



**XXIII SNPTEE
SEMÍNÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GIA/06
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA

VIABILIDADE DO CANAL DA PIRACEMA DE ITAIPU COMO SISTEMA MULTIUSO PARA A TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES NEOTROPICAIS

Hélio Martins Fontes
Junior (*)

Caroline Henn

Domingo Rodriguez
Fernandez
ITAIPU

Sandro Alves Heil

RESUMO

A construção de sistemas de transposição de peixes, experiência iniciada na Europa há pelo menos 300 anos, busca mitigar efeitos potencialmente negativos das barragens. No entanto, essas estruturas são ainda polêmicas na região Neotropical. O Canal da Piracema de Itaipu é o maior sistema de transposição de peixes do mundo e único em sua modalidade na América do Sul, cuja implantação foi fundamentada na existência de uma extensa área de desova e desenvolvimento inicial a montante, onde espécies migratórias presentes na pesca no reservatório de Itaipu completam seu ciclo de vida. Esse sistema também é utilizado para prática desportiva fora dos períodos reprodutivos das espécies de piracema. As atividades para avaliação do Canal da Piracema tiveram início sete anos antes de sua inauguração e prosseguem até hoje, totalizando duas décadas, abrangendo estudos de migração por meio de marcação e recaptura, levantamentos da ictiofauna presente no sistema, monitoramento de espécies migratórias por meio de telemetria e efeitos do uso desportivo em relação aos movimentos dos peixes. A viabilidade e efetividade do sistema têm sido avaliadas, bem como identificadas suas principais restrições operativas. Cerca de 165 espécies de peixes estão presentes no sistema, incluindo todas aquelas consideradas migratórias de longa distância para o rio Paraná.

PALAVRAS-CHAVE

Ictiofauna, Piracema, Rio Paraná

1.0 - INTRODUÇÃO

O barramento dos rios com objetivos diversos, destacando-se no Brasil a geração hidroelétrica, tem como uma de suas principais consequências, a interrupção do fluxo migratório de peixes e a fragmentação de suas populações. A construção de sistemas de transposição de peixes, experiência iniciada na Europa há pelo menos 300 anos, busca mitigar esses efeitos potencialmente negativos.

Dos vários sistemas de transposição de peixes conhecidos, os denominados canais de passagem secundários funcionam como “rios artificiais”, restabelecendo o contato entre os trechos a montante e a jusante da barragem. O Canal da Piracema de Itaipu é o único de grande escala conhecido nessa modalidade de meio de transposição na América do Sul (AGOSTINHO et al., 2007). Este canal, que pode ser considerado um sistema misto, é o maior do mundo totalizando 10,3 km de extensão e 120 metros de desnível médio. Foi construído aproveitando 6,7 km do leito natural do rio Bela Vista e é composto por diversos mecanismos num único sistema, como escadas para peixes, canais naturais e artificiais e lagoas de descanso (FIORINI et al., 2006; MAKRAKIS et al., 2007a; 2011), Figura 1.

(*) Usina Hidrelétrica de Itaipu, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
Tel: (+55 45) 3520-5604 – Email: helio@itaipu.gov.br

