

Belo Horizonte, 22 de Novembro de 2016

Ao CONSÓRCIO UHE ITAOCARA  
Rua Marechal Floriano Peixoto, 152 – Jardim da Aldeia  
28.570-000 – Itaocara - RJ

At.: Sr. Adalto Gomes Rodrigues

Ref.: ART CREA

Prezados Senhores,

Encaminhamos três vias assinadas da Anotação de Responsabilidade Técnica do CREA relativa aos estudos desenvolvidos para o eventual e futuro Sistema de Transposição de Peixes da UHE Itaocara.

Solicitamos a gentileza de assinarem a Via do Profissional e a enviarem para o seguinte endereço:

Hídricon – Consultoria de Recursos Hídricos Ltda  
Rua Ricardo de Carvalho, 48 – São Bento  
30.360-020 – Belo Horizonte - MG

Atenciosamente,

  
Ricardo Ahouagi Carneiro Junho  
Diretor



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**

**CREA-MG**

**ART de Obra ou Serviço**  
**14201600000003465924**

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais**

1. Responsável Técnico

**RICARDO AHOAGI CARNEIRO JUNHO**

Título profissional:  
**ENGENHEIRO CIVIL;**

RNP: 2004918209

Registro: 05.0.0851020373

2 Dados do Contrato

Contratante: **CONSÓRCIO UHE ITAOCARA**  
 Logradouro: **RUA MARECHAL FLORIANO PEIXOTO**

CNPJ: 10.532.493/0002-45  
 Nº: 000152

Cidade: **ITAOCARA**

Bairro: **JARDIM ALDEIA**  
 UF: **RJ**

CEP: 28570000

Contrato:

Celebrado em: **30/11/2015**

Valor: **9.200,00**

Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**

3 Dados da Obra/Serviço

Logradouro: **RODOVIA PARA BARRA DE SANTA LUZIA**

Nº: 000000

Cidade: **APERIBÉ**

Bairro: **ZONA RURAL**  
 UF: **RJ**

CEP: 28495000

Data de início: **30/11/2015** Previsão de término: **30/11/2016**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Proprietário: **CONSÓRCIO UHE ITAOCARA**

CNPJ: 10.532.493/0002-45

4. Atividade Técnica

**1 - CONSULTORIA**

Quantidade: Unidade:

**ESTUDO, OUTRAS FINALIDADES - GRUPO A (CIVIL), PARA OUTROS FINS**

**1.00** m<sup>3</sup>/s

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5 Observações

**ESTUDO QUE APONTE A MELHOR POSIÇÃO DO EVENTUAL E FUTURO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES DA UHE ITAOCARA.**

6 Declarações

7. Entidade de Classe

**SINDICATO DE ENGENHEIROS NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

*Belo Horizonte, 10 de novembro de 2016*

*Ricardo Ahoagi Carneiro Junho*  
**RICARDO AHOAGI CARNEIRO JUNHO** RNP: 2004918209

**CONSÓRCIO UHE ITAOCARA** CNPJ: 10.532.493/0002-45

Valor da ART: **130,15**

Registrada em: **09/11/2016**

Valor Pago: **130,15**

Nosso Número: **000000003422927**

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br) ou [www.confrea.org.br](http://www.confrea.org.br)
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALOR DA OBRA: R\$ R\$9.200,00. ÁREA DE ATUAÇÃO: MEIO AMBIENTE,

[www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br) | 0800.0312732



## **UHE ITAOCARA I**

### **SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES**

### **SISTEMAS INDICADOS E LOCALIZAÇÃO**

**Belo Horizonte  
Setembro de 2016**



## 1. Apresentação

Este documento apresenta avaliação inicial sobre os sistemas de transposição de peixes (STP) indicados e sua localização para eventual futura implantação na UHE Itaocara.

## 2. Sistemas de Transposição de Peixes

O texto a seguir foi adaptado de Junho (2008).

