



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

GIA 30
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS – GIA

APLICAÇÃO DA RADIOTELEMETRIA NA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO CANAL DA PIRACEMA DA UHE ITAIPU NA PASSAGEM DE PEIXES MIGRADORES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ

Lisiane Hahn(*)¹ Angelo A. Agostinho¹ João D. Latini¹ Domingo R. Fernandez²

¹ NUPÉLIA - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ ² ITAIPU BINACIONAL

RESUMO

A radiotelemetria tem se mostrado uma ferramenta robusta para a obtenção de dados sobre o comportamento das espécies e avaliação da eficiência de mecanismos de transposição.

Esta técnica foi utilizada num canal lateral de passagem de peixes da UHE Itaipu, denominado “Canal da Piracema” com o objetivo determinar a movimentação de espécies migradoras em diferentes regiões do canal, correlacionar as diferentes regiões do canal com o deslocamento destas espécies, adaptar protocolos de implante de transmissores e rastreamento via radiotelemetria a espécies neotropicais e adaptar um sistema de radiotelemetria a um canal semi-natural de transposição de peixes neotropical.

PALAVRAS-CHAVE

Radiotelemetria, migração, peixes neotropicais, Canal da Piracema, UHE Itaipu.

1.0 - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de marcas eletrônicas provou ser um dos maiores avanços no estudo do comportamento e migração de peixes (1, 2, 3, 4). Elas fornecem uma rápida, duradoura e ampla identificação e posição do peixe, com alta resolução espacial e temporal, incluindo ambientes praticamente inacessíveis pelo homem. Enquanto o propósito da grande maioria dos estudos de telemetria é elucidar os movimentos dos peixes ou o uso do habitat, ela também tem sido amplamente aplicada para avaliar uma grande variedade de problemas específicos associados com o comportamento e uso do espaço, incluindo: avaliação da resposta dos peixes a obstruções; estabelecimento da eficácia de programas de passagem de peixes (5, 6); quantificar sobrevivência durante migração (7) e obter informações para programas específicos de conservação (8).

No entanto, apesar da eficácia comprovada da técnica para ambientes temperados, protocolos de implante de marcas, rastreamento de peixes marcados e funcionamento de estações fixas de telemetria ainda estão sendo descritos para muitas espécies e ambientes neotropicais, onde a grande extensão e diversidade de habitats dificultam as pesquisas.

Espécies de peixes migradores neotropicais geralmente têm uma ampla distribuição, com locais de desova, berçário e alimentação separados por 1.000 km ou mais. Os habitats de desova geralmente estão localizados nas porções superiores dos grandes tributários ou calha principal do rio, os berçários estão localizados nas lagoas nas porções inferiores de tributários e ao longo de bancos e ilhas no rio principal e os habitats de alimentação ao longo

dos rios e reservatórios (9). Neste contexto, o impacto mais evidente sobre as populações de peixes migradores é a separação entre os locais de desova e os berçários e áreas de alimentação ocasionada pela interrupção das rotas migratórias pela construção de barragens.

Somente na bacia do rio Paraná existe mais de 130 barragens com altura superior a 10 m (10) e a maioria delas não possui mecanismos de transposição para peixes. Apesar do real papel destas obras na conservação das espécies ainda ser motivo de discussão, muitas foram e ainda são construídas em muitas usinas brasileiras, fazendo com que a aplicação de ferramentas e tecnologias para a avaliação de sua eficiência seja de extrema relevância.

A usina hidrelétrica de Itaipu interrompeu a rota migratória natural dos peixes reofílicos do rio Paraná, levando a uma diminuição na população de peixes migratórios a jusante da barragem devido a fatores como a perda de áreas de desova e ao impacto do vertedouro, que comprometem a sobrevivência de ovos e larvas. Com o objetivo de diminuir os impactos causados pelo barramento e promover o deslocamento de peixes migradores para montante e jusante da barragem foi construído um canal semi-natural denominado “Canal da Piracema”, junto à usina de Itaipu.

O “Canal da Piracema” entrou em operação em dezembro de 2002 e a partir de janeiro de 2004 iniciaram testes para avaliar a possibilidade da utilização de sistemas de radiotelemetria na avaliação da eficiência do Canal na passagem de peixes migradores da bacia do rio Paraná.

2.0 - ÁREA DE ESTUDO

O reservatório de Itaipu, formado a partir de novembro de 1982, tem área inundada de 1.350 km², dos quais 735 km² são brasileiros e 615 km² pertencem ao Paraguai (11).

