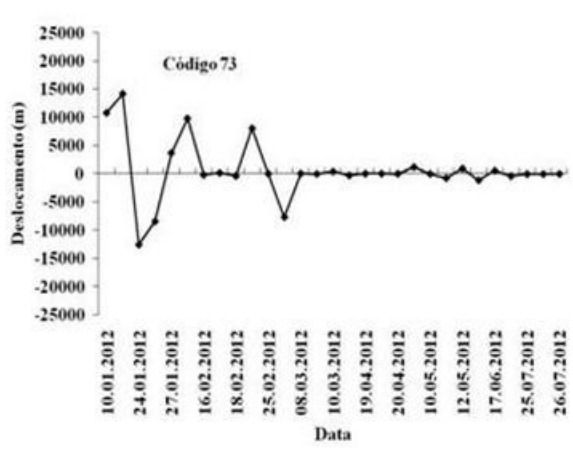
Zaniboni-Filho, E. & U. H. Schulz. 2003. Migratory fishes of the Uruguay river. Pp. 157-194. In: Carolsfeld, J.; B. Harvey, C. Ross, A. Baer. 2003. *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. Victoria, Canadá: World Fisheries Trust/World Bank/IDRC, 372p.



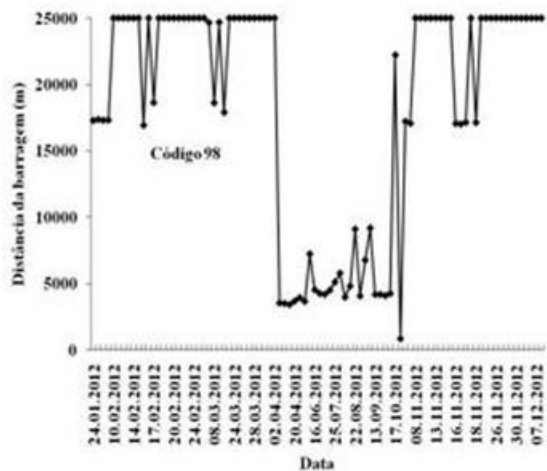
