



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GIA/07

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAIS - GIA

PASSAGEM DE PEIXES POR ESTRUTURAS DE USINAS HIDRELÉTRICAS: PRECISÃO E RAPIDEZ NA IDENTIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS ATRAVÉS DO USO DE TÉCNICAS DE TELEMETRIA

**Lisiane Hahn(*)
NEOTROPICAL**

**Taise Miranda Lopes
NEOTROPICAL**

**Leonardo Donato Nunes
NEOTROPICAL**

**Leonardo de Souza Machado
NEOTROPICAL**

**Jonas Claudiomar Kilpp
NEOTROPICAL**

**Luís Fernando da Câmara
NEOTROPICAL**

RESUMO

A construção de usinas hidrelétricas afeta diretamente os peixes, em especial os migradores de longa distância. A interrupção das rotas migratórias impede o livre trânsito entre as áreas de reprodução, alimentação e crescimento das espécies. O conhecimento prévio limitado sobre os movimentos de peixes nas estruturas e áreas de influência de usinas hidrelétricas limita o estabelecimento de medidas mitigadoras ou de manejo das espécies. Neste informe técnico foram sumarizados os resultados de quatro projetos que utilizaram técnicas de telemetria para avaliação dos movimentos de peixes migradores por estruturas de usinas hidrelétricas no Brasil. Os resultados comprovam que a técnica respondeu em um curto espaço de tempo e com alta precisão a questões diretamente relacionadas ao manejo da ictiofauna em áreas afetadas por empreendimentos hidrelétricos.

PALAVRAS-CHAVE

América do Sul, Peixes Migradores, Reservatórios, Sistemas de Transposição, Biotelemetria

1.0 - INTRODUÇÃO

Na América do Sul, praticamente todas as bacias hidrográficas estão sob influência de usinas hidrelétricas (Pelicice e Agostinho, 2007), cuja construção e operação pode interferir diretamente na ictiofauna, em especial a de peixes migradores. A interrupção das rotas migratórias por barramentos leva ao isolamento de áreas de reprodução, alimentação e crescimento, em geral separadas por centenas ou até mesmo milhares de quilômetros de distância.

O conhecimento sobre os padrões de movimentação de espécies migradoras, em geral as mais importantes para a pesca, ainda é incipiente em diversas bacias hidrográficas brasileiras, especialmente naquelas localizadas em áreas remotas. Para minimizar esses impactos sobre a dinâmica e a distribuição da comunidade de peixes, a construção de passagens de peixes tem sido uma das estratégias adotada pelas autoridades brasileiras e setor elétrico (Pompeu et al., 2012).

Os movimentos de peixes migradores em rios afetados por empreendimentos hidrelétricos, bem como a eficiência de atração e passagem por sistemas de transposição de peixes (STPs) têm sido avaliados com uso de tecnologias de ponta como a telemetria; amplamente utilizada em pesquisas de peixes no Hemisfério Norte desde 1950. Entretanto, sua aplicação no Brasil é bastante recente (Hahn et al., 2012), em contraste com a grande diversidade e importância econômica das espécies migradoras.

(*) Rua Cesário Rosseto, n°182 – CEP 99074-210 Passo Fundo, RS – Brasil
Tel: (+55 54) 3312-0985 – Email: lisiane@neotropical.com.br

Técnicas de telemetria apresentam grande potencial para avaliar os movimentos de peixes em áreas de influência de usinas hidrelétricas e sistemas de transposição de peixes em curta escala de tempo e com alta precisão, respondendo à diferentes questões em diferentes cenários. Neste estudo, são sumarizados os resultados oriundos de quatro projetos de avaliação de movimentos de peixes migradores por estruturas de usinas hidrelétricas no Brasil: i) passagem de peixes pelas adufas da UHE Chapecó, ii) avaliação da necessidade de implantação de STP e passagem descendente de peixes migradores na UHE Monjolinho, iii) passagem de peixes pelo vertedouro da UHE Santo Antônio durante o enchimento do reservatório e iv) investigação dos movimentos de peixes a jusante da UHE Jirau.

