

APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO JIRAU

PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DA ICTIOFAUNA

ESTRATÉGIA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES

Setembro / 2011

SUMÁRIO

<u>1 INTRODUÇÃO</u>	<u>3</u>
<u>2 ANTECEDENTES</u>	<u>5</u>
<u>3 SISTEMA DEFINITIVO DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES DO AHE JIRAU</u>	<u>8</u>
<u>4 SISTEMAS PROVISÓRIOS DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES DO AHE JIRAU .</u>	<u>11</u>
<u>5 ESTUDOS COMPLEMENTARES NOS STPP</u>	<u>21</u>
<u>6 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO</u>	<u>24</u>

ANEXOS

- A nexos 1 Memorial descritivo e plantas do projeto executivo dos Sistemas de Transposição Provisórios de Peixes (STPP) do AHE Jirau.

1 INTRODUÇÃO

Em atendimento aos objetivos do Subprograma de Monitoramento do Sistema de Transposição, previsto no Programa de Conservação da Ictiofauna do AHE Jirau (item 4.17 do Projeto Básico Ambiental - PBA), a Energia Sustentável do Brasil S.A. (ESBR), desde a emissão da Licença de Instalação nº 621/2009, em 03/06/2009, vem executando diferentes ações visando aprofundar o conhecimento sobre os movimentos migratórios dos peixes do rio Madeira, para dessa forma, poder instalar um Sistema de Transposição de Peixes (STP) que permita a algumas espécies de peixes sobrepor o barramento do AHE Jirau.

Os grandes bagres (e.g., dourada – *Brachyplatystoma rouseauxii* e babão – *B. platynema*), sabidamente migradores, foram identificados como as espécies-alvo para as quais o STP deveria ser projetado. Porém, como descrito por Kynard (1993), é necessário entender o comportamento dessas espécies-alvo para adequadamente projetar, localizar e operar uma passagem de peixe.

Para obter esse conhecimento, a ESBR, em parceria com a Santo Antônio Energia S.A. (SAE), instalou um Canal Experimental de Transposição (CET) na cachoeira do Teotônio. Neste modelo físico foram realizados testes, nos anos de 2010 e 2011, visando definir os parâmetros e critérios de projeto do STP. Muitas informações foram obtidas, as quais subsidiaram a elaboração dos projetos dos STP dos AHE Santo Antônio e Jirau. Entretanto, como descrevem os projetistas nas memórias de projeto, ainda existem dúvidas sobre o comportamento biológico desses animais a serem esclarecidas.

Com o propósito de verificar as condições hidráulicas que favoreçam a seleção de espécies e definir as formas geométricas que melhor se ajustem às características naturais e, ao mesmo tempo, experimentar, em escala e nas condições reais, permitindo a transposição de peixes, a ESBR propõe instalar **02 (dois) sistemas de transposição provisórios de peixes (STPP), sendo um escavado e o outro metálico, além de realizar a transposição de peixes por captura e transporte, conforme detalhamento apresentado ao longo deste documento.**

A seguir é apresentado um breve resumo dos estudos realizados na definição e na elaboração do projeto executivo do STP e das medidas provisórias listadas abaixo que a ESBR propõe executar e monitorar, incluindo o seu cronograma de implantação:

- **STPP Escavado:** O primeiro sistema de transposição de peixes provisório será em um canal escavado e revestido, localizado na lateral do canal de fuga da Casa de Força 1, na margem direita do rio Madeira.
- **STPP Metálico:** O segundo sistema de transposição de peixes provisório será um canal metálico, o qual deverá dispor de uma rampa de deslizamento no local da Ilha do Padre à sombra do fluxo de água proveniente do vertedouro durante o desvio.
- **Captura e Transporte:** Igualmente, para melhorar as condições de transposição, será realizada a passagem de peixes por captura e transporte com redes de cerco especificamente para dourada e babão.

2 ANTECEDENTES

A obstrução de rotas migratórias dos peixes é o impacto de percepção mais óbvia dos empreendimentos hidrelétricos sobre a ictiofauna, o que explica o fato desse tema ser recorrente nas discussões durante o processo de licenciamento ambiental. Entretanto, a intensidade desse impacto depende da estratégia de vida da ictiofauna presente na bacia hidrográfica, da localização do eixo da barragem em relação aos habitats críticos ao ciclo de vida das espécies migradoras (áreas de desova e criadouros naturais) e do caráter endêmico da espécie considerada. Assim, sob a perspectiva da conservação da biodiversidade o caso mais grave seria o de uma espécie migradora, endêmica à bacia, cujas áreas de desova se localizassem a montante e os berçários (áreas de desenvolvimento inicial) a jusante da barragem. Nesse caso, o fluxo de indivíduos dessa espécie em ambos os sentidos seria indispensável para sua existência. Por outro lado, a situação mais favorável e

de solução mais simples seria daquelas espécies com áreas de desova e berçários acima e abaixo da barragem.

