

**HÍDRICON – CONSULTORIA DE RECURSOS HÍDRICOS  
&  
CENTRO DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES - UFMG**

**ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL S.A.**

**AHE JIRAU**

**SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES**

**PREMISSAS E CRITÉRIOS ADOTADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO  
PROJETO EXECUTIVO**

**Belo Horizonte  
Janeiro de 2012**

## SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO .....	1
2.	ASPECTOS BIOLÓGICOS.....	1
2.1.	Introdução.....	1
2.2.	Espécies-alvo.....	1
2.3.	Período de Operação .....	2
2.4.	Localização da Entrada do STP.....	3
2.5.	Geometria da Entrada do STP.....	3
2.6.	Seletividade do STP .....	4
2.7.	Velocidade da Água e Turbulência no STP.....	5
2.8.	Localização da Saída.....	5
2.9.	Monitoramento do Trânsito de Peixes e Avaliação do STP.....	6
3.	ASPECTOS HIDRÁULICOS.....	7
3.1.	Localização da Entrada.....	7
3.2.	Condições de Operação .....	7
3.3.	Canal de Transposição .....	8
3.3.1.	Aspectos Gerais.....	8
3.3.2.	Parâmetros de Projeto.....	10
3.4.	Atração e Seleção de Peixes nas Entradas do STP .....	11
3.5.	Canal de Saída .....	13
4.	DESCRIÇÃO SUCINTA DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO.....	14
4.1.	Canal de Entrada.....	14
4.2.	Canal de Transposição .....	15
4.3.	Canal de Saída .....	16
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	16
6.	REFERÊNCIAS.....	17
7.	TABELAS .....	19
8.	FIGURAS .....	23

## **1. APRESENTAÇÃO**

Esse documento apresenta as principais premissas e os critérios biológicos e hidráulicos adotados para o desenvolvimento do Projeto Executivo do Sistema de Transposição de Peixes (STP) do AHE Jirau. Em atendimento às condicionantes da LP e da LI, o STP é constituído por canal localizado na margem direita do rio Madeira, junto à Casa de Força CF1.

O Projeto Executivo de engenharia encontra-se em desenvolvimento pela empresa THEMAG Engenharia e Gerenciamento Ltda. (THEMAG), em acordo aos critérios apresentados a seguir.

## **2. ASPECTOS BIOLÓGICOS**

### **2.1. Introdução**

Nesta seção, são discutidos os aspectos biológicos que influenciaram as soluções de engenharia adotadas para definir o período de operação, a localização e a geometria da entrada, a seletividade, a velocidade da água, a turbulência e a localização da saída do Projeto Básico do STP do AHE Jirau.

Adicionalmente, é apresentado o monitoramento do trânsito de peixes e a avaliação da performance do STP para elaboração de sua regra operativa e para o entendimento do seu papel na conservação e no manejo dos peixes do rio Madeira.

### **2.2. Espécies-alvo**

Para a elaboração do Projeto Básico do STP, a dourada, *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnau 1855), foi considerada como a espécie-alvo mais importante, devendo o critério para a avaliação da eficiência da passagem ser baseado preponderantemente nessa espécie. No entanto, será considerada positiva a passagem das demais espécies migradoras do rio Madeira cuja rota de migração rio acima passe pelo AHE Jirau. Essas espécies foram assim qualificadas porque informações geradas pelo Programa de Conservação da Ictiofauna (PCI) do AHE Jirau poderão indicar que sua transposição seja necessária. Espécie migradora é definida neste documento como sendo aquela que precisa deslocar-se, independentemente do motivo, entre dois sítios espacialmente separados para completar o seu ciclo de vida. Portanto, aquelas espécies que podem constituir populações auto-sustentáveis a montante e a jusante do futuro reservatório terão prioridades secundárias na transposição, visando predominantemente o fluxo gênico para os estratos populacionais acima da barragem.

Estudos conduzidos em STP localizados em diferentes bacias hidrográficas brasileiras (e.g., Godinho *et al.* 1991, Borghetti *et al.* 1994, Oldani & Baigún 2002, Fernandez *et al.* 2004, Britto & Sirol 2005, Pompeu & Martinez 2006, Bizzoto *et al.* 2009) mostram que espécies consideradas como não migradoras, sendo várias dessas de pequeno porte (< 10 cm), frequentemente utilizam tais dispositivos. Bizzoto *et al.* (2009) sugerem que a passagem de peixes não-migradores em um STP como o da barragem de Igarapava indica que eles, na realidade, são migradores com forte motivação comportamental para se moverem para o habitat de montante. Assim, espera-se que várias outras espécies da bacia do rio Madeira, além daquelas já classificadas como migradoras, também realizam deslocamentos para montante. Isso é especialmente verdadeiro para o rio Madeira, onde o número de espécies de peixes ultrapassa 700.

Até recentemente, o número de espécies de peixes migradores da bacia do rio Madeira era desconhecido. Barthem & Goulding (1997) citam a existência de cerca de 30 espécies. Contudo, de acordo com o último relatório técnico anual da primeira etapa do PCI do AHE Jirau (ESBR/Naturae, 2011), das 375 espécies identificadas, 10,9% são migradoras de curta distância, 13,8% de longa distância e 73,8% não são migradoras.

Os conceitos e as soluções de engenharia aplicados ao projeto básico do STP do AHE Jirau levaram em consideração a passagem da dourada, cujo ciclo de vida supostamente depende dessa rota. A sua importância à pesca praticada nos trechos mais altos da bacia demanda o máximo de permeabilidade aos movimentos ascendentes de seus jovens. No entanto, caso o PCI indique que outras espécies, além da dourada, precisam ser transpostas, poucas mudanças precisarão ser implementadas na estrutura física do STP do AHE Jirau.

### **2.3. Período de Operação**

O conhecimento disponível até o momento para o rio Madeira indicam que os estoques mais vulneráveis na região são os dos bagres, particularmente da dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) e do babão (*Brachyplatystoma platynemum*). Para as demais espécies cuja rota de migração passa pela região da UHE Jirau, é altamente provável que tenham seus ciclos de vida completados nos segmentos livres a montante e a jusante dos reservatórios em construção, não sendo esperado que a fragmentação tenha reflexos imediatos sobre os estoques.