2.0 - AVALIAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE PEIXES EM USINAS HIDRELÉTRICAS BRASILEIRAS COM TÉCNICAS DE TELEMETRIA

2.1 Avaliação da passagem de peixes pelas adufas da UHE Foz do Chapecó

A UHE Foz do Chapecó (855 MW) está localizada no trecho superior do rio Uruguai, entre os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Figura 1). As adufas da UHE Foz do Chapecó são compostas no total por 21 unidades com 6,84 m largura x 10 m altura x 30 m de comprimento cada (Figura 2).

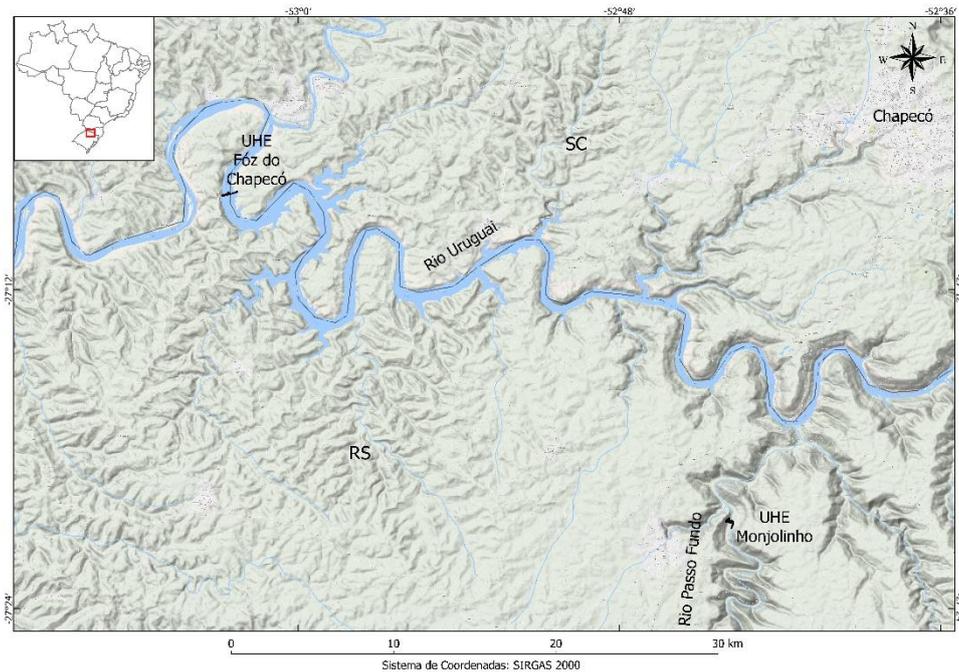


FIGURA 1 - Localização das usinas hidrelétricas Foz do Chapecó (rio Uruguai) e Monjolinho (rio Passo Fundo).



FIGURA 2 – Adufas da UHE Chapecó

Durante a construção da usina pescadores questionaram se peixes migradores, em especial dourados (*Salminus brasiliensis*), importante recurso pesqueiro na região, seriam capazes de movimentar-se entre os trechos montante

e jusante da obra. Para responder a esta questão, foi realizada uma avaliação dos deslocamentos de dourados entre janeiro e dezembro de 2010, com a aplicação de técnicas de radiotelemetria.

Neste período, 20 dourados foram capturados a jusante da obra da usina e marcados com transmissores de radiotelemetria, seguindo os protocolos descritos em Hahn et al. (2011). Os peixes foram soltos próximos ao local de captura e rastreados por monitoramentos móveis até 5 km a jusante e 10 km montante da usina e por uma estação fixa (operante 24/dia e 7 dias/semana) instalada a montante das adufas. A estação fixa era composta por três antenas modelo Yagi (4') conectadas via cabos coaxiais a um receptor de radiotelemetria (modelo SRX-600, Lotek Wireless Inc.). Os dados armazenados no receptor foram transferidos para um computador portátil, e posteriormente analisados. Foi quantificado o número de indivíduos que passaram pelas adufas e se deslocaram a montante, quantos permaneceram a jusante e os tempos de permanência anteriores à passagem pelas estruturas.