Em um cenário de extensos trechos livres acima e abaixo do reservatório não haveria preocupações com aspectos demográficos, e conseqüentemente com a afetação do recurso pesqueiro, sendo o tamanho das populações regulado pela capacidade de suporte do ambiente o qual garantiria a biomassa. Nesse caso, o aspecto que requereria atenção na mitigação de impactos seria o genético, decorrente da fragmentação das populações, sendo suficiente a passagem de um número reduzido e controlado de reprodutores pela barragem. Por outro lado, quando o trecho acima não conta com áreas de desova ou essas estão presentes, mas o fluxo de larvas para jusante não é possível, passagens de peixes não são recomendáveis. Em situações em que os trechos a jusante são adequados a populações sustentáveis, ao contrário daqueles a montante, a ascensão se configura como impacto adicional. Assim, sistemas de transposição de peixes (STP) são reconhecidos como estratégias adequadas para restabelecer o contato entre os habitats de espécies migradoras e na atenuação dos impactos genéticos. Entretanto, sua natureza e funcionamento devem ser avaliados caso a caso, levando-se em consideração, além das peculiaridades da ictiofauna local e localização do empreendimento, a resposta das espécies de interesse aos estímulos hidráulicos de atração e na ascensão ao longo do mecanismo até a chegada ao reservatório.

No caso dos reservatórios do rio Madeira, embora a mitigação de impactos se enquadre na condição mais favorável descrita acima para quase todas as espécies migradoras, há a já mencionada possibilidade de que duas espécies de grandes bagres (dourada *Brachyplatystoma rousseauxii* e o babão *Brachyplatystoma platynemum*) dependam da permeabilidade da barragem ao seu trânsito para a manutenção de seus estoques no trecho a montante.

Recentes estudos indicam que indivíduos dessa espécie provenientes de diferentes pontos da Amazônia pertençam à mesma população (Batista, 2009; 2010), o que indicaria um impacto menor dos reservatórios do rio Madeira sobre a genética de seus estoques no restante da bacia abaixo da barragem. Por outro lado, se comprovada a obrigatoriedade dos estoques dessas espécies presentes no trecho a montante do barramento do AHE Jirau em

passarem a parte inicial de seu ciclo de vida no estuário do rio Amazonas, retornando como juvenis para as cabeceiras, como sugerido por Barthem & Goulding (1997), haverá a necessidade de transpô-los para manter essas espécies nesses trechos. Nessa hipótese, a exploração pesqueira dos estoques dessas espécies nos trechos altos da bacia do rio Madeira seria inteiramente dependente do recrutamento a partir do estuário, o que tornaria a passagem dos juvenis para o segmento a montante uma questão não apenas genética, mas também demográfica e socioeconômica. Assim, as transposições dessas duas espécies deveriam ser massivas, fato que se constituiu em diretriz na elaboração do projeto do STP definitivo na barragem do AHE Jirau.

Há, no entanto, que se considerar que os estudos até agora realizados, embora apontem para essa possibilidade, carecem ainda de maiores detalhamentos, sendo esperado que isso se efetive com os estudos genéticos e de ecologia em curso no âmbito do Programa de Conservação da Ictiofauna do AHE Jirau. Um cenário distinto por certo levaria a uma modificação na estratégia em relação à transposição de peixes proposta no Sistema Definitivo de Transposição de Peixes do AHE Jirau.

Desta forma, conforme mencionado anteriormente, a ESBR propõe implementar os sistemas de transposição do tipo “captura e transporte”, sendo esta a alternativa provisória mais adequada para uma passagem controlada de peixes durante o período entre a fase de desvio do rio e o enchimento do futuro reservatório, podendo durar até a implantação do sistema de transposição de peixes definitivo.

Espera-se que até o mês de julho de 2012, quando do enchimento do futuro reservatório do AHE Jirau, com os resultados dos estudos em curso (Programa de Conservação da Ictiofauna, monitoramento dos STPP e resultados do monitoramento do STP do AHE Santo Antônio), obtenha-se uma resposta à implementação do STP definitivo e, se necessário, definir as modificações pertinentes ao projeto inicialmente elaborado para seu apropriado funcionamento.

3 SISTEMA DEFINITIVO DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES DO AHE JIRAU

O projeto executivo do Sistema de Transposição de Peixes (STP) do AHE Jirau foi elaborado considerando os aspectos biológicos característicos da ictiofauna do rio Madeira, com ênfase nas espécies migradoras, principalmente a dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*). Esse projeto executivo, incluindo o memorial descritivo e as plantas, é apresentado protocolado no IBAMA em 60 dias.

Essas variáveis biológicas se encontram relacionadas na bibliografia técnica especializada e, para verificar os valores específicos para os empreendimentos do rio Madeira, foi construído nas proximidades da cachoeira do Teotônio o Canal Experimental de Transposição (CET), onde foram realizados, nos anos de 2010 e 2011, diferentes testes coordenados por equipe da UFMG.

Nesse sentido, foram definidos aspectos como o período de operação e a localização do STP no *layout* do barramento, a geometria da entrada, a seletividade, a velocidade da água, a turbulência e a localização da saída do canal.

Detalhes dos testes realizados no CET e seus resultados se encontram nos relatórios técnicos a serem protocolados no IBAMA em 60 dias.