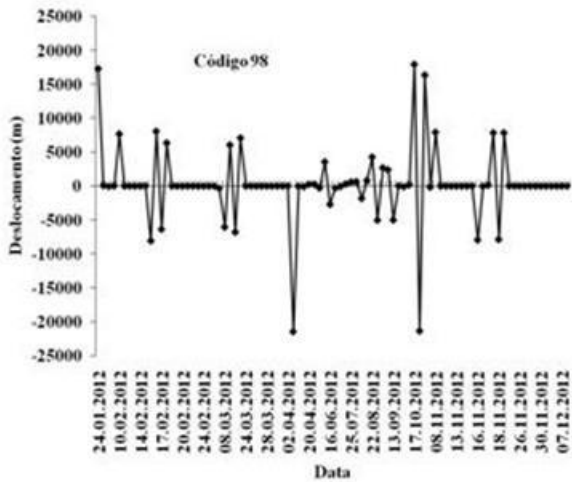
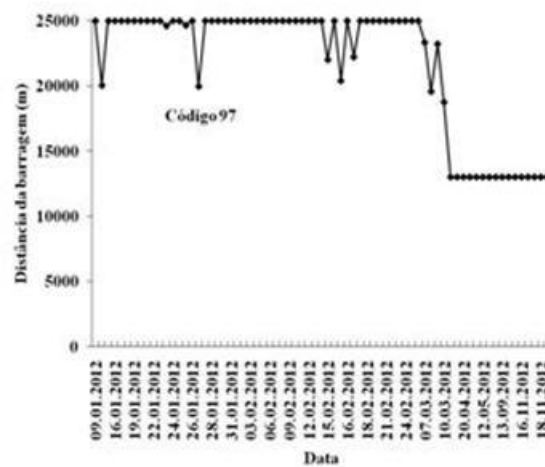
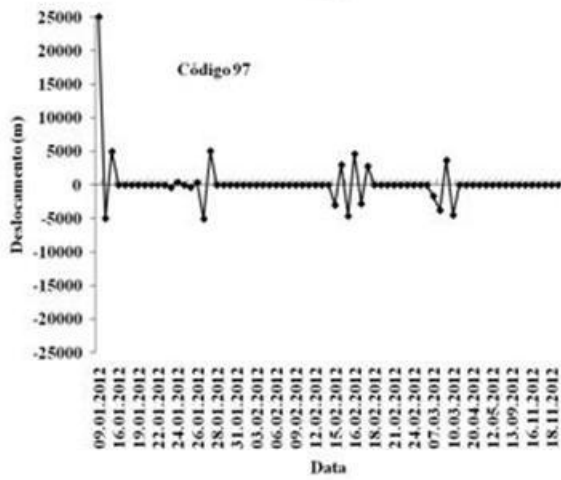
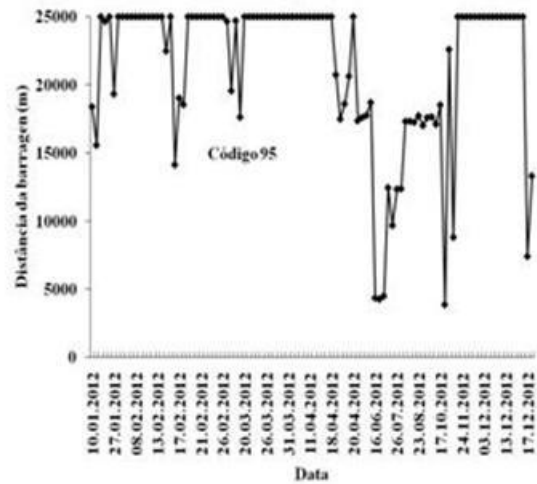
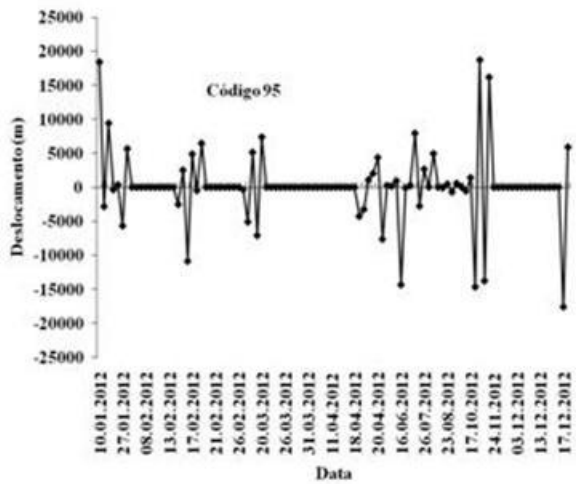
Apêndice 1. Deslocamentos e posição dos códigos 10, 12 e 14 no reservatório da UHE Monjolinho ao longo das datas de detecção nos rastreamentos móveis e base fixa de montante.