Dos 20 dourados marcados, onze (55%) passaram pelas adufas. Destes, oito deslocaram-se entre 2 e 46 dias pós soltura e foram registrados pela base de montante; quatro permanecendo na área de detecção das antenas fixas entre 08 e 13 dias. Um dourado foi registrado por bases fixas instaladas no rio Passo Fundo, a jusante da UHE Monjolinho (Figura 1) em outubro de 2010 (ID 17) e dois dourados (ID 1 e ID 9) foram capturados por pescadores 8 e 10 km a montante da usina, em julho de 2011 e maio de 2012 (Tabela 1). Estes três últimos peixes provavelmente deslocaram-se para montante no período entre a desativação do sistema de rastreamento (março de 2010) e o enchimento do reservatório (agosto de 2010).

Os nove dourados não registrados a montante da usina permaneceram no local de soltura entre 1 e 33 dias (média de 10,5 dias). Dois dourados foram capturados por pescadores. Destes, um indivíduo (ID 14) foi capturado 40 dias após a soltura, em um afluente localizado a jusante da usina (rio das Antas), 30 km a montante da foz com o rio Uruguai e um segundo dourado (ID 6) foi capturado no rio Uruguai 65 km a jusante da usina.

TABELA 1 - Dourados marcados com radiotransmissores a montante da UHE Foz do Chapecó registrados a montante da usina e/ou capturados por pescadores (ID= código de identificação do peixe).

ID	Data soltura	Data 1° registro a montante	Horário 1° registro a montante
1	14/01/2010	10/07/2011	Captura por pescador
2	14/01/2010		
3	15/01/2010	17/01/2010	12:46
4	15/01/2010		
5	15/01/2010	15/02/2010	15:13
6	15/01/2010		Captura por pescador
7	15/01/2010	11/02/2010	11:20
8	15/01/2010	02/03/2010	16:59
9	15/01/2010	26/05/2012	Captura por pescador
10	15/01/2010		
11	15/01/2010	01/03/2010	18:21
12	15/01/2010		
13	15/01/2010		
14	15/01/2010		Captura por pescador
15	15/01/2010	11/02/2010	13:50
16	16/01/2010		
17	16/01/2010	24/10/2010	08:20
18	05/02/2010		
19	05/02/2010	02/03/2010	19:00
20	05/02/2010	01/03/2010	15:42

Este estudo respondeu em um curto espaço de tempo à uma questão crítica sobre a passagem de peixes migradores por estruturas de usinas hidrelétricas. Mesmo com forte perturbação inerente à construção (como ruídos e deslocamento de substrato, por exemplo) os peixes movimentaram-se entre os trechos montante e jusante da obra.

2.2 Implantação de STP e passagem descendente de peixes migradores na UHE Monjolinho

Neste projeto o objetivo foi identificar a utilização de trechos livres de rio a montante do reservatório e/ou a passagem descendente de *Salminus brasiliensis* (dourado) pelo vertedouro ou turbinas, para avaliar a necessidade de implantação de um sistema de transposição de peixes (STP) na UHE Monjolinho, no estado do Rio Grande do Sul.

A área de estudo compreende o rio Passo Fundo a jusante do reservatório da UHE Monjolinho (74 MW) o reservatório desta usina e o rio Erechim (Figura 1). A bacia hidrográfica do rio Passo Fundo tem área de 4.802,87 Km², sendo os rios Passo Fundo e Erechim os principais corpos de água. O reservatório da usina possui área de 3,95 Km².

Na fase pós-enchimento do reservatório da UHE Monjolinho, um total de 22 dourados (*S. brasiliensis*) foram coletados nos meses de maio de 2010 (n=2), janeiro de 2011 (n=10) e fevereiro de 2011 (n=10). Os dourados foram capturados próximo ao canal de fuga da UHE Monjolinho. Após a captura, os peixes foram marcados com transmissores de radiotelemetria e soltos no reservatório a 1.700 metros do barramento.

Para registro dos sinais dos peixes marcados, duas bases fixas de radiotelemetria foram instaladas na área de estudo: (1) a jusante do da UHE Monjolinho e (2) junto à casa de força da UHE Passo Fundo no rio Erechim. Adicionalmente, os peixes marcados foram mensalmente rastreados por barco no reservatório da UHE Monjolinho e rastreados por carro e a pé entre a casa de força da UHE Passo Fundo e 50 km a montante no rio Erechim. Os dados armazenados nas bases fixas foram transferidos para um computador portátil e posteriormente analisados.