A transposição de peixes precisará funcionar de modo a permitir a subida de peixes durante todos os meses em que ocorre a migração da dourada e das demais espécies-alvo potenciais. Como o período de migração desses peixes na região da barragem do AHE Jirau

não é precisamente conhecido, ele foi inferido a partir de evidências indiretas. Os dados que melhor permitem fazer essa inferência são os obtidos por Goulding (1979) sobre a produção mensal de 16 espécies de peixes, várias dessas migradoras, na cachoeira de Teotônio em 1977. Esses dados, embora apresentem restrições por serem de apenas um ano e provenientes da pesca profissional, sugerem que a migração da dourada possa ocorrer ao longo de todo ano. Eles também indicam que a migração talvez tenha caráter sazonal, com mais peixes subindo de setembro a maio. Os dados das demais espécies migradoras indicam que nenhuma delas parece ter período migratório tão amplo quanto o da dourada. Em geral, a captura delas na cachoeira de Teotônio está restrita a poucos meses do ano, principalmente entre os meses de agosto a novembro, época de menores vazões (Goulding 1979). Essas informações sugerem que peixes migram em todos os meses do ano no rio Madeira e, por isso, o STP do AHE Jirau foi projetado para operar durante o ano todo.

#### **2.4. Localização da Entrada do STP**

A localização da entrada é, provavelmente, o aspecto mais importante de qualquer sistema de transposição de peixes, particularmente os localizados em barragens (Clay 1995), já que o mecanismo não será eficiente caso os peixes não consigam localizar sua entrada. Peixes em migração rio acima, ao depararem com uma barragem, geralmente deslocam-se até onde não conseguem mais prosseguir (Larinier 2002). Em hidrelétricas, esse local é imediatamente a jusante da barragem ou próximo à saída do tubo de sucção (FAO/DVWK 2002), devido à velocidade da água ou à elevada turbulência (Larinier 2002). É nesses pontos que os peixes tendem a se concentrar (Larinier 2002) e é onde a entrada deve ser posicionada (FAO/DVWK 2002). Quanto mais distante a entrada estiver da casa de força, mais difícil será para o peixe localizá-la (Clay 1995).

A entrada do STP do AHE Jirau está posicionada no canal de fuga da casa de força 1 (CF1), situada na margem direita do rio Madeira, logo a jusante da saída dos tubos de sucção, conforme recomenda a literatura. A margem direita foi selecionada pelo fato da CF1 ter mais unidades geradoras e estar localizada próxima ao vertedouro.

#### **2.5. Geometria da Entrada do STP**

As entradas de STPs são, em geral, restritas às camadas mais superficiais da coluna d'água (Godinho & Kynard 2009). Tais entradas atendem preferencialmente aos peixes que nadam mais próximos à superfície, como os Characiformes. Peixes de fundo de grande porte, por sua vez, têm dificuldades de encontrar entradas superficiais, como verificado nos STPs de Yacyretá (Oldani & Baigún 2002) e Itaipu (Fernandez et al., 2004). A pesca com caçoira, rede de emalhar que é lançada ao fundo e deixada à deriva (Goulding 1979), indica que a

dourada é peixe de fundo. Esse comportamento é comum entre os grandes bagres e, certamente, várias outras espécies do rio Madeira também se comportam dessa maneira.

Ao alcançar o canal de fuga do AHE Jirau, os Characiformes procurarão por uma passagem próxima à superfície. Por outro lado, os peixes de fundo, provavelmente, buscarão por uma passagem próxima ao fundo. Caso esse comportamento venha a ocorrer, os peixes de fundo terão mais chances de encontrar a entrada do STP se essa estiver próxima ao fundo do canal de fuga. A afirmativa é teórica, já que não existem informações sobre o comportamento das espécies-alvo em canais de fuga de usinas hidrelétricas.

A entrada do STP do AHE Jirau foi projetada para que as espécies de fundo, em especial a dourada, tenham chances de encontrá-la. Para isso, ela abrangerá grande parte da coluna d'água, indo da superfície até 3,5 m do piso do canal de fuga, o que permitirá também a atração de peixes de superfície.

## **2.6. Seletividade do STP**

Caso estudos comprovem que espécies segregadas ocorrem próximas à entrada do STP e que elas o utilizam, o STP do AHE Jirau está projetado para que uma barreira física seja operada para evitar a sua subida. A barreira será implementada com a redução da abertura entre as comportas mitra do canal de entrada. A redução da abertura provocará aumento da velocidade da água na entrada. Devido ao menor tamanho corporal das espécies segregadas em relação às espécies-alvo, a capacidade natatória das primeiras é menor do que a das últimas (Videler 1993). Além disso, o fato das corredeiras da região oferecerem restrições à passagem apenas de parte das espécies, leva a crer que aquelas segregadas a jusante possam realmente ter sua entrada no STP limitada pela velocidade da água. Assim, as espécies-alvo são capazes de vencer escoamento com velocidades maiores e, portanto, o aumento da velocidade da água na entrada criará barreira que dificultará/impedirá a subida de espécies segregadas.

No Brasil, a velocidade da água na entrada mais comumente empregada é de 2 m/s. Essa velocidade permite a entrada de peixes de pequeno porte (alguns cm) a grande porte (> 60 cm). Caso seja constatado que barreira é necessária para a entrada das espécies segregadas, a velocidade da água na entrada precisará ser maior que 2 m/s. A velocidade da água na entrada necessária para que ela atue como barreira não é conhecida. Assim, estudos terão que ser conduzidos no próprio STP e nos STP provisórios do AHE Jirau, após a sua entrada em operação, para determinar qual será essa velocidade. Tais estudos, com duração de 03 (três) anos, estão previstos no Subprograma de Monitoramento do Sistema de Transposição de Peixes (PCI).

Posicionar a barreira às espécies segregadas na entrada do STP é opção melhor do que no interior do STP. Independentemente da sua localização, a passagem das espécies-alvo será, provavelmente, dificultada pelo acúmulo de peixes de menor porte imediatamente a jusante da barreira. O acúmulo de peixes de menor porte no interior do STP deverá ser mais prejudicial à subida das espécies-alvo do que o acúmulo na entrada, devido ao menor espaço disponível no interior do STP do que na entrada.