Os aspectos hidráulicos do STP foram definidos com o auxílio de ensaios específicos realizados no modelo reduzido tridimensional, construído na USP. A partir destes ensaios foi otimizada a localização do STP para não produzir efeitos adversos para a aproximação dos peixes à região do canal de entrada.

Uma vez que o sistema de transposição de peixes deverá operar ao longo de todo o ano, a variabilidade dos níveis d'água, os desníveis para transposição de peixes e suas condições de operação foram definidos a partir das vazões médias mensais da série histórica do rio Madeira no local do AHE Jirau.

O STP projetado para a margem direita do rio Madeira possui comprimento total de cerca de 2.500 metros e é composto por três partes principais: o canal de entrada, que faz a ligação entre o canal de transposição e o canal de fuga da casa de força C1, na margem direita; o canal de transposição, dotado de diques com aberturas do tipo ranhura vertical para passagem de peixes; e o canal de saída, que faz a ligação entre o canal de transposição e o reservatório.

Para o canal de transposição foram adotados como parâmetros hidráulicos básicos a velocidade do escoamento máxima de 2,0 m/s, correspondente a uma carga hidráulica entre tanques de 20 cm, e potência específica máxima do escoamento de 140 W/m³.

O canal de transposição de peixes possuirá seção transversal trapezoidal com largura de base de 7,5 m. O trecho sob efeito do NA do canal de fuga possuirá declividade de 2,0%, defletores de concreto, e comprimento dos tanques entre eixos dos defletores de 10,0 m, o que fornece a carga hidráulica de 20 cm. Considerando paredes com largura de 50 cm, o comprimento útil de cada tanque é de 9,5 m.

As vazões pelo canal serão de cerca de 15 m³/s e 20 m³/s, para as profundidades médias de 2,4 m e de 3,35 m, respectivamente.

O dispositivo de atração e seleção de peixes na entrada do STP foi projetado para que os indivíduos sejam induzidos a prosseguirem em direção ao reservatório, a montante. Do mesmo modo, o canal de saída que constitui a parte de montante do sistema de transposição, onde os peixes saem do canal de transposição e se dirigem ao reservatório, foi projetado seguindo a curva guia de operação do AHE Jirau.

Importante ressaltar que os projetistas determinaram que a geometria da passagem de água (e peixes) deveria ser definida com os resultados observados em um modelo físico. Considerando, também, as incertezas do ponto de vista biológico quanto a velocidades e potências específicas do escoamento para a seleção de espécies, os obstáculos de concreto deverão ser melhor avaliados, de forma a permitir a modificação da sua geometria quando da construção do STP. Igualmente, foi apontado que os parâmetros utilizados no dimensionamento do canal constituem uma proposição inicial e podem ser modificados para outros eventualmente considerados mais adequados, em função de evolução no conhecimento das características natatórias dos peixes das espécies que utilizarão o canal.

Dessa forma, visando esclarecer as incertezas ainda presentes, antes da instalação do STP definitivo, serão instalados 02 (dois) Sistemas de Transposição Provisórios de Peixes onde se espera validar as premissas e os

critérios utilizados na elaboração do STP definitivo, através das condições reais dos peixes do rio Madeira.

4 SISTEMAS PROVISÓRIOS DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES DO AHE JIRAU

Segue abaixo uma descrição dos sistemas de transposição provisórios que serão instalados pela ESBR.

4.1 TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES POR CAPTURA E TRANSPORTE

Dentre as alternativas mais adequadas para uma passagem controlada de peixes estão os sistemas de transposição do tipo “captura e transporte”, que se configuram como o único viável para o AHE Jirau durante o período entre a fase de desvio do rio e o enchimento do futuro reservatório.

Sistema de transposição de peixes do tipo captura e transporte (*trapping and hauling*), amplamente utilizados em rios de outros países, é opção viável e, por vezes única, para promover o fluxo de indivíduos para os trechos a montante da barragem durante o período entre o fechamento da barragem e o enchimento do reservatório.

Sistemas semelhantes foram utilizados com sucesso na bacia do rio Paraná junto às barragens de Itaipu e Porto Primavera até que modelos definitivos de sistemas de transposição fossem desenvolvidos e instalados. Na primeira esse sistema foi concebido prioritariamente para subsidiar com informações a construção do mecanismo de transposição hoje em funcionamento e na segunda ele teve como objetivo preponderante assegurar o fluxo de peixes enquanto o mecanismo definitivo não poderia funcionar. Em ambos, entretanto, o monitoramento e a realização de estudos específicos de marcação e recaptura forneceram subsídios fundamentais ao desenho e ao desenvolvimento de protocolos de operação aos mecanismos definitivos. Assim, esses sistemas temporários foram utilizados para avaliar a seletividade específica na transposição (Fernandez *et al.*, 2004), o papel das condições ambientais locais na atração e ascensão de peixes (Fernandez *et al.*, 2007a), as variações sazonais e diárias na composição taxonômica, comprimento e fase reprodutiva dos peixes que ascenderam os mecanismos (Fernandez *et al.*,

2007b), bem como a natureza e a rota dos deslocamentos dos peixes capturados e liberados nos trechos a montante e a jusante da barragem (Antonio *et al.*, 2007). As informações obtidas nesses sistemas foram também importantes como subsídio a novos estudos como indica suas citações em mais de 30 trabalhos publicados recentemente (ver Web of Knowledge/WOS, Thomson Reuters).