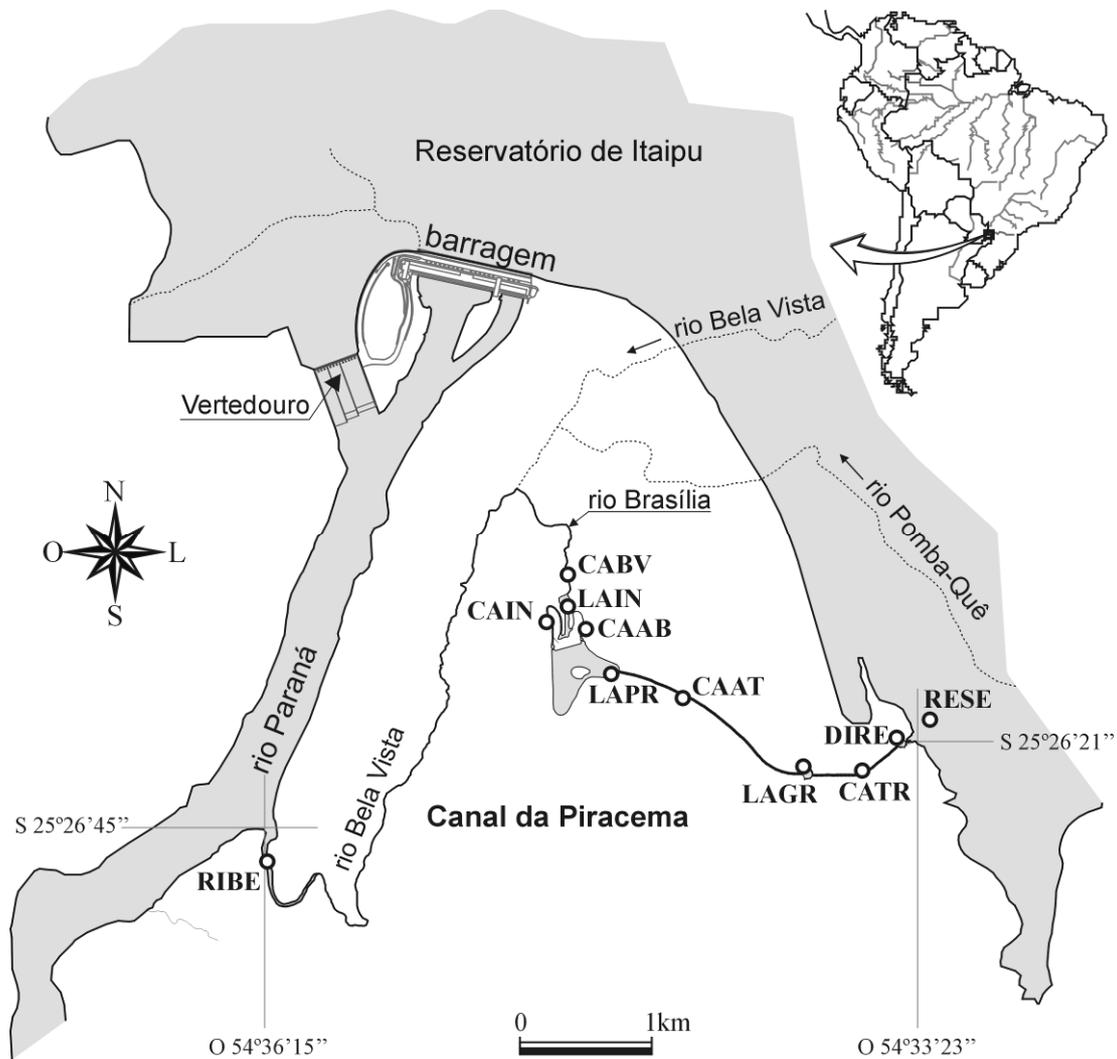


FIGURA 1. O Canal da Piracema e seus componentes: subsistema seminatural (RIBE - rio Bela Vista); subsistema artificial (CABV – Canal de deságüe no rio Bela Vista, LAIN – Lago Inferior, CAIN – Canal de Iniciação, CAAB – Canal de águas bravas, LAPR – Lago principal, CAAT – Canal de alimentação em aterro, LAGR – Lago das grevilhas, CATR – Canal de alimentação em trincheira, DIRE – Dique de regulação, RESE – Reservatório).