## **2.7. Velocidade da Água e Turbulência no STP**

O trecho inferior do STP do AHE Jirau estará sob influência das variações do nível d'água (NA) do canal de fuga. Quanto maior for a coluna d'água no interior do STP, menor será a velocidade do escoamento. Quando a velocidade do escoamento no STP é muito baixa, peixes podem perder a motivação de nadar contra a correnteza e abandonar o STP. Para evitar que isso aconteça, foi adotada a velocidade mínima de 0,3 m/s no trecho inferior do STP, conforme recomendado por Quinn (2000).

Passado o trecho inferior do STP, o escoamento no restante do STP precisará ter velocidade e turbulência adequadas para permitir a subida dos peixes até a sua saída. A velocidade máxima do escoamento, por exemplo, terá que ser compatível com a capacidade natatória das espécies-alvo (Larinier 2002). Em relação à turbulência, a dissipação da energia do escoamento dentro do STP precisará ser adequadamente feita, já que peixes têm dificuldades de se orientarem em águas turbulentas. Velocidade e turbulência adequadas são obtidas, entre outras formas, com o uso de defletores. Defletores são estruturas inseridas no escoamento com objetivo de guiá-lo, absorver a energia e provocar fluxo mais uniforme.

## **2.8. Localização da Saída**

A saída do STP foi posicionada longe da casa de força e vertedouro. O posicionamento da saída próximo a eles favorece o retorno dos peixes transpostos para jusante (Clay 1995). Afastar a saída do STP da casa de força e do vertedouro minimiza as chances de retorno, mas não o impede completamente, já que peixes que migram próximos às margens poderão se dirigir para lá mesmo estando a saída do STP afastada daquelas estruturas (Boggs *et al.* 2004).

## 2.9. Monitoramento do Trânsito de Peixes e Avaliação do STP

Estudos serão necessários para obter dados que permitam elaborar a regra operativa do STP do AHE Jirau. Esses estudos são essenciais para avaliar a eficiência do STP do AHE Jirau na transposição da dourada e de demais espécies ou mesmo da efetividade da restrição imposta à ascensão das espécies segregadas (ocorrência natural restrita aos trechos a jusante das corredeiras). Os estudos, com duração de 03 (três) anos, serão conduzidos no âmbito do Subprograma de Monitoramento do Sistema de Transposição de Peixes, previsto no PCI do AHE Jirau, para obter dados que ajudem a responder as seguintes perguntas (definições de alguns dos termos usados abaixo são apresentadas na Tabela 1):

- a) Quais são os locais de concentração de peixes no canal de fuga?
- b) Qual é a eficiência de atração do STP?
- c) Qual é a eficiência de transposição do STP?
- d) Qual é o tempo de passagem dos peixes nos seguintes trechos do STP: canal de entrada, segmento com defletores sob influência do NA do canal de fuga, segmento com defletores fora da influência do NA do canal de fuga e canal de saída?
- e) Qual é a taxa de retorno para jusante, via turbinas, vertedouro e STP?
- f) Qual é a taxa de mortalidade no vertedouro e nas turbinas quando da passagem para jusante?
- g) Quantos peixes passam por hora pelo STP?
- h) Quais as espécies que utilizam o STP e quais são as suas abundâncias?
- i) As espécies segregadas ocorrem nas proximidades da entrada no STP?
- j) As espécies segregadas utilizam o STP?
- k) Qual é influência da velocidade da água na entrada sobre as seletividades em tamanho e específica?
- l) Qual é a influência das condições hidráulicas decorrentes da operação da usina (número e posição das turbinas em operação, vazão turbinada, vazão vertida e nível da água do canal de fuga) sobre a performance do STP?
- m) Qual é a influência das condições hidráulicas do STP (profundidade, velocidade e potência específica do escoamento, vazão, carga hidráulica, abertura e velocidade do escoamento na comporta de entrada) sobre a performance do STP?

As principais técnicas a serem empregadas na obtenção dos dados para responder a essas perguntas incluem análise de imagens da sonda tipo Didson, biotelemetria, marcação de peixes com etiqueta PIT e captura de peixes. Os estudos que utilizarão a biotelemetria e marcação de peixes com etiqueta PIT poderão ser desenvolvidos em parceria com a Santo Antônio Energia S.A. (SAE).



Em razão da elevada turbidez da água do rio Madeira, o Didson será o principal instrumento para a coleta de dados dos estudos que necessitem de visualização dos peixes. Dois nichos, um para cada Didson, serão construídos próximos ao canal de saída. Um terceiro Didson será instalado em trilho vertical posicionado imediatamente a jusante da comporta do canal de entrada.

Instalações específicas também serão fornecidas para os estudos que utilizarão etiqueta PIT e biotelemetria. Em alguns pontos ao longo do STP, serão instalados suportes para as antenas de PIT, bem como cômodos refrigerados para acomodar leitoras e computadores. Receptores e antenas/hidrofones serão instalados em diferentes locais da usina para rastreamento automático de peixes.

Para os estudos que necessitem da coleta e do manuseio dos peixes no STP, as capturas poderão ser feitas com auxílio de técnicas tradicionais como, por exemplo, tarrafas. Técnicas tradicionais são, no entanto, rudimentares, pouco eficientes e tendenciosas. Para a captura mais eficiente e menos tendenciosa, será avaliada a viabilidade da instalação de sistema de captura mecanizada próxima a saída do STP. Esse sistema também poderá ser utilizado para a contagem do número de indivíduos das espécies que passam pelo STP, mas que não podem ser identificadas pelas imagens gravadas pelo Didson.

### **3. ASPECTOS HIDRÁULICOS**

#### **3.1. Localização da Entrada**

O STP será implantado junto à Casa de Força da margem direita (CF1). A entrada do canal de transposição foi posicionada junto ao lado direito do canal de fuga, a aproximadamente 310 metros a jusante da saída do tubo de sucção das turbinas. Essa posição foi definida com o auxílio de ensaios específicos no modelo reduzido tridimensional geral, realizados em janeiro de 2010, para a configuração original do projeto, sem a presença, todavia, de aterro junto ao lado direito do canal de fuga.