A barragem de Itaipu possui 120 m de altura e o reservatório 170 km de extensão. O Canal da Piracema é o maior Canal de passagem do gênero no mundo, com extensão total de 10 km. Está posicionado num ponto lateral da barragem (Figura 1) e é formado em parte (6 km) pelo aproveitamento de um antigo ribeirão (Rio Bela Vista).

O Canal possui diferentes ambientes, cada um apresentando diferentes desafios a migração dos peixes, como escadas, lagos e canal natural.

A operação hidráulica do Canal foi determinada baseada em parâmetros de referência fornecidos por Itaipu e por especialistas. Foi determinado que a velocidade média da água deveria ser menor que 3 m/s ao longo de todos os trechos, profundidade mínima de 0,8 m e largura mínima de 8,0 m na base dos canais.

O “Canal de Alimentação em Trincheira” (CATR, a montante da estação 1 na figura 1) é a primeira parte do canal e possui extensão de 727 m. A extensão e a declividade do primeiro trecho são de 22 m e 4,99%, o segundo de 595,55 m e 0,657%, e o último de 82,04 m e 5,01%, respectivamente. Este canal possui várias seções de controles de profundidade, construídas por travessas de blocos de concreto além de rochas distribuídas no fundo para diminuir a velocidade do fluxo.

O pequeno lago localizado ao final do Canal de Alimentação em Trincheira, denominado “Lago das Grevilhas” (LAGR, junto a estação 1) possui superfície de 2 ha e profundidade média de 0,80 m.

O “Canal de Alimentação em Aterro” (CAAT, entre as estações 1 e 2) constitui-se num canal trapezoidal com seção de 12 m no fundo, 1,620 m de extensão, com inclinação média de 3,1% no trecho inicial, 2% na parte intermediária e 0,7% no trecho final. Este canal também possui várias seções transversais para controle de profundidade, semelhantes ao do “Canal em Trincheira”.

O “Lago Principal” (LAPR, entre estações 2 e 3) possui uma superfície de 14 ha, perímetro de 1.800 m e profundidade que pode variar entre três a nove metros. Este lago apresenta duas comportas laterais triangulares de segurança para regulagem de vazão, escoando a água excedente para os canais de Águas Bravas e de Iniciação.

O “Canal de Iniciação” (CAIN, junto a estação 3) com seção trapezoidal e extensão de 600 metros é dotado de obstáculos transversais para controlar a velocidade da água. É controlado por 2 (duas) comportas de segmento, com 1,00 m e 4,00 m de largura, respectivamente.

O “Lago Inferior” (LAIN, entre estações 3 e 4) possui superfície de 1,2 ha e profundidade que varia de 3 a 4 m. O lago deságua no Rio Bela Vista (RIBE) através de uma saída-escape sem comportas, denominada “Canal de Deságüe” (CABV), variando o nível da água conforme a vazão.

O “Canal de Deságüe” (CABV, junto a estação 4) no Rio Bela Vista possui extensão total de 150,5 m, declividade de 6,25 % e seção retangular de base igual a 5 m e altura de 2,5 m. Na porção superior deste trecho existem 38

chicanas de concreto distanciadas 4 m uma da outra, formando uma seção de escadas que, aliada a inclinação, velocidade da água e extensão, representa o maior desafio a migração dos peixes para montante no Canal.

O trecho do rio Bela Vista compreendido entre o CABV e a foz com o rio Paraná (a jusante da estação 4 até foz com o rio Paraná), com extensão aproximada de 4 km, sofreu alterações geométricas ao longo do leito e margens para comportar o aumento da vazão e redução de velocidades.



FIGURA 1 – Canal da Piracema da UHE Itaipu (números nos quadrados representam as estações fixas de radiotelemetria).

3.0 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Equipamento de radiotelemetria

3.1.1 Estações fixas

Em janeiro e fevereiro de 2004 foram realizados testes preliminares com o objetivo de testar transmissores, procedimentos de marcação e principalmente estabelecer frequências a serem utilizadas pelos equipamentos no projeto permanente (12).

Nesta etapa foram instaladas três estações fixas de radiotelemetria na porção superior do Canal (todas a montante do lago principal), compostas de receptores Lotek SRX-400, antenas Yagi 3 elementos, baterias de 12V, cabos coaxiais e demais acessórios.

A partir de outubro de 2004, começaram a ser instalados os equipamentos permanentes de radiotelemetria no Canal, num total de cinco estações fixas de radiotelemetria (distribuídas ao longo do Canal, Figura 1), compostas de receptores Lotek SRX-400 W31, antenas Yagi 4 elementos, antenas sub-aquáticas, amplificadores de sinais, painéis solares conectados a baterias de 12V, cabos coaxiais e demais acessórios (13).