Dos 22 dourados marcados, 15 (68%) realizaram movimentos descendentes e 06 (27%) permaneceram no reservatório até o final do estudo (Tabela 2). Os movimentos para jusante ocorreram entre 0 a 576 dias pós-soltura e cinco dourados foram registrados pela primeira vez a jusante da usina entre 5 e 25 horas pós-soltura. Os demais foram registrados por diferentes períodos entre 2 a 12 km a montante do local de soltura no reservatório antes da detecção a jusante da usina. Dois dourados registrados a jusante da UHE Monjolinho foram recapturados por pescadores 90 km a jusante no rio Uruguai (no reservatório da UHE Foz do Chapecó) e a jusante da UHE Itá (74 km a montante no rio Uruguai). Para quatro indivíduos foi possível comprovar a descida pelo vertedouro, pois no momento da descida a vazão turbinada era igual a zero.

TABELA 2 - Registros de dourados que realizaram movimento descendente pelo vertedouro da UHE Monjolinho (ID= código de identificação do peixe).

ID	Data Soltura	1° registro a montante	1° registro a jusante	Hora	Dias pós-soltura	Vazão vertida (m ³ /s)	Vazão turbinada (m ³ /s)
65	04/05/2010	28/05/2010	14/12/2010	14h21min	220	190.1	114.9
67	04/05/2010	28/05/2010	01/12/2011	08h00min	576	–	–
12	20/01/2011	22/01/2011	19/02/2011	06h56min	29	9.6	0
13	20/01/2011	22/01/2011	20/02/2011	03h17min	30	12.8	0
24	26/02/2011	–	27/02/2011	06h56min	0	8	30.7
25	26/02/2011	–	26/02/2011	23h25min	0	18.9	116.22
26	26/02/2011	–	26/02/2011	22h00min	0	21.9	114.9
28	26/02/2011	–	27/02/2011	17h00min	1	8	29.87
29	26/02/2011	–	27/02/2011	00h20min	0	12.21	62.16
30	26/02/2011	–	04/03/2011	02h14min	6	8	0
11	20/01/2011	18/02/2011	26/12/2011	13h54min	340	0	30.57
192	26/02/2011	06/04/2011	26/12/2011	13h55min	303	0	30.57
190	26/02/2011	–	12/03/2011	01h14min	13	8.83	28.58
27	26/02/2011	06/04/2011	26/12/2011	13h55min	303	0	30.57
18	21/01/2011	22/01/2011	29/03/2011	12h12min	66	9.6	0

Uma vez que os peixes marcados não utilizaram os trechos livres de rio a montante do reservatório; que grande parte deles realizou movimentos descendentes pela usina e que o remanso do reservatório da UHE Foz do Chapecó alcança os trechos imediatamente a jusante da UHE Monjolinho foi recomendada a não instalação de sistema de transposição de peixes nesta usina. No caso deste estudo, um número relativamente pequeno de indivíduos marcados e uma rede de detecção simplificada, subsidiaram num curto espaço de tempo o processo decisório sobre a instalação de STP numa usina hidrelétrica do sul do Brasil.

2.3 Avaliação da passagem de peixes pelo vertedouro principal da UHE Santo Antônio durante o enchimento do reservatório

Na UHE Santo Antônio (3.568 MW) o objetivo do estudo foi identificar a passagem de grandes bagres migradores do rio Madeira através do grupo principal de vertedouros (VTP), durante o enchimento do reservatório, anterior a cota mínima necessária para operação do STP da Ilha do Presídio.

Este estudo foi realizado na área do vertedouro principal (VTP, localizado na margem esquerda do rio Madeira) e no rio Madeira até 10 km a jusante da usina, localizado no município de Porto Velho, estado de Rondônia (Figura 3). O VTP da UHE Santo Antônio possui extensão aproximada de 360 m divididos em 15 vãos de cerca de 20 m de largura livre para passagem da água.