Esse aterro teve por objetivo eliminar uma “baía” naquela região, que poderia, de acordo com os consultores de ictiofauna, produzir efeitos adversos sobre a aproximação dos peixes à região do canal de entrada decorrentes de eventuais problemas de qualidade de água.

#### **3.2. Condições de Operação**

Uma vez que o sistema de transposição de peixes deverá operar, a princípio, ao longo de todo o ano, a variabilidade dos níveis d'água e os desníveis para transposição de peixes,

considerando as vazões médias mensais da série histórica do rio Madeira no local do AHE Jirau, são apresentados na Tabela 2.

A partir dos dados da mesma série de vazões, foram adotadas as seguintes condições de operação do STP: condição normal correspondente à vazão máxima turbinada, com valor de 27.100 m<sup>3</sup>/s; condição mínima relativa à vazão mínima diária observada, com valor de 2.410 m<sup>3</sup>/s; e condição máxima para a vazão de 41.707 m<sup>3</sup>/s, valor da cheia com tempo de recorrência de 5 anos. A cota de proteção das estruturas foi fixada na elevação 76,00 m, que corresponde ao NA de cheia com tempo de recorrência da ordem de 25 anos, com borda livre de aproximadamente 0,5 m.

Os níveis d'água e vazões característicos das condições de operação são apresentados na Tabela 3.

Pela observação da tabela, verifica-se que o canal deve operar em condições satisfatórias para vencer desníveis que variam de 12,5 a 17,4 m. Posicionando-se a entrada do sistema de transposição na El. 56,00 m, correspondente ao piso do canal de fuga, a lâmina d'água varia entre 14,0 a 18,6 m.

Ambas as variações, de desníveis e de lâminas d'água, são muito grandes para canais seminaturais, face à experiência internacional apresentada na literatura, como ilustrado em Wildman *et al.* (2003), encontrando similar apenas no canal de piracema de Itaipu. A variação do nível d'água do reservatório em 7,5 m, entre as cotas 82,5 m e 90,0 m, torna o projeto desse canal de transposição de peixes ainda mais complexo.

### **3.3. Canal de Transposição**

#### **3.3.1. Aspectos Gerais**

Considerando a grande variabilidade dos níveis d'água a montante e a jusante do empreendimento, a geometria da entrada, a grande seção de escoamento compatível com a biomassa dos peixes a serem transpostos preferencialmente e a exigência de imposição de certa seletividade à passagem de indivíduos de menor porte, o canal de transposição de peixes proposto não se enquadra na definição clássica de canal seminatural.

Entretanto, os critérios usualmente adotados em projeto de canais seminaturais aliados àqueles empregados para passagens técnicas foram avaliados e utilizados em conjunto, com as adaptações consideradas necessárias ou desejáveis, de forma a aumentar as chances de sucesso do STP. Os principais critérios e premissas são apresentados a seguir.

De acordo com FAO/DVWK (2002), os principais parâmetros de projeto de um canal seminatural são a velocidade máxima, a potência específica máxima do escoamento, a largura do fundo, a profundidade média e a declividade. Ainda de acordo com essa fonte, os valores recomendados para os principais parâmetros hidráulicos de canal seminatural são: velocidade média máxima do escoamento de 3,0 m/s, potência específica do escoamento (ou fator de dissipação de energia) máxima da ordem de 200 W/m<sup>3</sup>, largura mínima do canal de 2,0 m, profundidade mínima do escoamento de 0,70 m e declividade de 1 a 5%.

Tais parâmetros visam o projeto de um canal com baixa seletividade. Assim, pode-se afirmar que a implantação de um canal com tais características não traria a almejada seletividade de espécies indesejadas para o STP do AHE Jirau.

Por outro lado, face ao desconhecimento das características natatórias, tanto para passagem das espécies-alvo quanto para segregação das demais, a adoção de parâmetros mais arrojados poderia vir a constituir um impedimento à passagem de indivíduos das mesmas espécies-alvo, devido, também, a outros aspectos comportamentais.

Dessa maneira, na etapa atual do projeto do STP do AHE Jirau, decidiu-se, como será apresentado, utilizar as velocidades na comporta do canal de entrada para efetuar a seletividade de espécies que entrariam no STP, deixando o escoamento no interior do canal com parâmetros pouco mais conservadores, o que facilitaria a passagem, pelo canal, dos peixes admitidos na entrada e seu acesso ao reservatório.

Para o canal de transposição foram adotados, em princípio, obstáculos ao escoamento similares ao tipo "boulder sill", apresentado em FAO/DVWK (2002), que podem funcionar como ranhuras verticais. Ou seja, o canal de transposição será constituído por uma série de tanques separados por obstáculos, que possuem uma abertura para passagem do escoamento e dos peixes. As aberturas, em princípio, ficariam em lados alternados de obstáculos adjacentes.

No trecho a montante, livre dos efeitos de remanso provocados pelo NA do canal de fuga da usina, considerou-se que esses obstáculos serão constituídos por diques construídos com gabiões. No trecho a jusante, onde ocorrem aqueles efeitos de remanso, os obstáculos serão constituídos por paredes de concreto moduladas. Em ambos os casos, seria possível a realização de eventuais ajustes posteriores nas aberturas.

### 3.3.2. Parâmetros de Projeto

Dada a complexidade das condições de operação do canal, foi realizada uma série de estudos de alternativas para a definição da solução considerada mais adequada, cujos resultados são apresentados a seguir.

Como parâmetros hidráulicos básicos, foram adotadas velocidade do escoamento máxima de 2,8 m/s, correspondente a uma carga hidráulica entre tanques de 40 cm, e potência específica máxima do escoamento de 140 W/m<sup>3</sup>. Esse valor de potência específica encontra-se abaixo do valor mínimo sugerido por Larinier (1987), de 150 W/m<sup>3</sup>. Valor de 120 W/m<sup>3</sup> foi adotado na escada de peixes da PCH Paranatinga II, no rio Culuene, afluente do rio Xingu, com muito bons resultados (Junho, 2008).

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 20,0 m, o que fornece a carga hidráulica de 40 cm. Considerando paredes com largura de 50 cm, o comprimento útil de cada tanque é de 19,5 m.