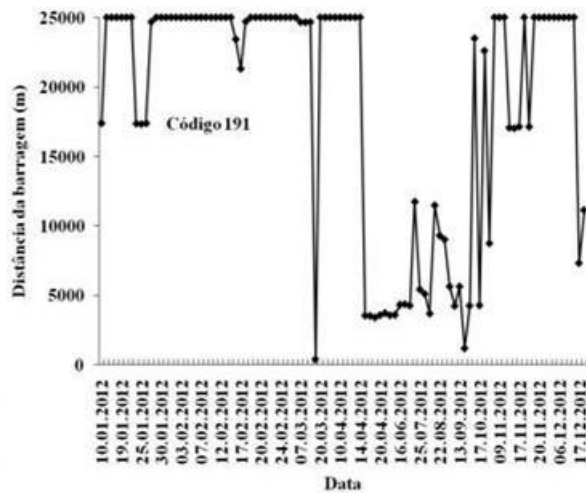
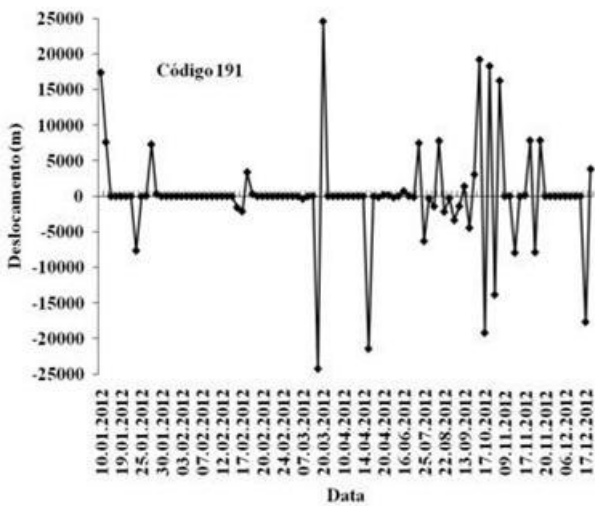
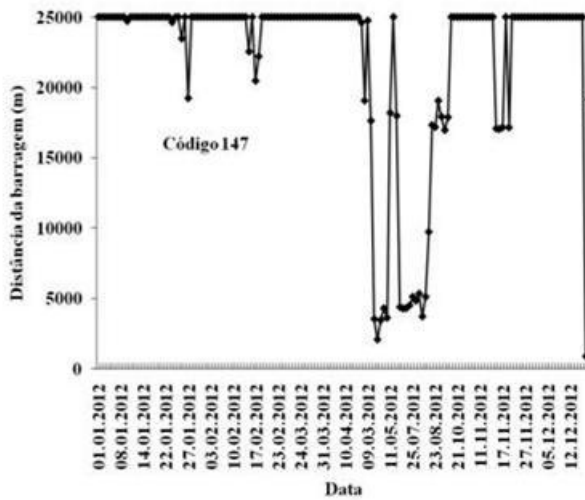
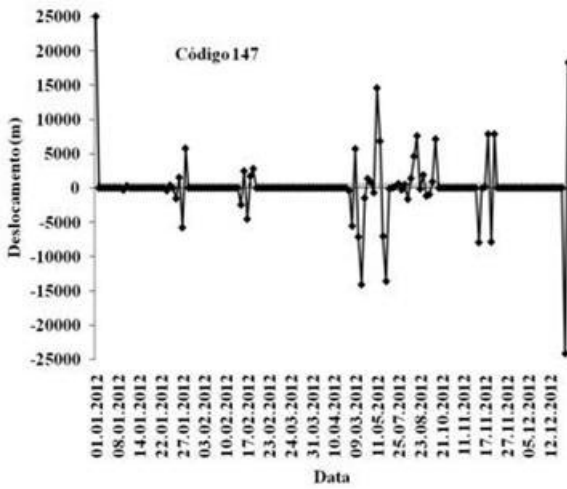
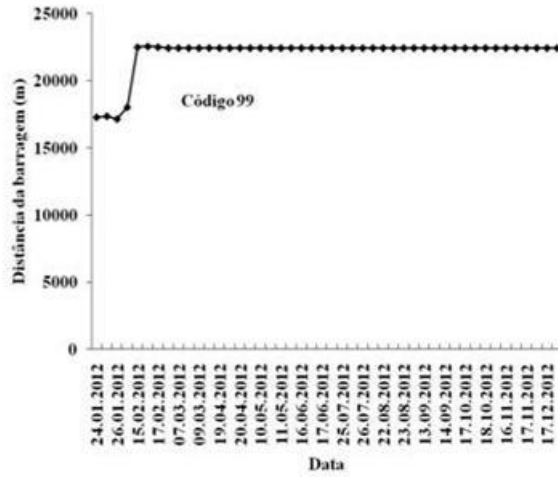
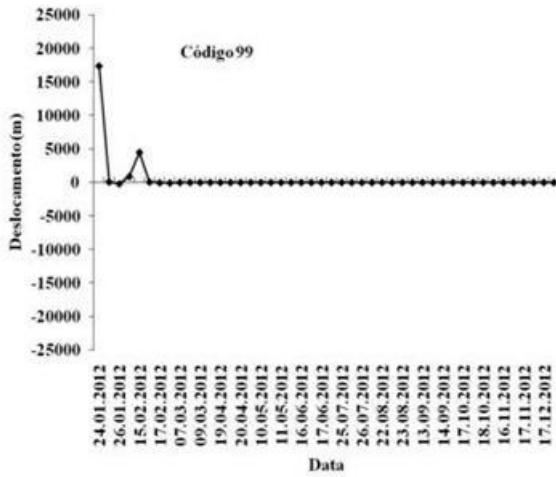
Apêndice 2. Deslocamentos e posição dos códigos 17, 19 e 20 no reservatório da UHE Monjolinho ao longo das datas de detecção nos rastreamentos móveis e base fixa de montante.