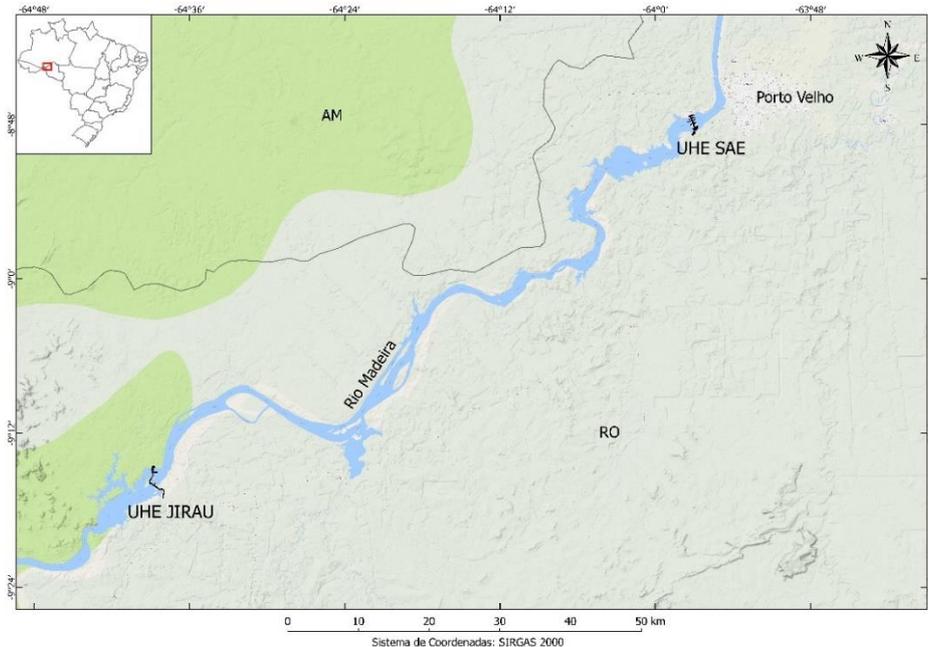


FIGURA 3 - Localização das usinas Hidrelétricas Santo Antônio e Jirau no rio Madeira, norte do Brasil.

Entre abril e agosto de 2011, 140 peixes migradores foram capturados próximos à UHE Santo Antônio, marcados com radiotransmissores e soltos no rio Madeira, na antiga Cachoeira do Teotônio (n=120) e a 400 m a jusante do VTP (n=20). Para registro dos sinais dos peixes marcados, três bases fixas de radiotelemetria foram instaladas: (1) a montante do VTP na margem direita; (2) a montante do VTP na margem esquerda; (3) a jusante do VTP na margem direita (Figura 4). Rastreamentos móveis foram realizados durante o período de estudo tanto pelas margens do rio (carro e a pé), quanto por água com utilização de barco a motor, na área compreendida entre a UHE Santo Antônio (jusante barragem e VTP) até aproximadamente 10 km a jusante. Os dados armazenados nas bases fixas foram transferidos para um computador portátil e posteriormente analisados. Foram quantificados o número de indivíduos que passaram pelo VTP e se deslocaram a montante e o tempo de passagem (mínimo e máximo) dos indivíduos por esta estrutura.



FIGURA 4 – Antenas de radiotelemetria para detecção de peixes a montante e a jusante do VTP da UHE Santo Antônio.

A passagem para montante pelo vertedouro foi registrada para cinco indivíduos de três espécies: três surubins (*Pseudoplatystoma punctifer*), um zebra (*Brachyplatystoma tigrinum*) e um jaú (*Zungaro zungaro*). O tempo necessário para passagem (considerado entre o último registro da estação de jusante e o primeiro da estação de montante) variou entre 40 minutos e 48 horas. Os movimentos para montante ocorreram com vazões entre 5.760 e 8.670 m³/s (x 1000). Em vazões superiores a 9.000 m³/s (x 1000) só houveram registros dos peixes marcados pela base de jusante do VTP. Os peixes registrados pelos monitoramentos móveis, a jusante da UHE Santo Antônio, realizaram deslocamentos de curta escala no período (inferiores a 5 km).

O baixo número de peixes registrados a montante do VTP (3,5% do total marcado) pode ter sido fortemente influenciado pelas grandes limitações em detectar um peixe nas condições extremas do rio Madeira e no ambiente da usina, como por exemplo, grandes profundidades (>60 m), impossibilidade de rastreamento imediatamente a jusante da obra (área de segurança) e danos às bases fixas por movimentação de maquinário e operários. Igualmente, a captura de peixes marcados pode não ter sido reportada ao projeto, uma vez que há pesca intensiva (e proibida) na área de monitoramento.