O trecho com seção trapezoidal, livre dos efeitos do NA do canal de fuga, possuirá duas declividades: 2,0%, no canal de saída e 0,425% em sua maior extensão, no trecho paralelo à barragem. Para a declividade de 2,0%, o comprimento dos tanques entre os eixos dos defletores é de 20,0 m e o comprimento útil de cada tanque é de 18,0 m, para diques com largura de 2,0 m. De forma similar, para a declividade de 0,425%, o comprimento dos tanques entre os eixos dos defletores é de 94,22 m, com 92,22 m de comprimento útil.

Foram adotadas profundidades máximas do escoamento pelo canal com valores variáveis de 2,50 m a 3,45 m, visando atender às condições de escoamento no canal de saída, durante os períodos de variação de NA do reservatório, como apresentado adiante. Para a condição de vazão mínima, foram adotadas profundidades a montante e a jusante dos obstáculos de 2,50 m e 2,10 m, respectivamente. Para a condição de vazão máxima, os valores a montante e a jusante dos obstáculos são de 3,45 m e 3,05 m.

As vazões pelo canal serão de cerca de 15 m<sup>3</sup>/s e 20 m<sup>3</sup>/s, para as profundidades médias de 2,30 m e de 3,15 m, respectivamente, de acordo com cálculos teóricos, considerando abertura de 2,0 m nos defletores.

No trecho em escoamento normal, definido como aquele fora da influência do NA do canal de fuga, as velocidades mínimas correspondentes são de 0,60 m/s e 0,50 m/s. Para o trecho

com declividade de 2,0% e diques de gabião, que apresenta maiores valores de potência específica do escoamento, os valores correspondentes deste parâmetro são de  $130 \text{ W/m}^3$  e  $108 \text{ W/m}^3$ . Nesse trecho, os obstáculos de gabião terão altura constante de 3,5 m. A geometria da passagem de água (e peixes) deverá ser definida em modelo reduzido.

As profundidades do escoamento no trecho sob influência do NA de jusante variarão de 3,5 m a 7,9 m, para o NA máximo a jusante no interior do canal de entrada na El. 75,00 m. Assim, nesse trecho, os obstáculos de concreto terão altura variável de 3,5 m a 7,9 m. A geometria da passagem de água (e peixes) deverá ser definida em modelo reduzido. 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 construídos em módulos, de forma a permitir a modificação da largura da passagem.

As vazões e os principais parâmetros hidráulicos de projeto do canal de transposição de peixes, para as condições características de operação, encontram-se nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Observe-se que os parâmetros apresentados 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.

Registre-se, ainda, que as alternativas de diques de gabiões e defletores de concreto deverão ter suas condições de escoamento avaliadas em modelo reduzido antes de sua implantação no canal de transposição.

Finalmente, espera-se que a configuração proposta apresente resultados satisfatórios para a transposição de peixes pelo canal. Configuração relativamente análoga foi implantada na escada de peixes da PCH Paranatinga II, a qual pode ser verificada na Figura 1.

#### **3.4. Atração e Seleção de Peixes nas Entradas do STP**

As vazões de operação do STP do AHE Jirau devem ser definidas para a obtenção de velocidades mínimas do escoamento que sejam suficientes para que indivíduos da dourada e outras espécies sejam induzidos a prosseguirem em direção do reservatório, a montante. Essas velocidades são essenciais ao bom funcionamento do canal no trecho em que ele se encontra sob influência do nível d'água de jusante.

Como a entrada do STP encontra-se na região de montante do reservatório da UHE Santo Antônio e funciona afogada na maior parte do tempo, é possível utilizar defletores de concreto ao longo do canal de entrada para restringir localmente a seção de escoamento, com espaçamento entre esses locais definido de forma apropriada, para promover aquela indução de peixes para montante.

A velocidade mínima de 0,3 m/s (Quinn 2000) foi adotada para nas seções de redução de área, no interior do canal.

Nesse contexto, foi adotado canal de entrada com seção retangular, largura de base de 7,5 m e cota de fundo variável entre as elevações 67,10 m e 59,50 m, com declividade de 1V:3H. A concordância entre os pisos do canal de entrada, El. 59,50 m, e do canal de fuga, El. 56,00 m, é feita através de rampa contínua com inclinação 1V:2H. Dessa maneira, se obtém continuidade entre os fundos dos canais, que constitui elemento essencial na atração de peixes de couro.

Considerando abertura de 3,0 m para os defletores do canal de entrada e carga de operação da comporta do canal de entrada de 0,20 m, conforme descrito adiante, as velocidades mínimas de escoamento nas seções dos defletores com pisos nas elevações 59,50 m e 67,10 m são apresentadas na Tabela 6.

A velocidade mínima de 0,3 m/s apresentada anteriormente se refere ao escoamento no interior do canal de transposição, no trecho sob efeito do NA de jusante. Para a efetiva atração dos peixes do canal de fuga ao canal de entrada do STP são necessárias velocidades superiores às do escoamento no canal de fuga, da ordem de 1,0 a 1,5 m/s, no caso do AHE Jirau. Assim, adotou-se valor de velocidade nas comportas dos canais de entrada da ordem de 2,0 m/s, valor médio entre os apresentados por Clay (1995) e Banyas and Leonardson (1969), que poderá ser obtido pela operação da comporta de regulação.

Para lidar com a ampla faixa de variação de profundidades de lâmina d'água e de vazões no canal, mantendo-se a desejada continuidade de fundo, considerou-se necessária a adoção de comporta que permitisse a variação da largura do escoamento, preservando a integridade da coluna d'água. Dessa forma, deverá ser utilizada, em princípio, comporta do tipo mitra.

Como não se sabem, a priori, as velocidades de atração requeridas pelos indivíduos de diferentes espécies, as mesmas poderão ser ajustadas, de acordo com o desejado, com base nos resultados do monitoramento, pela variação da abertura da comporta, dispondo-se, desta forma, de flexibilidade de operação.

Por outro lado, pela variação da abertura dessa comporta e, em consequência, das velocidades de atração, seria possível a imposição de seletividade à entrada de peixes ao sistema. Nesse caso, a velocidade imposta na comporta de regulação serviria como uma barreira a peixes com menor capacidade natatória, permitindo apenas a passagem de peixes de maior porte e/ou maior capacidade natatória.