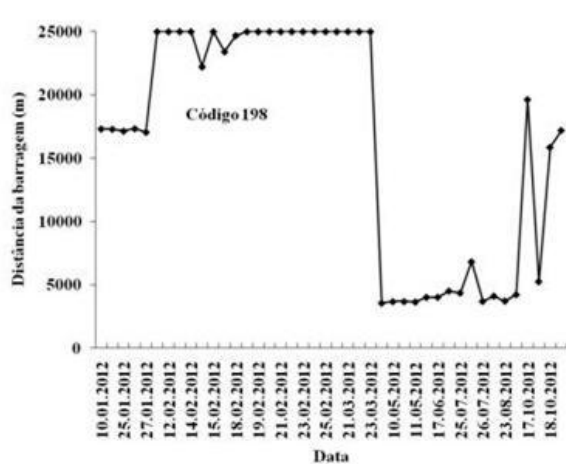
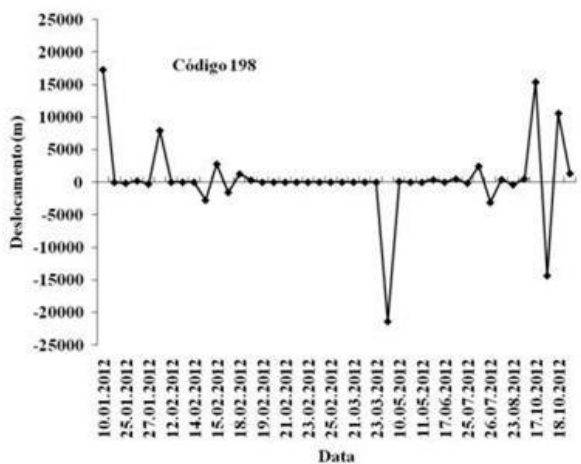
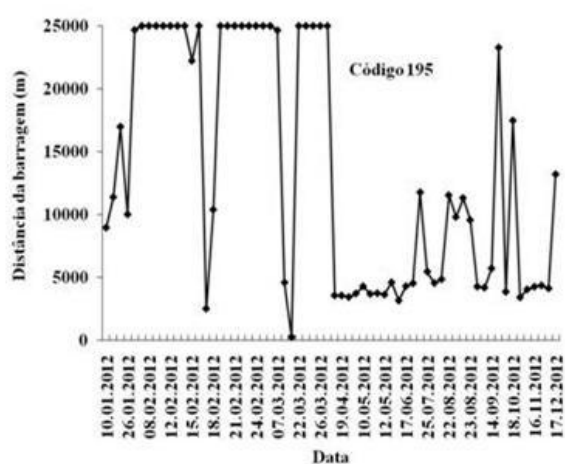
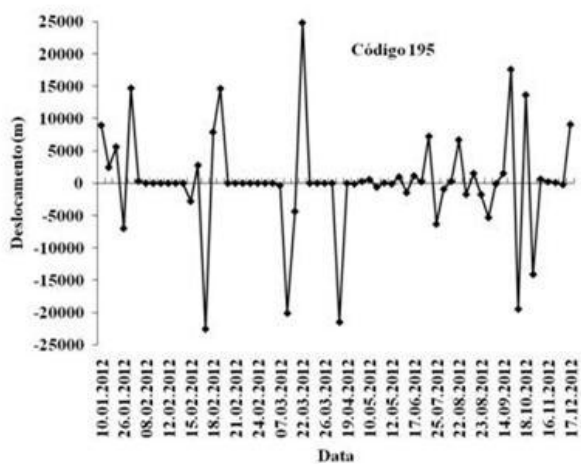
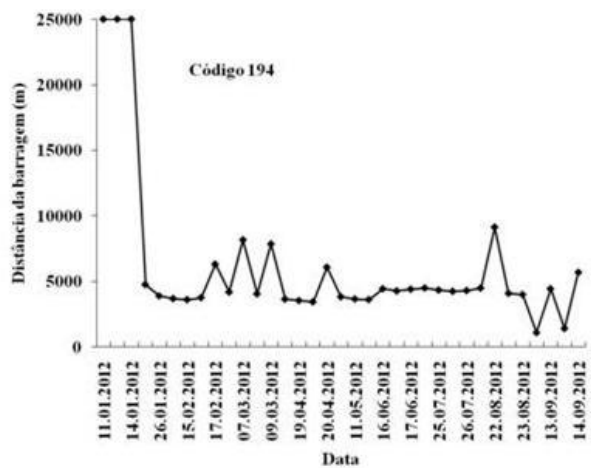
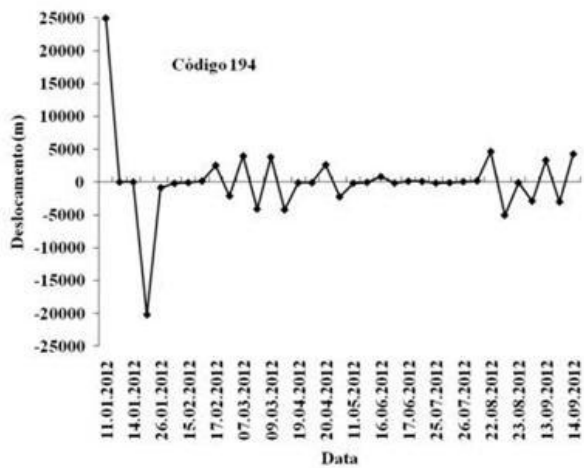
Apêndice 3. Deslocamentos e posição dos códigos 73, 75 e 92 no reservatório da UHE Monjolinho ao longo das datas de detecção nos rastreamentos móveis e base fixa de montante.



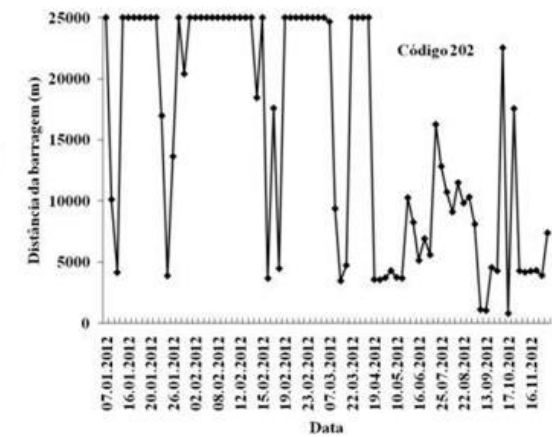