Nas estações 1, 2 e 5, foram instaladas duas antenas aéreas Yagi de 4 elementos, direcionadas para montante e jusante e nas estações 3 e 4 foram instaladas duas antenas sub-aquáticas e uma aérea e quatro sub-aquáticas e um aérea, respectivamente (figura 2).

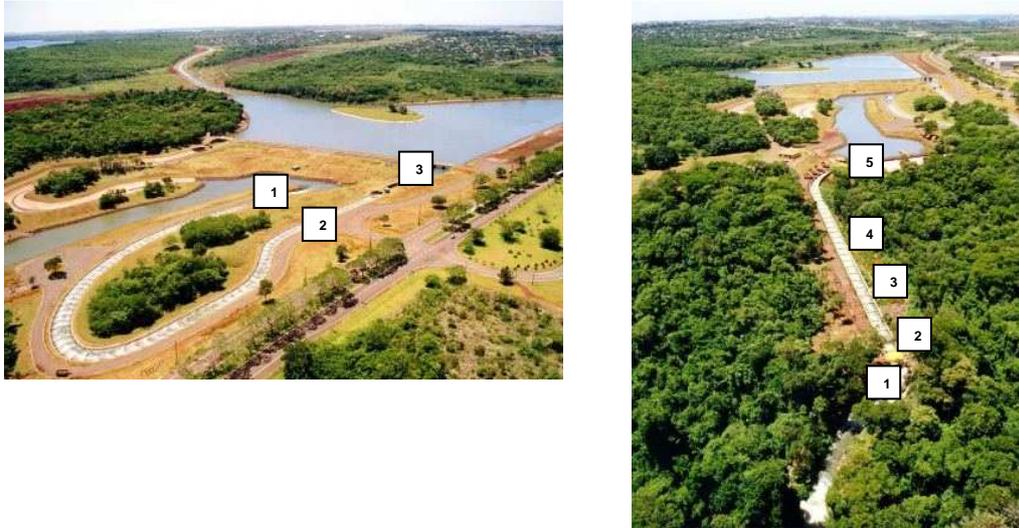


FIGURA 2 – Localização das estações fixas de radiotelemetria III (Canal de Iniciação) e IV (Lago Inferior e Canal de Deságue do Rio Bela Vista) no Canal da Piracema da UHE Itaipu (números nos quadrados representam a posição das antenas).

3.1.2 Radiotransmissores

Os radiotransmissores implantados nos peixes nos testes preliminares em janeiro de 2004 foram de dois modelos: MCFT-3BM (Lotek, 16x43 mm, peso no ar de 7,7 g e duração mínima de bateria de 166 dias com intervalos de pulso de 2,5 segundos) e MCFT-3A (Lotek, 16x46 mm, peso no ar de 16 g e duração mínima de bateria de 397 dias com intervalos de pulso de 2,5 segundos). Já os implantados nos peixes a partir de outubro de 2004 foram MCFT-3L (Lotek 16x73 mm, peso no ar 25,5 g e duração mínima de bateria de 812 dias com intervalos de pulso de 2,5 segundos) e Lotek MCFT-3A (16x46 mm, peso no ar de 16 g e duração mínima de bateria de 397 dias com intervalos de pulso de 2,5 segundos). Os radiotransmissores emitiram sinais dentro de uma faixa de 148.360 a 149.600 MHz, e as frequências foram espaçadas por pelo menos 40 kHz (13).

3.2 Coleta e marcação dos peixes

Peixes foram coletados em diferentes pontos no Canal da Piracema e também no rio Paraná a jusante do canal de fuga da usina, com o auxílio de com tarrafas, anzóis de galho e varas de pesca com molinetes e iscas vivas. Os peixes foram marcados no local da coleta ou transportados até o laboratório do Canal. Peixes provenientes do resgate de turbinas e também foram submetidos ao implante de transmissores.

Os radiotransmissores foram implantados cirurgicamente de acordo com protocolos descritos por Jepsen e colaboradores (14) e consistem nas seguintes etapas: (1) imersão do peixe num banho anestésico (eugenol), (2) implante do radiotransmissor na cavidade abdominal através de incisão, (3) sutura, (4) recuperação da anestesia em água corrente e (5) soltura do peixe no Canal.

3.3 Rastreamento

Os sinais dos peixes marcados foram obtidos através das estações fixas distribuídas ao longo do Canal ou através de monitoramentos móveis via barco (quando as condições do rio Paraná permitiam a navegação nos trechos inferiores do rio Bela Vista), carro (nos trechos superiores do Canal) ou a pé.