Por exemplo, em meses secos, quando o desnível na Cachoeira de Teotônio é maior, a abertura da comporta poderia ser reduzida para a imposição de velocidades maiores, correspondentes a maiores desníveis observados na cachoeira, porém, não necessariamente iguais a estas. De forma similar, nos períodos chuvosos a abertura da comporta poderia ser aumentada, em melhor correspondência à redução dos desníveis naturais originais na cachoeira.

As aberturas médias da comporta para algumas velocidades de escoamento são apresentadas na Tabela 7. Em função dos resultados obtidos, adotaram-se, inicialmente, aberturas mínima e máxima para passagem de peixes de, respectivamente, 0,5 m e 2,0 m.

### **3.5. Canal de Saída**

O canal de saída constitui a parte de montante do sistema de transposição, onde os peixes saem do canal de transposição e se dirigem ao reservatório. Possui seção trapezoidal, com largura de base de 7,5 m e profundidade média do escoamento variável de 2,30 m a 3,25 m.

Este canal foi projetado para permitir o funcionamento contínuo do sistema durante todo o ano, de modo similar ao considerado para o STP do AHE Santo Antônio, contemplando NA do futuro reservatório do AHE Jirau variável entre as elevações 90,00 m e 82,50 m. Para tanto foram adotadas 8 comportas, com cotas de soleira com desnível constante de 0,95m.

A lâmina d'água máxima para início de operação de uma determinada comporta é de 3,45 m e ela permanece em operação até a lâmina d'água mínima de 2,50 m, o que corresponde a uma variação do NA do reservatório de 0,95 m. Ao atingir aquela profundidade mínima de 2,50 m, a comporta de jusante é aberta gradualmente enquanto a comporta em operação, a montante, é fechada gradualmente. Ao final dessa manobra conjunta de 2 (duas) comportas adjacentes, a comporta de montante encontra-se fechada e a de jusante totalmente aberta, com lâmina d'água de 3,45 m. Essa comporta continuará em operação até que seja atingida a lâmina d'água mínima de 2,50 m, quando a comporta de jusante subsequente deverá entrar em operação. Esse procedimento será repetido até que o NA do reservatório alcance a El. 82,50 m, correspondente ao NA mínimo normal. Durante o período de elevação do NA

do reservatório até o NA máximo normal, El. 90,00 m, deverá ser feito o procedimento inverso. As faixas de operação das comportas, em função do NA do reservatório, são apresentadas na Tabela 8.

Para observação e contagem de peixes que transpuseram o canal e se dirigiram para o reservatório foi prevista a utilização de sonar de ultra som tipo Didson, em função da alta turbidez da água, o que inviabiliza a observação visual ou com câmeras.

#### **4. DESCRIÇÃO SUCINTA DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO**

O STP do AHE Jirau possui comprimento total de cerca de 2.500 metros e é composto por 3 (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 localizada na margem direita (CF1); 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. A descrição de cada uma partes componentes é apresentada, de forma sucinta, a seguir.

##### **4.1. Canal de Entrada**

O canal de entrada foi posicionado junto à margem direita do canal de fuga da CF1, cerca de 300 m a jusante da saída dos tubos de sucção das turbinas. O ângulo entre os eixos dos canais é de 35°.

O canal de entrada possui comprimento de aproximadamente 58 metros, largura de 7,5 metros e cota de piso variável entre as elevações 59,50 m e 67,10 m. Prevê-se a implantação de defletores de concreto, com abertura de 3,0 m e espaçamento máximo da ordem de 15,0 m, em princípio.

É equipado, a jusante, com uma comporta tipo mitra atuando em um vão de 7,5 m de largura por 15,5 m de altura, que tem como função criar um jato capaz de auxiliar a atração de peixes ao seu interior. A soleira da comporta mitra encontra-se na elevação 59,50 m. A velocidade de 2,0 m/s, correspondente a uma carga de 0,20 m junto à comporta, foi adotada, inicialmente, para a sua operação normal.

Caso haja a necessidade de realizar alguma manutenção do sistema, deverá ser utilizada comporta ensecadeira, para o vão total com 7,5 m de largura e 14,0 m de altura.

Imediatamente a jusante da posição da comporta ensecadeira existe uma rampa com inclinação 1V:2H e comprimento de 7,0 m, que faz a transição entre os pisos do canal de



entrada e do canal de fuga, nas elevações 59,50 m e 56,00 m, respectivamente.

A cota de topo do canal de entrada e do canal de transposição, na região sujeita à influência do NA do canal de fuga, foi fixada na El. 76,00 m.

#### **4.2. Canal de Transposição**

O canal possui seção trapezoidal com largura de base de 7,5 m e taludes laterais com inclinação 1V:1,5 H. A vazão do canal em escoamento normal varia de 15 m<sup>3</sup>/s a 20 m<sup>3</sup>/s, para profundidades médias de, respectivamente, 2,30 m e 3,25 m. O comprimento total é da ordem de 2.090 m, dividido em 3 (três) trechos principais.

O primeiro trecho possui comprimento da ordem de 230 m, declividade constante de 2,0%, defletores de concreto, e tanques com comprimento entre eixos de defletores de 20,0 m. As cotas do piso correspondem, no seu início, no canal de entrada, à El. 67,10 m e, no seu final à El. 71,70. Esse trecho do canal possui 12 tanques, defletores com altura variável de 7,9 m a jusante a 3,5 m a montante, e abertura, em princípio, de 2,0 m para a passagem de peixes.

O segundo trecho, com defletores constituídos por diques de gabião, possui comprimento da ordem de 1.740 m, declividade constante de 0,425%, e tanques com comprimento entre eixos de defletores de 94,22 m. As cotas do piso encontram-se, no seu início, na El. 71,70 m e, no seu final, na El. 79,10. Esse trecho do canal possui 19 tanques, defletores com altura constante de 3,5 m e abertura, em princípio, de 2,0 m para a passagem de peixes.

O terceiro e último trecho possui seção retangular, comprimento de cerca de 115 m, declividade constante de 0,696%, defletores de concreto com altura constante de 3,5 m, e abertura, em princípio, de 2,0 m para a passagem de peixes, e 2 tanques com comprimento entre eixos de defletores de 57,50 m. As cotas do piso correspondem, no seu início, à El. 79,10 m e, no seu final, no canal de saída, à El. 79,90 m.