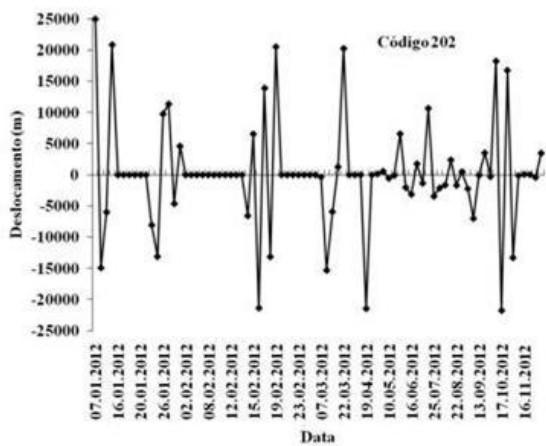
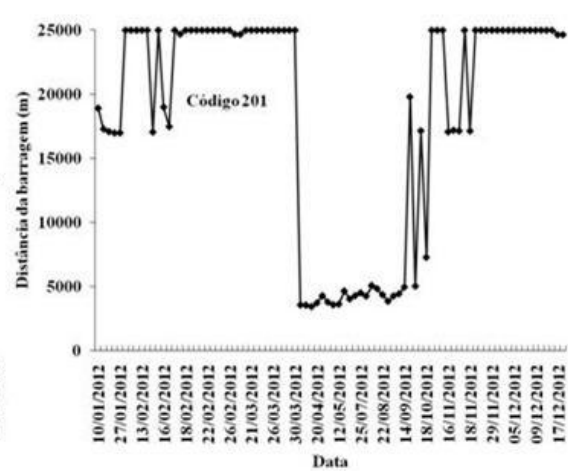
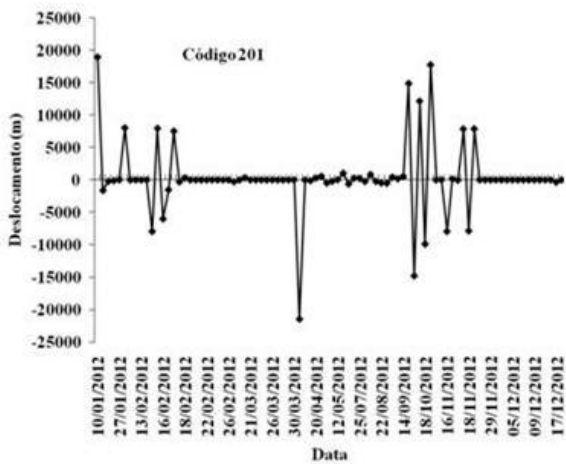
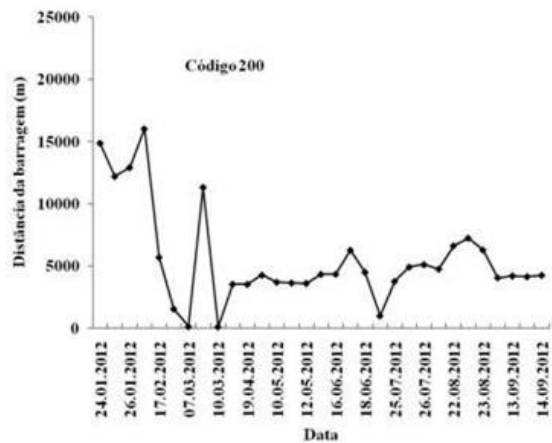
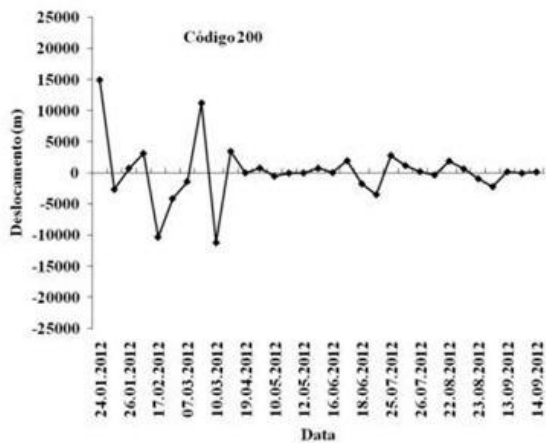
Apêndice 4. Deslocamentos e posição dos códigos 95, 97 e 98 no reservatório da UHE Monjolinho ao longo das datas de detecção nos rastreamentos móveis e base fixa de montante.



Apêndice 5. Deslocamentos e posição dos códigos 99, 147 e 191 no reservatório da UHE Monjolinho ao longo das datas de detecção nos rastreamentos móveis e base fixa de montante.



Apêndice 6. Deslocamentos e posição dos códigos 194, 195 e 198 no reservatório da UHE Monjolinho ao longo das datas de detecção nos rastreamentos móveis e base fixa de montante.



Apêndice 7. Deslocamentos e posição dos códigos 200, 201 e 202 no reservatório da UHE Monjolinho ao longo das datas de detecção nos rastreamentos móveis e base fixa de montante.