O Canal da Piracema seria parte de um complexo temático originalmente designado “Parque da Barragem”, cuja concepção previa, além do propósito principal da transposição de peixes, a criação de um grande parque científico, permitindo o desenvolvimento de atividades culturais, esportivas e recreativas (FIORINI et al., 2006). O projeto foi elaborado para atender a duas finalidades principais: i) Estabelecer uma via de acesso entre a ictiofauna de jusante e de montante da barragem de Itaipu, criando condições para a migração de peixes e propiciando um fluxo gênico continuado ao longo da bacia do rio Paraná; ii) Proporcionar a prática desportiva em determinados segmentos, com ênfase nas modalidades de canoagem e rafting, mediante condicionantes ambientais.

O sistema foi projetado para operar com vazões em torno de 10 a 12 m³/s em condições normais de operação do reservatório de Itaipu, ou seja, com seu nível de água entre as elevações 219 e 220 m. O limite mínimo para alimentação do sistema situa-se na elevação 217,90. Abaixo dessa cota a entrada de água no Canal da Piracema é completamente interrompida.

O Canal da Piracema entrou em operação em 21 de dezembro de 2002, porém os estudos relacionados ao desenvolvimento do projeto começaram sete anos antes, por meio da avaliação de um modelo experimental de escada de peixes (FERNANDEZ et al., 2007), levantamento da ictiofauna do rio Bela Vista (CANZI et al., 1998) e estudos de migração de peixes no rio Paraná (MAKRAKIS et al., 2007b; 2007c; 2012a). Este último teve início em 1997 e continua em curso até o presente, tendo por principal objetivo avaliar a influência dos sistemas de transposição implantados ao longo do rio Paraná, que incluem os elevadores de peixes na UHE Yacyreta e a escada de peixes da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera). Esses estudos vêm propiciando um significativo

incremento do conhecimento científico, materializado em comunicações científicas, artigos, dissertações e teses, sobre esses temas ainda controversos e polêmicos para a região Neotropical (DIAS et al., 2013).

As restrições de uso do Canal da Piracema para práticas desportivas partem da hipótese de que tais atividades podem influenciar a movimentação dos peixes, particularmente das espécies de piracema (migratórias de longa distância), razão pela qual é proibido o uso desportivo do sistema nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, que correspondem ao período de maior atividade migratória para reprodução dessas espécies na bacia do rio Paraná. No entanto, essa restrição se baseia unicamente no **Princípio da Precaução**, pois carece de comprovação cientificamente embasada.

2.0 - OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo relatar os principais aspectos relacionados a operação e funcionalidade do Canal da Piracema ao longo de seus 12 anos de existência. São abordados resultados do monitoramento da ictiofauna presente no sistema, com ênfase na dispersão e aos movimentos de espécies migratórias, bem como ao uso desportivo e restrições impostas ao sistema.

3.0 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E METODOLOGIA

O monitoramento da ictiofauna no Canal da Piracema foi iniciado em 2004, dois anos após sua inauguração, por meio de amostragens com pesca experimental e estudos de telemetria. As campanhas foram realizadas uma vez por mês, inicialmente durante o ano todo (2004 a 2007) e posteriormente, apenas nos meses de maior atividade migratória para fins de reprodução (outubro a março) com uma amostragem também durante o inverno. Foram utilizados diversos apetrechos de pesca, tais como redes de espera, espinhel, tarrafas e pesca elétrica, na medida do possível com esforço padronizado.