Sistemas mistos do tipo “captura e transporte” são utilizados de forma permanente em alguns reservatórios brasileiros, destacando-se, pela maior disponibilidade de informações, o da barragem da UHE Santa Clara, no rio Mucuri. Nesse, a captura é realizada com dispositivo tipo elevador e o transporte feito com caminhão equipado com tanques aerados. Estudos realizados por Pompeu & Martinez (2006 e 2007) revelam que a transposição de peixes com esse mecanismo alcança 66% de toda a riqueza de espécie do trecho a jusante, percentual similar ou mesmo mais elevado que o de outros mecanismos existentes no país (Agostinho *et al.*, 2007). Injúrias e/ou morte de peixes durante o processo, muitas vezes argumentada como um inconveniente dessa modalidade de transposição, foi inferior a 0,5% (Pompeu & Martinez, 2007). Quatro das cinco espécies de peixes migradores reconhecidas para a região foram registradas no dispositivo. Outro sistema, esse com captura realizada com o auxílio de escada, funciona próximo à barragem da UHE Risoleta Neves (Candonga), no rio Doce, porém sem informações disponíveis acerca de sua eficiência.

Sistema de transposição desse tipo é especialmente útil quando a passagem de peixes requer controle qualitativo, dado as possibilidades de selecionar as espécies adequadas à transposição. Isso pode ocorrer em razão de (i) diferenças na composição ictiofaunística entre os trechos a montante e a jusante da barragem, geralmente determinada pela presença anterior de barreiras geográficas à dispersão; (ii) presença de espécies marinhas ou estuarinas cujos locais de desova e crescimento inicial ocorram no estuário, cenário comum em rios costeiros, e (iii) presença de espécies não nativas ou exóticas no segmento a jusante, fato recorrente nas bacias da metade leste do Brasil. O primeiro caso é caracteristicamente aquele dos reservatórios do rio Madeira.

Nesse contexto é oportuno destacar que esse sistema é também recomendado quando o motivo da transposição é a solução de problemas genéticos. Nesse caso, as facilidades oferecidas pelo sistema permitem, além da seleção da espécie, um melhor controle da quantidade de indivíduos transpostos.

Há, entretanto, casos em que essa alternativa de passagem (captura e transporte) é a única possível. Esses casos podem ocorrer, em caráter temporário, durante as fases finais de construção da barragem, quando o reservatório ainda não tem cota suficiente para tornar o mecanismo definitivo de transposição operável, ou mesmo em caráter permanente, quando barragem e casa de força estão separadas e a adução de água para as turbinas cria um trecho de vazão reduzida onde a atração de peixes é reduzida. Nesse último caso, os peixes se concentrarão nas imediações do canal de fuga, distante da barragem. O primeiro é caracteristicamente o caso do projeto do AHE Jirau, tratado nesta proposta.

No projeto de implantação do AHE Jirau, durante o período de desvio do rio Madeira, a água escoará pelas estruturas rebaixadas do vertedouro por cerca de um ano. Nesse vertedouro, localizado na margem direita, entre a casa de força C1 e a Ilha do Padre, como se pode observar no Quadro 1, a velocidade do fluxo da água que passará pela sua soleira será de 1,0 m/s para uma vazão mínima de 2.001 m³/s e de 12,8m/s para uma vazão máxima de 59.990 m³/s, ambas com o AHE de Santo Antônio operando na cota 70,0 m. Analisando o Quadro 2, o qual apresenta a curva guia do reservatório e as vazões medias mensais, é possível identificar que entre os meses de julho a novembro a velocidade será inferior a 6m/s (vazão inferior a 15.000 m³/s), período no qual os peixes também poderão passar pelo vertedouro para montante.

Quadro 1 – Velocidades da Água no Vertedouro

18 vãos	Sem o AHE Santo Antônio				Com o AHE Santo Antonio na cota 70,0m			
	NA-M (m)	NA-J (m)	H (m)	Vel. (m/s)	NA-M (m)	NA-J (m)	H (m)	Vel. (m/s)
2.001	66.3	59.28	6.98	11.7	70.1	70.01	0.05	1.0
4.998	68.2	62.28	5.87	10.7	70.3	70.14	0.15	1.7
10.000	70.6	65.19	5.41	10.3	71.3	70.51	0.75	3.8

14.997	72.6	67.2	5.44	10.3	72.7	71.02	1.66	5.7
19.997	74.5	68.78	5.69	10.6	74.5	71.63	2.85	7.5
25.007	76.2	70.11	6.04	10.9	76.2	72.30	3.86	8.7
29.993	77.7	71.26	6.45	11.3	77.7	73.00	4.74	9.6
35.000	79.2	72.29	6.91	11.6	79.2	73.71	5.49	10.4
44.985	81.9	74.07	7.83	12.4	81.9	75.08	6.82	11.6
50.001	83.2	74.87	8.34	12.8	83.2	75.73	7.48	12.1
59.990	85.4	76.29	9.06	13.3	85.4	76.98	8.37	12.8