3.4 Análise dos dados

Os dados armazenados pelas estações fixas eram periodicamente transferidos dos receptores para um computador portátil através de um programa fornecido pela Lotek (Winhost). Paralelamente os receptores eram checados quanto à situação da memória do receptor, a precisão do relógio interno e a voltagem da bateria.

Os dados transferidos no formato "hex" eram convertidos para o formato ASCII através do software SRXW303.EXE, desenvolvido pela empresa canadense LGL Limited, parceira no projeto. Este software avalia

vários diagnósticos, incluindo o número de registros inválidos. Se o número de registros inválidos foi grande, os dados do receptor eram novamente transferidos. Este programa também mostrava a distribuição do nível de ruído por antena, de maneira que problemas específicos poderiam ser isolados e medidas apropriadas para solucioná-los poderiam ser tomadas.

Uma vez que os dados de todas as estações fixas foram transferidos, eles foram organizados em base de dados e analisados através do programa *Telemetry Manager* Versão 3.0, também desenvolvido pela LGL Limited. Este programa facilita a importação dos dados dos receptores da Lotek e organiza os dados numa base contendo os registros para cada transmissão de um peixe marcado. Posteriormente ele processa os dados e remove registros que não encontram critérios específicos para registros de dados válidos (12).

4.0 - RESULTADOS

Entre 31 de outubro de 2004 a 17 de novembro de 2005, 78 peixes foram capturados, marcados com radiotransmissores e soltos em diferentes regiões do Canal da Piracema.

Foram capturados e marcados peixes pertencentes a sete espécies: *Pseudoplatystoma fasciatum* (cachara, n=17); *Pseudoplatystoma corruscans* (pintado, n= 16), *Prochilodus lineatus* (curimba, n=23), *Salminus brasiliensis* (dourado, n=12), *Piaractus mesopotamicus* (pacu, n= 5); *Zungaro jahu* (jaú, n=4) e *Leporinus obtusidens* (piapara, n=1). Dos 78 exemplares submetidos ao implante de transmissores, 08 foram capturados no rio Paraná e soltos no Canal, três foram provenientes de operação de resgate nas turbinas da usina e 67 foram capturados no próprio canal.

De novembro de 2004 a novembro de 2005, foram realizados 114 downloadings nas estações fixas de radiotelemetria e 47 monitoramentos móveis.

O número de exemplares detectados pelo menos uma vez após a soltura foi 57, ou seja, 74% do total de peixes marcados.

O dourado apresentou maior índice de indivíduos não detectados em relação aos marcados (50%), seguido pelo curimba (30%), cachara (23,5%), pacú (20%) e pintado (12,5%). Todos os exemplares de jaú marcados foram detectados pelo menos uma vez após a soltura.

Do total de indivíduos marcados, cinco (6,4%) atingiram o reservatório e não foram mais registrados no Canal da Piracema. Os demais permaneceram no Canal por longos períodos, deslocaram-se para jusante, foram capturados ou não foram mais registrados durante o estudo.

Sete radiotransmissores retirados de peixes marcados e capturados por pescadores foram devolvidos ao projeto. Cinco deles foram encontrados em peixes capturados no rio Paraná a jusante da foz com o Rio Bela Vista (três dourados, um jaú e um cachara) e dois a montante (um pintado – 400 km a montante e um pacú – 650 km a montante).

5.0 - DISCUSSÃO

O alto número de indivíduos não detectados após a soltura (26%) deveu-se em parte por problemas técnicos nas estações (rompimento de cabos de antenas por tempestades), problemas de segurança (furto de antenas aéreas) e principalmente pela pesca no Canal. Três radiotransmissores foram recuperados pelos pesquisadores no Canal e estavam com as antenas cortadas, indicando que os peixes haviam sido capturados e as marcas removidas.

O número de indivíduos marcados que atingiu o reservatório é considerado baixo, o que pode estar relacionado ao elevado grau de dificuldade imposto pelas condições hidráulicas em algumas regiões do Canal e também pelo fato do Canal ser uma rota ainda nova na migração dos peixes de jusante.

A recaptura por pescadores de peixes marcados e soltos no Canal, tanto a montante quanto a jusante no rio Paraná indicam que os procedimentos de implante dos radiotransmissores foram bem sucedidos, uma vez que os peixes capturados se encontravam em boas condições físicas e com pesos superiores aos do momento da soltura.