2.4 Investigação dos movimentos de peixes migradores a jusante e em passagem pela Usina Hidrelétrica de Jirau

Na UHE Jirau (3.750 MW) o objetivo do estudo foi monitorar os deslocamentos de peixes migradores pelas diferentes estruturas do empreendimento, identificar a eventual passagem para montante pelo vertedouro e avaliar a atração dos dois sistemas de transposição de peixes da usina.

A área de estudo compreende as estruturas da UHE Jirau e o rio Madeira (jusante e a montante da usina). A UHE Jirau está localizada no local denominado Ilha do Padre, a 120 km da cidade de Porto Velho no estado de Rondônia (Figura 5).

Entre novembro de 2011 e janeiro de 2012, 18 peixes migradores foram capturados a jusante da UHE Jirau, marcados com radiotransmissores e soltos no mesmo local de captura: *Brachyplatystoma tigrinum* (zebra, n=6), *Brachyplatystoma rousseauxii* (n= 2), *Zungaro zungaro* (jaú, n=8) e *Pseudoplatystoma fasciatum* (surubim, n=2). A detecção dos sinais de peixes marcados foi realizada através de (i) bases fixas e (ii) monitoramentos móveis. Dez bases fixas para registro de peixes marcados foram instaladas ao longo das estruturas da usina e também nos sistemas de transposição de peixes (Figura 5). Em adição aos dados obtidos pelas bases fixas, foram realizados rastreamentos móveis de barco na área de estudo com a utilização de um receptor com GPS integrado conectado via cabo coaxial a antenas Yagi (3'), anexadas a um barco de alumínio. Os dados armazenados nos receptores de telemetria dispostos na área de estudo foram transferidos para o banco de dados e analisados. Foram quantificados o número de detecções durante o período de monitoramento e a identificados os movimentos dos peixes detectados.

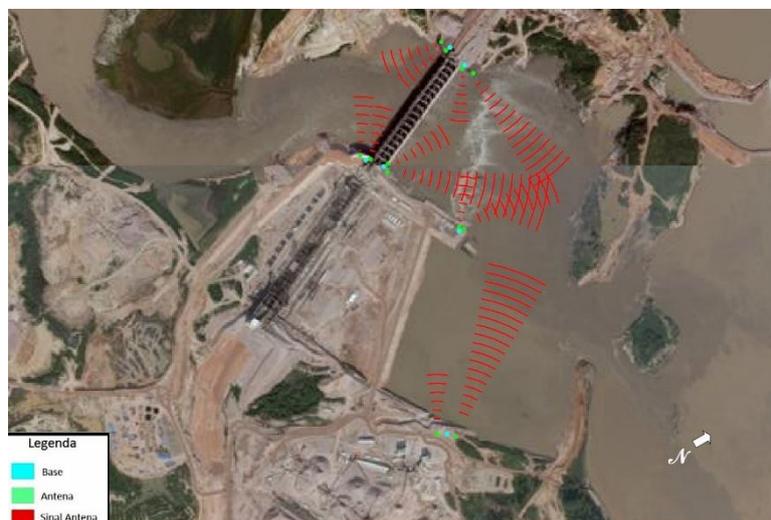


Figura 5 - Área de cobertura estimada e posição das antenas aéreas para registro de peixes a jusante e a montante da UHE Jirau.

A espécie com maior número de detecções no período foi o jaú. Foram registrados 445.078 sinais válidos, destes 69,99% (311.507) no primeiro ano de monitoramento, 29,26% (130.212) no segundo ano e 0,75% (3.355) no terceiro ano de monitoramento. Foi observado um maior uso da área a jusante do vertedouro principal (VTP), totalizando 99,74% (443.930) dos registros. Peixes das demais espécies foram registrados em diferentes estruturas da usina, porém por curtos períodos. Durante este estudo, não houve registro nas bases de montante da usina e também não foi informada a captura de nenhum peixe marcado nos sistemas de transposição de peixes.