Quadro 2 – Curva-Guia do Reservatório

Mês	Vazão média mensal (m ³ /s)	Nível de água no barramento (m)
janeiro	23.414	90,00
fevereiro	30.125	90,00
março	34.672	90,00
abril	33.623	90,00
maio	25.797	90,00
junho	18.005	88,20
julho	11.519	85,20
agosto	7.119	83,20
setembro	5.350	82,50
outubro	6.435	82,90
novembro	10.191	84,60
dezembro	16.245	87,40

Desta forma, nesse documento são descritas as medidas a serem tomadas no sentido de viabilizar o fluxo de peixes para o segmento a montante da barragem durante esse período de desvio do rio Madeira, destacando algumas ações de monitoramento e estudos que deverão ser implementadas para melhor avaliar o projeto do mecanismo definitivo e subsidiar mudanças para uma transposição mais eficiente sob a perspectiva da conservação dos recursos.

4.2 DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS PROVISÓRIAS DE TRANSPOSIÇÃO PROPOSTAS

Para solucionar as dificuldades de passagem dos peixes pelas soleiras rebaixadas dos vertedouros estão previstos 02 (dois) Sistemas de Transposição de Peixes Provisórios, aqui referidos como STPP, além de atividades de captura por pesca de cerco e transposição. Os STPP serão compostos por escada de atração e ascensão e remanso para manejo, captura e transbordo para caminhões com caixas de transporte de peixes. O desnível médio de ambos os STPP será de aproximadamente 14 metros, variando entre as cotas 61 e 75 metros sobre o nível do mar. No **Anexo 1** pode-se consultar o memorial descritivo dos STPP e as plantas do projeto executivo.

Um dos modelos temporários será confeccionado em metal e passível de ser desmontado e remontado em outro ponto (móvel), enquanto o outro em rocha escavada e alvenaria, sendo ambos moldados de acordo com a topografia local e respeitando os parâmetros de capacidade natatória, atração e de ascensão das espécies migratórias (velocidade da água, profundidade mínima, áreas de descanso, aberturas dos anteparos, etc.), parâmetros definidos nos ensaios realizados no Canal Experimental de Transposição (CET). É esperado que a migração tenha caráter sazonal, com mais peixes subindo concomitantemente às cheias ou início das cheias, e menos frequente na época de menores vazões. Essas informações sugerem que peixes migram em todos os meses do ano no rio Madeira e, por isso, os STPP do AHE Jirau foram projetados para operar durante o ano todo até a operação do sistema definitivo a ser implantado.

O **modelo móvel em metal**, posicionado inicialmente nas proximidades da Ilha do Padre, contará com sistema que permita o acompanhamento das variações de nível a jusante do empreendimento, bem como a modificação do desenho dos degraus, de acordo com a evolução dos resultados dos trabalhos de atração e captura das espécies alvo. Baseado em experiências prévias de Itaipu (1992 a 1997) e Porto Primavera (1996 a 1999), o modelo foi dimensionado para a atração, passagem e captura das espécies migradoras, com base nos resultados obtidos nos testes realizados no CET, com ênfase para a dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) e o babão (*Brachyplatystoma platynemum*).

A importância deste sistema é sua mobilidade e versatilidade, podendo ser instalado em um outro lugar ao inicialmente definido caso sejam identificadas melhores características.

A princípio este modelo será concebido para operar em um desnível de até 15,5 metros (um metro e meio acima da variação máxima de nível prevista para jusante), com vazões a partir de 2,5 m³/s, dimensões de 2 metros de largura e 1,5 m de profundidade, aberturas de 80 cm, velocidades da lâmina de água inferiores a 2,4 m/s e declividade média ao redor de 7%. As paredes transversais são espaçadas em 2,9 metros, correspondendo a uma diferença de 20 cm entre os tanques e dispostas em lados opostos (formato de chicanas).

O modelo fixo parcialmente esculpido em rocha foi concebido com base nas mesmas premissas biológicas que embasaram o projeto do sistema definitivo proposto para a margem direita do AHE Jirau e parâmetros técnicos obtidos no CET. Este estará localizado na margem direita, a jusante da ensecadeira de segunda fase, junto ao canal de fuga da casa de força C1. O leito é rochoso e possibilita que as estruturas de entrada e de canal adutor sejam escavadas em rocha e moldadas em alvenaria. A estrutura de entrada estará localizada na cota 56 metros. O canal adutor será composto por tanques sucessivos separados por paredes transversais, com base mínima de 3 metros e altura mínima de 2 metros e demais dimensões semelhantes ao modelo em metal localizado na Ilha do Padre.

Ambos os modelos terão as vazões controladas por meio de bombas de recalque, que captarão a água do rio Madeira a jusante e a elevarão até o topo do sistema. Os exemplares que ascenderem aos modelos serão capturados no último degrau (remanso de descanso), avaliados e transportados para montante em caminhões com caixas apropriadas ao transporte de peixes (2 m³ cada), com aeração, controle de temperatura e atenuadores de impacto de ondas no interior das caixas. A operação será cronometrada, sendo as variações nos procedimentos registradas e os parâmetros limnológicos monitorados ao longo de todo o processo de captura, transporte e soltura dos exemplares das espécies alvo.