Nos estudos de telemetria foram empregados radiotransmissores (entre 2004 e 2009) e transponders passivos conhecidos por PIT-*tag* (a partir de 2009). Com o uso de PIT-*tag* foi possível avaliar os movimentos ascendentes das espécies migratórias de longa distância mais abundantes no sistema, principalmente *Prochilodus lineatus* e *Leporinus elongatus* (Characiformes). Os dados evidenciaram com precisão a porcentagem de indivíduos das subpopulações marcadas, que conseguem chegar ao reservatório de Itaipu, bem como a identificação do componente do sistema que impõe maior dificuldade à migração ascendente (FONTES JR et al., 2011; 2012a). Também foi possível evidenciar que a passagem dessas espécies pelos leitores situados na extremidade superior do sistema ocorreu com maior frequência no período diurno (FONTES JR., 2011). Posteriormente, com a instalação de leitores em outros pontos ao longo do sistema, notadamente no Canal de iniciação e no Canal de águas bravas, sujeitos aos efeitos da atividade desportiva, observou-se que os registros de passagem por ambos esses canais ocorreram após as 18 horas em mais de 95% dos casos, corroborando resultados anteriores obtidos com radiotelemetria (FONTES JR et al., 2014). Esses dados sugerem uma resposta adaptativa a esse tipo de atividade antrópica no sistema, que é praticada normalmente até as 17h. Um outro estudo realizado para avaliar o possível efeito da canoagem no comportamento migratório dos peixes evidenciou também que a abundância de peixes no Canal de Iniciação (não utilizado para atividades desportivas) foi maior nos períodos em que o Canal de águas bravas estava sendo utilizado para canoagem (FONTES JR., 2011).

4.0 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E METODOLOGIA

O monitoramento da ictiofauna no Canal da Piracema foi iniciado em 2004, dois anos após sua inauguração, por meio de amostragens com pesca experimental e estudos de telemetria. As campanhas foram realizadas uma vez por mês, inicialmente durante o ano todo (2004 a 2007) e posteriormente, apenas nos meses de maior atividade migratória para fins de reprodução (outubro a março) com uma amostragem também durante o inverno. Foram utilizados diversos apetrechos de pesca, tais como redes de espera, espinhel, tarrafas e pesca elétrica, na medida do possível com esforço padronizado.

A telemetria com PIT-*tag* evidenciou que aproximadamente 20% dos indivíduos de espécies migratórias que entram no Canal da Piracema chegam até a extremidade superior do sistema e conseqüentemente, atingem o reservatório de Itaipu. Essa proporção aparentemente baixa se deve à barreira imposta pela configuração do componente denominado Canal de deságue no rio Bela Vista, que também é responsável pelo longo tempo de ascensão (30 dias em média) observado para as espécies estudadas (FONTES JR. et al., 2011; 2012a). Alterações nesse componente, visando melhorar sua funcionalidade, poderão aumentar significativamente a eficiência do sistema e reduzir o tempo de ascensão. No entanto, isso também poderá elevar o risco de transposições indesejáveis, na medida em que ainda existem espécies cuja distribuição é restrita ao trecho da bacia a jusante de ITAIPU.

Os estudos de marcação e recaptura, conduzidos antes da conclusão do Canal da Piracema, demonstraram que exemplares de algumas espécies realizaram deslocamentos no sentido descendente através das estruturas da barragem de Itaipu (MAKRAKIS et al., 2007c). Mais recentemente, com o uso de PIT-*tag*, foi observado que três peixes (dois exemplares de *Prochilodus lineatus* e um exemplar de *Rinelepis aspera*), que haviam sido marcados

em Porto Primavera, aproximadamente 400 km a montante de ITAIPU, foram registrados pelo sistema de monitoramento implantado no Canal da Piracema (MAKRAKIS et al., 2012b). Embora esses resultados ainda não permitam afirmar que a descida tenha ocorrido pelo Canal, pois também podem ter passado pelas estruturas da barragem e subido novamente pelo Canal da Piracema, isso reforça a tese de que o sistema favorece o fluxo gênico entre populações de montante e jusante da barragem de Itaipu.

O uso desportivo do componente denominado Canal de águas bravas parece exercer pouca influência na funcionalidade do sistema como um todo. As avaliações indicam que os peixes tendem a passar com maior frequência nesse segmento no período noturno e que o Canal de iniciação, paralelo ao de águas bravas, se apresenta como rota alternativa para os cardumes em movimentação no sistema durante o uso desportivo. Alterações na configuração hidráulica do Canal de iniciação poderão reduzir a possível influência da atividade antrópica, praticamente neutralizando o conflito de uso.