Nesse trecho do canal foi prevista a utilização de sonares do tipo Didson, para a observação e a contagem dos peixes. Os sonares deverão ficar imersos em água em tanque com 3,5 m de largura por 8,0 m de comprimento, posicionados em ambas as laterais do canal, e permitem a visualização de toda a profundidade do escoamento.

Será estudada, ainda, a possibilidade de instalação de um sistema de captura mecanizada de peixes, com comprimento da ordem de 7,5 m e largura de 7,5 m, na região próxima ao tanque do sonar.

### **4.3. Canal de Saída**

O canal de saída possui comprimento aproximado de 376 m, seção trapezoidal com largura de base de 7,50 m e cota de piso variável da El. 79,90 m à El. 86,55 m, com declividade nos trechos inclinados de 2,0%. O topo dos muros laterais encontra-se na El. 93,00 m. A profundidade média do escoamento varia de 2,40 m a 3,35 m. Os tanques possuem defletores compostos por diques de gabiões com aberturas de 2,0 m, em princípio. O comprimento entre eixos dos diques é de 20,0 m, para os trechos em declividade, e de 12,0 m, para os trechos com declividade nula, onde se encontram instaladas as comportas do canal de saída. A declividade dos trechos inclinados tem início e término no eixo dos diques. As cotas de piso das rampas a jusante dos tanques horizontais iniciam-se em concordância direta. A montante, porém, a concordância com as rampas é feita através de degraus, com 15 cm de altura.

Como já apresentado, para possibilitar a operação do canal para o NA do reservatório variando da El. 90,00 m à El. 82,50 m, o canal de saída possui 8 comportas, cada uma com largura de 6,5 m e altura de 4,5 m, com cotas de soleira com desnível constante de 95 cm. As lâminas d'água máxima e mínima para operação de cada comporta são de respectivamente 3,45 e 2,50 m.

Além de possibilitarem a operação contínua do canal ao longo de todo o ano, as comportas permitem a realização de eventuais manutenções no canal de transposição de peixes, para níveis d'água do reservatório iguais ou inferiores à El. 91,00 m, com folga de 1,0 m em relação ao NA máximo normal de operação da usina. O canal de saída possui, também, uma comporta ensecadeira, com largura de 6,50 m e altura de 4,50 m, para permitir a manutenção de qualquer das comportas de fechamento.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As premissas e critérios apresentados foram utilizados para a definição do arranjo geral e principais características do STP do AHE Jirau.

Deverão ser realizados ensaios em modelo hidráulico reduzido para confirmação das características geométricas e dimensões das aberturas dos defletores dos tanques, tanto para os de gabião quanto para os de concreto.

O canal de transposição de peixes deverá operar de forma experimental durante um período inicial estimado de 5 (cinco) anos e os principais aspectos observados deverão ser utilizados como subsídio para possíveis otimizações do projeto.

## 6. REFERÊNCIAS

- Banys R., Leonardson K. R. 1969. Fishways at dams. In: Davis, C. V., Sorensen, K. E. (eds.). *Handbook of applied hydraulics*. Ed. McGraw-Hill, Section 23.
- Barthem R. & Goulding M. 1997. *The catfish connection*. Columbia University Press, New York. New York.
- Bizzotto P.M., Godinho A.L., Vono V., Kynard B. & Godinho H.P. 2009. Influence of seasonal, diel, lunar, and other environmental factors on upstream fish passage in the Igarapava Fish Ladder, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish* 18: 461–472.
- Boggs C.T., Keefer M.L., Peery, C.A., Bjornn T.C. & Stuehrenberg L.C. 2004. Fallback, reascension, and adjusted fishway escapement estimates for adult chinook salmon and steelhead at Columbia and Snake River dams. *Transactions of the American Fisheries Society* 133: 932-949.
- Borghetti J.R., Nogueira V.S.G., Borghetti N.R.B. & Canzi C. 1994. The fish ladder at the Itaipu Binational Hydroelectric complex on the Paraná River, Brazil. *Regulated Rivers: Research & Management* 9: 127–130.
- Britto S.G.C. & Sirol R.N. 2005. Transposição de peixes como forma de manejo: as escadas do complexo Canoas, Médio Rio Paranapanema, bacia do Alto Paraná. In: Nogueira, M.G., Henry R. & Jorcin A. (eds.) *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa, pp. 285–304.
- Clay C.H. 1995. *Design of fishways and other fish facilities*. 2nd edition. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- FAO/DVWK. 2002. *Fish passes: design, dimensions and monitoring*. Rome: FAO
- Fernandez D.R., Agostinho A.A. & Bini L.M. 2004. Selection of an experimental fish ladder located at the dam of Itaipu Binacional, Paraná River, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47: 579–586.
- Godinho A.L. & Kynard B. 2009. Migratory fishes of Brazil: life history and fish passage needs. *River Research and Applications* 25: 702-712.
- Godinho H.P., Godinho A.L., Formagio P.S. & Torquato V.C. 1991. Fish ladder efficiency in a Southeastern Brazilian river. *Ciência e Cultura* 43: 63–67.
- Goulding M. 1979. *Ecologia da pesca do rio Madeira*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brazil.
- Junho R.A.C. 2008. *Migrações ascendentes de peixes neotropicais e hidrelétricas: proteção a*

- jusante de turbinas e vertedouros e sistemas de transposição. Tese de Doutorado, USP. São Paulo. 222 p.
- Larinier M. 1987. Les passes à poissons: méthodes et techniques générales. *La Houille Blanche*, n° 1/2, p. 51-57.
- Larinier M. 2002. Location of fishways. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 364(suppl.): 39-53.
- Oldani N.O. & Baigún C.R.M. 2002. Performance of a fishway system in a major South American dam on the Parana river (Argentina-Paraguay). *River Research and Applications* 18: 171–183.
- Pompeu P.S. & Martinez C.B. 2006. Variações temporais na passagem de peixes pelo elevador da Usina Hidrelétrica de Santa Clara, rio Mucuri, leste brasileiro. *Revista Brasileira de Zoologia* 23: 340–349.
- Quinn D. 2000. Fish passage design notes. In: *Fish Passageways and Bypass Facilities – East Course*. Hadley, MA: U.S.F.W.S., July 10-14.
- Videler J.J. 1993. *Fish swimming*. London: Chapman & Hall. 260p.
- Von Gunten G.H., Smith H. & Maclean, B. M. 1956. Fish passage facilities at McNary Dam. *Journal of Power Division, ASCE*, 82 (2): p. 1-27.
- Wildman L., Parasiewicz P., Katopodis C. & Dumont U. 2003. An illustrative handbook on nature-like fishways – Summarized Version. American Rivers. Disponível em: <[www.americanrivers.org/assets/.../Nature-likeFishwaysHandbooke631.pdf](http://www.americanrivers.org/assets/.../Nature-likeFishwaysHandbooke631.pdf)>