O STPP está voltado prioritariamente para a passagem da dourada e do babão. Considerou-se desejável a passagem de outras espécies migradoras do rio Madeira cuja rota de migração rio acima incluía as cachoeiras de Teotônio e Jirau, embora com finalidades prioritariamente genéticas, visto que poderão constituir populações autossustentáveis tanto acima como abaixo dos reservatórios. Dessa maneira, os STPP deverão operar durante todos os meses, no período compreendido entre a data do fechamento do canal de desvio e a implantação do sistema de transposição definitivo. A velocidade máxima do escoamento será da ordem de 2,4 m/s em ambos STPP, o que permitirá, caso seja necessário, que indivíduos de pequeno porte também possam transpor os mecanismos.

4.3 EXPERIMENTO COM REDES DE CERCO PARA CAPTURA DE DOURADA E BABÃO

Um importante aspecto para o sucesso do sistema de transposição de peixes é este ser facilmente notado e acessível pelos peixes migradores (Larinier, 2002). Para que isto ocorra, a localização de sua entrada deve estar próximo ao ponto em que os peixes se acumulam para tentar ultrapassar a barragem, que é o ponto onde eles não conseguem mais avançar (Larinier, 2002). Como as espécies de peixes possuem capacidade natatória e comportamento diferenciados, este ponto ótimo de localização pode variar expressivamente de espécie para espécie. Os STPP a serem construídos no AHE Jirau visam especificamente a transposição de grandes bagres migradores, como a dourada e o babão. Esses peixes migram pelo canal do rio em águas mais profundas que os Characiformes, que em geral nadam em águas mais rasas e próximos à margem. Este comportamento é inclusive para evitar a predação por parte dos grandes bagres (Barthem & Goulding, 1997).

A localização dos pontos de acúmulo de peixes Characiformes é mais fácil de ser avistado que o dos grandes bagres, tendo em vista que estes nadam próximo à superfície. Localizar os pontos de acúmulo de dourada e babão ajudaria a melhorar o posicionamento das entradas do STP. Esta busca

poderia ser feita no momento em que o rio está sendo desviado e a forte correnteza dificulta ou impede a subida dos peixes.

Os peixes seriam localizados por meio de sonares e a confirmação das espécies seria feita através de pescarias neste local. Medidas de profundidade, distância da margem e velocidade média do perfil seriam obtidos neste ponto. Mas o mais especial deste trabalho seria a utilização de apetrechos de pesca adaptados a ambientes de forte correnteza.

A Amazônia possui duas técnicas adaptadas à pesca dos grandes bagres em correnteza e em águas mais profundas. A primeira é ou era exercida pelos pescadores da Cachoeira de Teotônio, que lançavam pesadas tarrafas nas águas espumadas abaixo da cachoeira. Outra técnica é a de pescaria de piramutaba no rio Solimões, realizada por barcos que lançavam enormes redes de cerco ao redor de cardumes desses bagres (Goulding, 1979; Barthem & Goulding, 1997) (**Figura 1**). Ambas as técnicas dependem de pescadores com experiência no manuseio desse equipamento.

Conseguir pescadores de tarrafa talvez seja tarefa mais fácil, tendo em vista que este equipamento era utilizado na Cachoeira de Teotônio, em uma região relativamente próxima do AHE Jirau. No entanto, o uso de redes de cerco, cuja rede é mais elaborada e depende da participação de experientes pescadores da região de Manaus-Manacapuru para o seu manuseio, pode ser empregada tanto para identificar os peixes nos pontos de acumulação quanto para conduzi-los para as entradas dos STPP em pauta.

O experimento com redes de cerco nas águas turbulentas do rio Madeira será uma técnica utilizada para captura das espécies alvo a jusante do empreendimento em áreas de concentração, onde as características hidráulicas da região permitam uma operação segura e eficiente, ou para a condução dos cardumes para a entrada dos STPP. Tendo em vista que sua aplicação demandaria um certo tempo, sugere-se a adoção de um cronograma que visa maximizar o tempo para gerar dados e assimilar novas técnicas de pescaria seguindo as seguintes etapas:

ETAPA	OBJETIVO
1. Aquisição e uso do sonar nas	• Testar a capacidade de detecção

áreas abaixo da barragem do AHE Jirau	dos cardumes nas águas turbulentas
2. Contratação de pescadores com práticas no uso de tarrafas para correnteza.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar as espécies dos peixes que serão detectadas pelo sonar.
3. Contratação de pescadores com práticas no uso de redes de cerco para piramutaba.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar as espécies dos peixes que serão detectadas pelo sonar. • Testar a possibilidade de se conduzir cardumes para as entradas dos STPP. • Treinar pescadores locais para essa tarefa



A

B

Figura 1. Pescarias de grandes bagres realizadas em águas profundas e com forte correnteza: A - Espinhel (Barthem & Goulding, 2007); B - Rede de Cerco (Barthem & Goulding, 1997).