Em síntese, as principais conclusões inerentes a avaliação do Canal da Piracema indicam que:

1. A diversidade de peixes encontrada no sistema (165 espécies) corresponde a cerca de 92% da riqueza descrita para esse trecho do rio Paraná (180 espécies), incluindo todas as 21 espécies consideradas migratórias de longas distâncias segundo Suzuki et al. (2004), Agostinho et al. (2007).
2. A ausência de um sistema de atração e a localização distal da entrada do sistema não comprometem sua funcionalidade, considerando que o principal objetivo é promover o fluxo gênico, ao contrário do que se preconiza para espécies anádromas e catádromas, cuja finalidade é transpor a maior quantidade de peixes possível. O acesso dos peixes ao Canal da Piracema é determinado pelos níveis fluviométricos do rio Paraná e pelo nível do reservatório de Itaipu, do qual depende a vazão no sistema.
3. O Canal da Piracema tem se demonstrado eficiente para aproximadamente 20% dos indivíduos de espécies migratórias que entram no sistema (rio Bela Vista). Essa seletividade e o elevado tempo de ascensão são determinados pelas condições hidráulicas do segmento de escada denominado Canal de deságue no rio Bela Vista, com 200 m de comprimento.
4. Movimentos descendentes acontecem, tanto pelas estruturas da Usina, como pelo Canal da Piracema.
5. O uso desportivo parece exercer influência limitada no espaço e no tempo, porém não compromete a funcionalidade do sistema.
6. A configuração da tomada d'água, que impede a captação quando o reservatório de Itaipu atinge níveis inferiores a 217,90 m, tem sido a principal restrição operativa do Canal da Piracema.

5.0 - DISCUSSÃO

Os estudos realizados evidenciam que o Canal da Piracema não é apenas um sistema de transposição de peixes, mas também um verdadeiro rio com extraordinário potencial como corredor de biodiversidade para espécies aquáticas. Algumas espécies foram identificadas em movimento descendente e muitas se estabeleceram, tornando-se residentes no sistema.

As características peculiares desse sistema do tipo seminatural, tem suscitado interesse mundial como oportunidade para aproveitamentos hidrelétricos onde a existência de rios tributários pode proporcionar a implantação de sistemas semelhantes para peixes potamódromos em regiões tropicais (GÄTKE et al., 2013).

Segundo a percepção dos pescadores artesanais que atuam na região de Guaíra, Alto rio Paraná, a montante do reservatório de Itaipu, o Canal da Piracema influenciou positivamente, tanto no volume de pescado, quanto na diversidade de espécies (SILVA JR., 2012). O Canal propiciou o reaparecimento de algumas espécies migratórias, contribuindo para a composição da renda familiar, dado o seu alto valor de mercado especialmente dourado (*S. brasiliensis*) e pintado (*P. corruscans*).

Ao longo dos 12 anos de operação do Canal da Piracema (2002 a 2014), o sistema teve seu suprimento hídrico interrompido em três ocasiões, sendo essa a maior restrição que afeta sua funcionalidade, tanto para a transposição de peixes, como para o uso desportivo, que requer uma vazão mínima de 9 m³/s. O rebaixamento da tomada d'água para a cota 214 m poderá solucionar esse problema, considerando que o nível de água mais baixo observado para o reservatório de Itaipu desde que o mesmo completou seu enchimento (1984) atingiu a cota 215,33 m (Tabela 1).

Tabela 1. Episódios de deplecionamento do reservatório de Itaipu.

Período (ano)	Cota mínima praticada (m)
1999 / 2000	215,33
2008 / 2009	217,25
2012 / 2013	216,07
2013 / 2014	

O Canal da Piracema se apresenta como estrutura viável para a transposição de peixes neotropicais com finalidade múltipla, sob condições normais de operação do reservatório de Itaipu. No entanto, algumas alterações estruturais são necessárias para incrementar a funcionalidade do sistema, quais sejam:

1. Reestruturação do Canal de deságue no rio Bela Vista, a fim de reduzir a seletividade e o tempo de ascensão.
2. Alteração do traçado e melhoria das condições hidráulicas do Canal de iniciação, para que os peixes o encontrem antes e o elejam como rota preferencial em relação ao Canal de águas bravas, que é utilizado para atividades desportivas.
3. Rebaixamento da tomada d'água, a fim de viabilizar a operacionalidade do sistema mesmo em condições de deplecionamento do reservatório de Itaipu.