## 7. TABELAS

Tabela 1. Definições dos termos relativos aos estudos de avaliação do STP

<b>Termo</b>	<b>Definição</b>
Eficiência de atração	Porcentagem dos peixes presentes imediatamente a jusante da barragem do AHE Jirau que são atraídos para dentro do STP
Eficiência de transposição	Porcentagem dos peixes que entram no STP e que alcançam o reservatório do AHE Jirau
Performance do STP	Conjunto de variáveis relativas à passagem dos peixes pelo STP indicadoras do seu funcionamento
Seletividade em tamanho	Diferença entre o tamanho dos peixes presentes imediatamente a jusante da barragem do AHE Santo Antônio e o tamanho dos peixes que alcançam o reservatório do AHE Jirau
Seletividade específica	Espécies presentes nas imediações da entrada do STP, mas que não o utilizam
Tempo de passagem	Tempo gasto por um indivíduo na sua passagem pelo STP
Trânsito	Número de peixes que utilizam o STP e alcançam o reservatório do AHE Jirau
Taxa de retorno para jusante	Porcentagem dos peixes que retornam para jusante logo após saírem do STP
Taxa de mortalidade na passagem para jusante	Porcentagem dos peixes que morrem ao retornarem para jusante após passarem pelas turbinas ou vertedouro

Tabela 2 – Variabilidade de Níveis d'Água para Transposição de Peixes

Mês	Vazão Média do Rio (m <sup>3</sup> /s)	Nível d'água Médio (m)		Desnível (m)
		Reservatório	Jusante	
Janeiro	23.414	90,00	72,09	17,91
Fevereiro	30.125	90,00	73,03	16,97
Março	34.672	90,00	73,67	16,33
Abril	33.623	90,00	73,52	16,48
Maio	25.797	90,00	72,42	17,58
Junho	18.005	88,08	71,38	16,70
Julho	11.519	85,22	70,66	14,56
Agosto	7.119	83,24	70,28	12,96
Setembro	5.350	82,50	70,17	12,33
Outubro	6.435	82,92	70,24	12,68
Novembro	10.191	84,61	70,53	14,08
Dezembro	16.245	87,35	71,17	16,18

Tabela 3 - Condições de Operação do Canal para Transposição de Peixes

Condição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)		Nível d'água (m)		Desnível (m)
	Valor	Característica	Reservatório	Jusante	
Normal	27.100	Vazão Turbinada Máxima	90,00	72,60	17,40
Máxima	41.707	Cheia Média Diária Máxima (TR = 5 anos)	90,00	74,64	15,36
Mínima	2.410	Vazão Média Diária Mínima	82,50	70,03	12,47

Tabela 4 – Vazões Características de Operação do Canal para Transposição de Peixes

Condição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	
	Rio	Canal
Normal	27.100	20,0
Máxima	41.707	20,0
Mínima	2.410	15,0 – 20,0

Tabela 5 – Valores Médios dos Parâmetros Característicos de Operação do Sistema para Transposição de Peixes

Condição	Profundidade Média (m)	Velocidade (m/s)	Potência Específica (W/m <sup>3</sup> )
Normal	3,25	0,50 – 2,80	108,4
Máxima	3,25	0,50 – 2,80	108,4
Mínima	2,30	0,60 – 2,80	129,8

Tabela 6 - Velocidades do Escoamento nas Seções dos Defletores do Canal de Entrada

Condição	Vazão do Rio (m <sup>3</sup> /s)	Nível d'Água junto à Comporta de Entrada (m)		Velocidade (m/s)	
		Jusante	Montante	El. 59,50 m Ab=3,0 m	El. 67,10 m Ab=3,5 m
Normal	27.100	72,60	72,80	0,50	1,17
Máxima	41.707	74,64	74,84	0,43	0,86
Mínima	2.410	70,03	70,23	0,47-0,62	1,60-2,13

Tabela 7 – Aberturas da Comporta Mitra do Canal de Entrada

Vazão Canal (m <sup>3</sup> /s)	NA Jusante (m)	Carga Hidráulica (m)			
		0,20	0,40	0,60	0,70
		Velocidade (m/s)			
		2,0	2,8	3,4	3,7
		Abertura da Comporta (m)			
15	70,00	1,20	0,85	0,69	0,64
20	70,00	1,60	1,13	0,93	0,86
15	72,50	0,97	0,69	0,56	0,52
20	72,50	1,29	0,92	0,75	0,69
20	75,00	1,09	0,77	0,63	0,58

Aberturas calculadas por equação de orifício afogado com coeficiente de descarga de 0,6.

Tabela 8 – Condições de Operação das Comportas do Canal de Saída

Cota da Soleira da Comporta (m)	NA Máximo (m) / Vazão (m <sup>3</sup> /s)	NA Mínimo (m) / Vazão (m <sup>3</sup> /s)
86,55	90,00 / 20,0	89,05 / 15,0
85,60	89,05 / 20,0	88,10 / 15,0
84,65	88,10 / 20,0	87,15 / 15,0
83,70	87,15 / 20,0	86,20 / 15,0
82,75	86,20 / 20,0	85,25 / 15,0
81,80	85,25 / 20,0	84,30 / 15,0
80,85	84,30 / 20,0	83,35 / 15,0
79,90	83,35 / 20,0	82,50 / 15,0



## 8. FIGURAS



Figura 1. Escada de Peixes da PCH Paranatinga II – Seção Trapezoidal com largura de base de 2,0 m.