6.0 - CONCLUSÃO

Durante o estudo foram necessários ajustes nas configurações dos receptores para aumentar a probabilidade de captação de sinal e melhoria na qualidade do sinal, assim como substituição de antenas subaquáticas, mudanças no direcionamento de antenas aéreas e instalação de painéis solares maiores.

Os protocolos de implante de transmissores, desde a concentração do anestésico, tempo de indução a anestesia, resposta por espécie e até mesmo indivíduo ao estresse do manuseio estão sendo descritos e adaptados para espécies neotropicais.

Apesar destes fatores, resultados consistentes foram obtidos neste estudo e estão servindo de base para etapas vindouras da pesquisa e também como subsídio para readequações na estrutura e/ou condições hidráulicas do Canal, caso seja comprovada sua necessidade.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) STASKO, A.B., PINCOCK, D.G. Review of underwater biotelemetry with emphasis on ultrasonic techniques. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 43, 1261-1285, 1977.
- (2) BARAS, E. A bibliography on underwater telemetry. *Canadian Technical Report in Fisheries and Aquatic Sciences*, 1819, 1991.
- (3) PRIEDE, I. G., SWIFT, S.M. (eds). *Wildlife Telemetry: Remote Monitoring and Tracking of Animals*. Ellis Horwood, Chichester, UK, 1992.
- (4) WINTER, J. Advances in underwater biotelemetry. In: *Fisheries Techniques* (eds B.R. Murphy and D.W. Willis), 2nd edn. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 555-590, 1996.
- (5) TRAVADE, F., BOMASSI, J.M., BACH, J.M., BRUGEL, C., STEINBACH, L.P., PUSTELNIK, G. Use of radiotracking in France for recent studies concerning the EDF fishways program. *Hydroécologie Appliquée*.1/2, 33-51, 1989.
- (6) BUNT, C.M., KATAPODIS, C., MCKINLEY, R.S. Attraction and passage efficiency of white suckers and smallmouth bass by two Denil fishways. *North American Journal of Fisheries Management* 19, 793-803, 1999.
- (7) JEPSEN, N., AARESTRUP, K., OKLAND, F., RASMUSSEN, G. Survival of radiotagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia*, 371/372: 347-353, 1998.
- (8) MOSER, M.L., ROSS, S.W. Habitat use and movements of shortnose and Atlantic sturgeons in the lower Cape Fear River, North Carolina. *Trans. AFS* 124Ç 225-234, 1995.
- (9) AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., SUZUKI, H. I., JÚLIO Jr., H. F. Migratory fishes of the upper Paraná River Basin, Brazil. In Carosfeld, J., B. Harvey, C. Ross, & A. Baer, (eds), *Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. World Fisheries Trust/World Bank/IDRC, Victoria: 19-89, 2003.
- (10) AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C, FERNANDEZ, D.R., SUZUKI, H.I. Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. *River Research and Applications* 18: 299-306, 2002.
- (11) AGOSTINHO, A. A., JÚLIO Jr., H.F., PETRERE Jr., M. Itaipu reservoir (Brazil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. Pp. 171-184. In: I. G. Cowx (Ed.). *Rehabilitation of Freshwater Fisheries*. Oxford, Fishing News Books, 496p, 1994.
- (12) HAHN, L., ENGLISH, K.K., CAROSFELD, J., SILVA, L.G.M., LATINI, J.D., AGOSTINHO, A.A., FERNANDEZ, D.R. No prelo. Preliminary assessment of fish passage through the Itaipu Canal using radio-telemetry techniques. *Neotropical Ichthyology*.
- (13) HAHN, L. Deslocamento de peixes migradores no rio Uruguai e no Canal Lateral de Migração da barragem de Itaipu. Tese submetida à Universidade Estadual de Maringá para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais, 2007.
- (14) JEPSEN, N., KOED, A., THORSTAD, E.B., BARAS, E. Surgical implantation of telemetry transmitters in fish: how much have we learned? *Hydrobiologia* 483: 239-248, 2002.

* - Esta pesquisa foi financiada pela Itaipu Binacional e pelo Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Nupélia) da Universidade Estadual de Maringá;

- A primeira etapa, realizada em janeiro e fevereiro de 2004 foi financiada também pela Canadian International Development Agency (CIDA) através da World Fisheries Trust (WFT) e LGL Limited, no âmbito do projeto "Peixes, Pessoas e Água";

- Este estudo foi parte da tese de doutorado da primeira autora junto ao Programa de Pós Graduação em Ecologia de Ecossistemas Aquáticos Continentais (PEA/ Nupélia/ UEM).