Essas alterações deverão viabilizar o pleno aproveitamento multiuso do sistema o tempo todo, atendendo ao interesse empresarial e aos preceitos de sustentabilidade e responsabilidade sócio ambiental, que sempre caracterizaram, de forma marcante, o aproveitamento hidrelétrico de ITAIPU. Com isso espera-se diminuir o tempo de permanência das espécies migratórias no sistema, potencializando o acesso das mesmas às áreas de desova e desenvolvimento inicial existentes a montante, bem como proporcionar a prática desportiva no Canal de águas bravas durante o ano todo, mesmo em períodos de deplecionamento do reservatório de Itaipu.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C., PELICICE, F.M. 2007. **Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 501p.
- (2) CANZI C., FONTES JR, H.M., FERNANDEZ, D.R. 1998. A ictiofauna de ocorrência no rio Bela Vista (Resumos do 4o Congresso Brasileiro de Ecologia do Brasil). Belém. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. NETA, p. 592-593.
- (3) DIAS, J.H.P., FERNANDEZ, D.R., FONTES JUNIOR, H.M. 2013. Atuação do setor elétrico brasileiro na evolução do conhecimento científico sobre migração e transposição de peixes na bacia do alto Paraná. XXII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Brasília.
- (4) FERNANDEZ, D.R., AGOSTINHO, A.A., BINI, L.M., PELICICE, F.M. 2007. Diel variation in the ascent of fishes up an experimental fish ladder at Itaipu Reservoir: fish size, reproductive stage and taxonomic group influences. *Neotropical Ichthyology* 5(2): 215-222.
- (5) FIORINI, A.S., FERNANDEZ, D R., FONTES JUNIOR, H M. 2006. Itaipu Dam Piracema Migration Channel. **Vingt Deuxième Congrès Des Grands Barrages**, p.325-348, Barcelona.
- (6) FONTES JR., H.M. 2011a. Avaliação do caráter multiuso do Canal da Piracema para a transposição de peixes neotropicais no rio Paraná, Brasil. Unpublished Ph.D. Thesis, Universidade Estadual de Maringá, Paraná. 69p. disponível em: <http://nou-rau.uem.br/nou-rau/document/?code=vtls000199603>
- (7) FONTES JR., H.M., GOMES, L.C., MAKRAKIS, S., HEIL, S.A. 2011b. Monitoramento eletrônico de espécies migradoras no sistema de transposição de peixes da Itaipu Binacional (Canal da Piracema). Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Florianópolis.
- (8) FONTES JR., H.M., CASTRO-SANTOS, T., MAKRAKIS, S., GOMES, L.C., LATINI, J.D. 2012a. A barrier to upstream migration in the fish passage of Itaipu Dam (Canal da Piracema), Paraná River basin. *Neotropical Ichthyology*, 10(4): 697-704.
- (9) FONTES JR., H.M., GOMES, L.C., MAKRAKIS, S., MAKRAKIS, M.C., LATINI, J.D., DOMINGUES, W.M., WATANABE, A. 2012b. Temporal variations in the ichthyofauna of the Canal da Piracema: is there a clear pattern in the movement of migratory fish? International Symposium on Fish Passage of South America, Toledo – PR, Brasil.
- (10) FONTES JR., H.M., FERNANDEZ, D.R., HENN, C., HEIL, S.A. 2014 O Canal da Piracema como sistema multifinalitário de transposição de peixes neotropicais. In: Revista Brasileira de Engenharia de Barragens, 01: 30-36.
- (11) GÄTKE, P., BARAN, E., FONTES JR, H.M., MAKRAKIS, S., MAKRAKIS, M.C., RÄSÄNEN, T.A., SAMADEE, S. 2013. Fish Passage Opportunities for the Lower Sesan 2 Dam in Cambodia – Lesson from South America. Project report: Challenge Program on Water & Food Mekong project MK3 “Optimizing the management of a cascade of reservoirs at the catchment level”. ICM – International Centre for Environmental Management, Hanoi Vietnam.