3.0 - CONCLUSÃO

Nos quatro estudos sobre movimentos de peixes apresentados neste informe técnico, a utilização de técnicas de telemetria respondeu em um curto espaço de tempo e com alta precisão a questões diretamente relacionadas ao manejo da ictiofauna em áreas afetadas por empreendimentos hidrelétricos. Há necessidade da construção e operação de um sistema de transposição? Se positivo, o mesmo realmente promoveria a conservação das espécies-alvo? A perturbação causada durante a construção de uma usina é impeditiva ao trânsito de peixes pela obra antes do enchimento do reservatório? Peixes migradores conseguem localizar a entrada de sistemas de transposição e/ou exploram diferentes estruturas da usina a jusante? Qual a relação dos movimentos com vazões vertidas e turbinadas? Outras questões relacionadas à operação de usinas (como ocorrência de peixes a jusante do canal de fuga e probabilidade de eventos de mortandade em paradas de máquina) e eficiência de sistemas de transposição, por exemplo, também podem ser respondidas rapidamente com a telemetria.

Um número crescente de projetos no Brasil vem utilizando a telemetria nos últimos anos para responder estas e outras questões sobre movimentos de peixes. Entretanto, apesar das já comprovadas vantagens oferecidas por este tipo de ferramenta, em muitos empreendimentos ainda são adotados métodos ineficientes, imprecisos e morosos para conhecer o movimento de peixes, em especial de migradores de longa distância. Estudos que interpretam resultados de peixes que não foram individualmente marcados e são de origem desconhecida, tem potencial de ser enganosas e podem levar a práticas de gestão inadequadas (Roscoe e Hinch, 2010). Por exemplo, peixes capturados em trechos superiores de um sistema de transposição podem ser oriundos do reservatório a montante e não necessariamente realizado movimentos ascendentes pela passagem de peixes. Portanto, deve-se ter cautela na interpretação de avaliações baseadas somente na recaptura peixes e utilizar métodos mais precisos sempre que possível.

Um problema enfrentando no uso da telemetria no estudo de movimentos de peixes é que esta técnica requer uma compreensão mínima de princípios de eletrônica e também sobre fisiologia das espécies-alvo (Cooke et al., 2004). Muitos estudos falham em obter informações relevantes sobre o comportamento individual das espécies pelo simples fato dos estudos serem mal delineados ou conduzidos por pessoal não capacitado.

A biotelemetria é uma ferramenta útil para realizar estudos de movimento de peixes e quando interpretados no contexto de história de vida das espécies, os dados ajudam a compreender o efeito de sistemas de transposição, prever ações de manejo que garantam a sustentabilidade destas populações (Cooke et al., 2004), ou ainda, permitir a tomada de decisões suportadas por uma base sólida de conhecimento.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) COOKE, J.S., HINCH, S.G., WIKELSKI, M., ANDREWS, R.D., KUCHEL, L.J., WOLCOTT, T.G., BUTLER, P.J. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(6): 334-343.
- (2) HAHN, L., AGOSTINHO, A.A., ENGLISH, K.K., CAROSFELD, J., CÂMARA, L.F., COOKE, S.J. 2011. Use of radiotelemetry to track threatened dorados *Salminus brasiliensis* in the upper Uruguay River, Brazil. *Endangered Species Research*, 15: 103-114.
- (3) PELICICE, F.M., AGOSTINHO, A.A. 2008. Fish-passage facilities as ecological traps in large rivers. *Conservation Biology*, 22(1): 180-188.
- (4) POMPEU, P.S., AGOSTINHO, A.A., PELICICE, F.M. 2012. Existing and future challenges: the concept of successful fish passage in South America. *River Research and Applications*, 28:504-512.
- (5) ROSCOE, D.W., HINCH, S.G. 2010. Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. *Fish and Fisheries*, 11: 12-33.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



(*)Lisiane Hahn nascida em 4 de novembro de 1974, em Passo Fundo, RS. Possui graduação em Ciências Biológicas (conclusão em 1996, Passo Fundo, RS), mestrado em Biociências (Zoologia) (conclusão em 2000, Porto Alegre, RS) e doutorado em Ciências (Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) (conclusão em 2007, Maringá, PR). Foi bolsista CAPES e CNPQ. Atualmente, pesquisadora e diretora técnica da Neotropical Consultoria Ambiental. Tem experiência na área de Zoologia (ênfase em Comportamento Animal) e Ecologia, atuando principalmente nos seguintes temas: ictiofauna, migração, telemetria de peixes, novas tecnologias na pesquisa de peixes, sistemas de transposição e reservatórios.