Do mesmo modo que ocorrerá nos STPP, os exemplares capturados pelo cerco serão avaliados e transportados para montante, tomando-se os mesmos níveis de cuidados, visando a minimização do estresse de transporte. Os locais de soltura deverão ter características que permitam aos exemplares uma fácil adaptação pós-soltura, como baixa velocidade da água e ampla área de remanso.

5 ESTUDOS COMPLEMENTARES NOS STPP

O uso de STPP, além de permitir um fluxo gênico das espécies alvo até que os modelos definitivos estejam implantados, deverão permitir validar os parâmetros definidos no CET, os quais foram utilizados na elaboração do projeto do STP definitivo do AHE Jirau. A plasticidade de confecção, que

permite mudanças no desenho e dimensões dos defletores bem como nas vazões e velocidades da água, especialmente no móvel, contribuirá para o melhor conhecimento de diversos fatores de atração das espécies alvo, como dinâmica migratória e o melhor desenho hidráulico. Estes fatores serão incorporados ao modelo definitivo, minimizando a possibilidade de erro e contribuindo para uma melhor eficiência.

Um outro aspecto que deverá ser objeto de monitoramento nos STPP, especialmente na estrutura móvel, serão as manipulações hidráulicas passíveis de impedirem o ingresso ou a ascensão de espécies de peixes com distribuição natural restrita aos trechos de jusante, no sistema. As informações obtidas na análise dos dados desse monitoramento deverão subsidiar o projeto e a operação do sistema de transposição definitivo em relação ao seu principal desafio, ou seja, impedir, por manipulação hidráulica que espécies naturalmente restritas aos trechos a jusante das cachoeiras alcancem o trecho a montante, gerando introduções massivas de espécies e impactos adicionais, ou pelo menos a viabilidade de operações do mecanismo com essa finalidade. Ressalta-se que testes realizados com o mecanismo definitivo em operação representa um alto risco de passagem de grandes cardumes de espécies cuja presença no segmento superior é indesejável. Nesse ponto é oportuno lembrar que a introdução de espécies é, juntamente com alterações hidrológicas, as maiores ameaças à biodiversidade de ecossistemas aquáticos de água doce (Johnson *et al.*, 2008). A eliminação das barreiras de Sete Quedas, no rio Paraná, com a formação do reservatório de Itaipu foi responsável, por exemplo, pela dispersão (entenda-se introdução não deliberada) de pelo menos 33 espécies de peixes no trecho da bacia a montante, e espécies adicionais estão sendo dispersas pelo sistema de transposição existente nesse empreendimento (Julio Jr *et al.*, 2009). O monitoramento da planície de inundação no remanescente de rio livre a montante desse reservatório mostram que espécies nativas da área estão sendo substituídas gradualmente pelas introduzidas (Julio Jr *et al.*, 2009).

Assim, a oportunidade criada pelo uso de sistemas de transposição misto pode ser considerada promissora no teste de sistemas de transposição que poderão ganhar o *status* de alternativos, complementares ou emergenciais para o caso

dos mecanismos definitivos não serem satisfatórios na seleção. Há que se considerar nesse ponto que, para que a transposição com o mecanismo definitivo seja adequada, além de não permitir a passagem de espécies ausentes nos trechos a montante, deverá funcionar de forma semelhante nos dois empreendimentos do rio Madeira, sendo que a ineficiência de um comprometerá ambos. Nesse caso, obedecendo o princípio da precaução, um sistema de transposição já experimentado poderá servir à captura a jusante do reservatório do AHE Santo Antônio e liberação a montante do reservatório do AHE Jirau.

Embora a experiência já acumulada com o transporte de peixes por caminhão (resgate de peixes nas ensecadeiras do AHE Jirau) confira segurança nesse processo, é conveniente que esse seja monitorado para seu aprimoramento.

Propõem-se, portanto, que além de promover a passagem de peixes nesse período de transição (desvio do rio), o monitoramento do processo de transposição seja integral e que busque alcançar os seguintes objetivos:

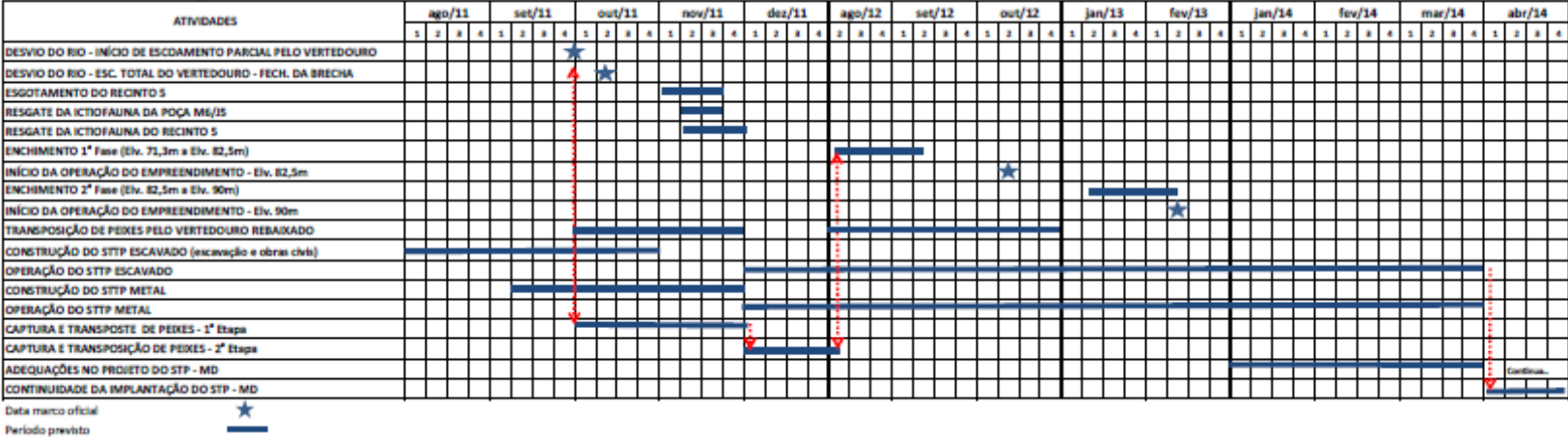
1. Homologar e validar os efeitos das condições de vazão, velocidade, turbulência, declividade e localização sobre a atração de peixes e sua ascensão nos STPP, considerando-se as espécies alvo, as demais migradoras e aquelas cuja presença a montante é indesejada;
2. Avaliar as variações nictimeral, mensal e sazonais e diárias na ascensão de peixes considerando os dados de abundância fornecidos pela captura por pesca;
3. Avaliar as variações sazonais e diárias na ascensão de peixes considerando os dados de abundância fornecidos pela captura por pesca;
4. Avaliar a influência de fatores abióticos (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade, precipitação, fase da lua e intensidade luminosa da lua) sob o trânsito dos peixes;
5. Avaliar os procedimentos mais adequados em nível de seleção para o transporte e soltura das espécies com ocorrência comum entre os dois segmentos (montante e jusante das cachoeiras);

6. Desenvolver um protocolo de procedimentos para captura, transporte e soltura de peixes no processo de transposição;
7. Articular os trabalhos de monitoramento do mecanismo de transposição provisório com aqueles de marcação e recaptura previstos no PBA do empreendimento;
8. Em sinergia com o monitoramento do STP do AHE Santo Antônio, recapturar exemplares marcados e/ou evidenciar sua passagem pelo STPP do AHE Jirau;
9. Monitorar e avaliar como os processos sedimentológicos se desenvolverão e sua influência na viabilidade de passagem dos peixes para montante.

6 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

Segue o cronograma de implantação dos STPP.

Quadro 3 – Cronograma de implantação dos STPP



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTHEM, R. & GOULDING, M. 1997. *The Catfish Connection: Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators*. New York, Columbia University Press. 144p
- BARTHEM, R. B. & GOULDING, M., 2007. *An Unexpected Ecosystem: The Amazon revealed by the fisheries*. Amazon Conservation Association (ACA) - Missouri Botanical Garden Press. Lima, Peru. 241p
- GOULDING, M., 1979. *Ecologia da Pesca do Rio Madeira*. Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Tecnológicas (CNPq)/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Brazil. 172p
- LARINIER, M., 2002. Location of fishways. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 364(suppl.): 39-53
- AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C. & PELICICE, F. 2007. *Ecologia e Manejo dos Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil*. Maringá. EDUEM. 501p
- ANTONIO, R. R., AGOSTINHO, A. A., PELICICE, F. M., BAILLY, D., OKADA, E. K. & DIAS, J. H. P. 2007 Blockage of migration routes by dam construction: can migratory fish find alternative routes? *Neotropical Ichthyology*, 5(2):177-184
- BATISTA, J. S. 2006. Estimativa da variabilidade genética intra-específica da dourada - *Brachyplatystoma rousseauxii* Castelnau 1855 (Pimelodidae - Siluriformes) no sistema Estuário-Amazonas-Solimões. *Biota Neotrop.* 6 (1)
- BATISTA, J. S. 2010. Caracterização genética da dourada - *Brachyplatystoma rousseauxii*, Castelnau, 1855 (Siluriformes-Pimelodidae) na Amazônia por meio de marcadores moleculares mitocondriais e microssatélites: subsídios para conservação e manejo. Tese Doutorado. Programa Pós Graduação em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva. INPA, Manaus
- FERNANDEZ, D. R., AGOSTINHO, A. A. & BINI, L. M. 2004. Selection of an experimental fish ladder located at the dam of the Itaipu Binacional, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(4):579-586

- FERNANDEZ, D. R., AGOSTINHO, A. A., BINI, L. M. & PELICICE, F. M. 2007b. 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
- FERNANDEZ, D. R., AGOSTINHO, A. A.; BINI, L. M. & GOMES, L. C. 2007a. Environmental factors related to entry into and ascent of fish in the experimental ladder located close to the Itaipu Dam *Neotropical Ichthyology*, 5(2):153-160
- JOHNSON, P. T. J., OLDEN, J. D. & ZANDEN, M. J. V. 2008. Dam invaders: impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(7):357-363
- JULIO Jr., H. F., DEI TOS, C., AGOSTINHO, A. A. & PAVANELLI, C. S. 2009. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper rio Paraná basin. *Neotropical Ichthyology*, 7(4):709-718