- (12) MAKRAKIS, S., GOMES, L.C., MAKRAKIS, M.C., FERNANDEZ, D.R.; PAVANELLI, C.S. 2007a. The Canal da Piracema at Itaipu Dam as a fish pass system. *Neotropical Ichthyology*, 5(2): 185-195.
- (13) MAKRAKIS, M.C., MIRANDA, L.E., MAKRAKIS, S., FERNANDEZ, D.R., GARCIA, J.O., DIAS, J.H.P. 2007b. Movement patterns of armado, *Pterodoras granulosus*, in the Paraná River Basin. *Ecology of Freshwater Fish*, 16: 410-416.
- (14) MAKRAKIS, M.C., MIRANDA, L.E., MAKRAKIS, S., XAVIER, A.M.M., FONTES-JÚNIOR, H.M., MORLIS, W.G.. 2007c. Migratory movements of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, in the highly impounded river. *Journal of Applied Ichthyology*, 1: 1- 18.
- (15) MAKRAKIS, M.C., MIRANDA, L.E., GOMES, L.C., MAKRAKIS, S., FONTES JUNIOR, H.M. 2011. Ascent of neotropical migratory fish in the Itaipu reservoir fish pass. *River Research and Applications*, 27: 511-519.
- (16) MAKRAKIS, S., MIRANDA, L.E., MAKRAKIS, M.C., FONTES JR., H.M., MORLIS, W.A.G., DIAS, J.H.P., GARCIA, J.O. 2012a. Diversity in migratory patterns among Neotropical fishes in a highly regulated river basin. *Journal of Fish Biology*, 81: 866–881.
- (17) MAKRAKIS, S. FONTES JR., H.M., MAKRAKIS, M.C., FERNANDEZ, D.R., DIAS, J.H.P., BELMONT, R.F., 2012b. Downstream migration of Neotropical potamodromous species through hydroelectric reservoir: myth or reality? International Symposium on Fish Passage of South America, Toledo – PR, Brasil.
- (18) SILVA JUNIOR, L.R. 2012. Percepção dos Pescadores artesanais com o advento do Canal da Piracema sobre a atividade pesqueira em Guaíra, Alto rio Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo. 33p. Disponível em <http://tede.unioeste.br/tede/arquivos/11/TDE-2013-03-21T190336Z-957/Publico/Lauro%20R%20Silva%20Junior.pdf>
- (19) SUZUKI, H.I., VAZZOLER, A.E.A.M. (In Memoriam), MARQUES, E.E., LIZAMA, M.L.A.P., INADA, P. 2004. Reproductive ecology of fish assemblages. Pp. 271-292. In: Thomaz, S.M., Agostinho, A.A., Hahn, N.S. (Eds). **The Upper Paraná River Floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Leiden: Backhuys Publisher. 393p.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Hélio Martins Fontes Júnior

Nascido em São Paulo, capital, em 16 de abril de 1959. Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (1982) e Doutor em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá (2011). Trabalha desde 1987 na Superintendência de Meio Ambiente da Itaipu Binacional, onde desempenhou funções gerenciais e técnicas em projetos de conservação e manejo de fauna, flora e ecossistemas aquáticos. Possui experiência em diversas áreas da ecologia, com ênfase em ecologia de reservatórios, zoobentos, sistemas de transposição de peixes e migração de peixes. Currículo disponível em: <http://lattes.cnpq.br/6086501690195684>