### 2.1. Geral

Os sistemas de transposição de peixes podem ser agrupados, de acordo com Clay (1995), em três categorias gerais: escadas, eclusas e elevadores. Mais recentemente, esforços têm sido empregados também na utilização de canais semi-naturais, que buscam reproduzir condições de escoamento mais próximas daquelas encontradas em cursos d'água naturais.

Enquanto as barragens possuíam alturas inferiores ou da ordem de 15 metros, as escadas de peixes eram consideradas a solução "natural". À medida que as alturas das barragens aumentavam, chegando a valores da ordem de 100 metros, houve um maior incentivo para a busca de alternativas para a transposição de peixes surgindo, então, os elevadores e eclusas para peixes.

De forma geral, as escadas de peixes são constituídas por uma série de tanques que conduzem água do reservatório para o canal de fuga das usinas. Os tanques são separados por defletores que tem como objetivo dissipar a energia do escoamento de modo a permitir o deslocamento dos peixes, de jusante para montante, nadando ou saltando de um tanque para outro.

Eclusas de peixes são sistemas que possuem uma câmara, na qual os peixes entram ao nível de água de jusante, que se enche, periodicamente. Quando o nível de água no seu interior atinge o nível do reservatório, os peixes podem vencer o desnível da barragem e prosseguir para montante.

Elevadores de peixes são definidos como quaisquer sistemas mecânicos que transportem os peixes de forma passiva, através da utilização de compartimentos estanques. Os elevadores clássicos são aqueles em que os peixes são capturados e elevados em caçamba içada por cabo e liberados diretamente sobre um canal, onde os peixes nadam contra o escoamento e saem diretamente no reservatório.

Um tipo particular de elevador é o sistema de captura e transporte por caminhão, em que os peixes são capturados e elevados em caçamba içada por cabo e transportados por caminhões até o local de soltura.

Em ambos os casos, e também para eclusas, entende-se por captura a utilização de um escoamento de atração dos peixes ao interior de um canal onde serão capturados de forma eficiente e cuidadosa.

Enquanto as escadas de peixes são mais antigas, havendo registros de estruturas com até 300 anos na Europa, a utilização de eclusas e elevadores é mais recente, da ordem de 70 anos, segundo Clay (1995). Canais semi-naturais são ainda mais recentes, tendo-se iniciado sua utilização de forma mais intensa há cerca de 20 anos, de acordo com FAO/DVWK (2002).

De acordo com Quirós (1988), cerca de 45 sistemas de transposição de peixes foram construídos na América Latina, até 1986, sendo uma eclusa para peixes e, todos os demais, do tipo escada. Destas, 39 encontram-se no Brasil.

Até 1985, de acordo com Godoy (1985), já haviam sido construídos no Brasil 35 sistemas de transposição de peixes, todos constituídos por escada de peixes do tipo tanque com vertedouro e orifício, também chamados no Brasil de degrau-tanque. A maioria destes, 23 no total, encontrava-se em açúdes do nordeste brasileiro.

Também em sua maioria, tais escadas, implantadas em torno da década de 50, consistiram em meras cópias de escadas desenvolvidas no hemisfério Norte, para salmões, sem nenhum tipo de ajuste às espécies neotropicais, tendo-se mostrado, em geral, inadequadas, como seria de se esperar.

Tal fato já havia sido registrado por Quirós (1988) e Clay (1995), para quem os diferentes graus de eficiência dos sistemas implantados na América Latina se devem ao pouco conhecimento das características natatórias das espécies, que diferem daquelas do hemisfério Norte, para as quais se dispõe de uma vasta gama de dados de pesquisa e de estudos específicos; e da aplicação inadequada ou apenas parcial dos critérios de projeto necessários ao bom funcionamento dos mecanismos de transposição de peixes.

Por esses motivos, a implantação de escadas de peixes em usinas sofreu notável redução, nas décadas de 1970 e 1980, tendo-se optado, em muitos casos, pela instalação de estações de piscicultura.

A partir do terço final da década de 90, a implantação de sistemas de transposição de peixes foi retomada, com o objetivo de atender às exigências legais e às demandas da sociedade civil.

Exemplos de sistemas de transposição de peixes, implantados desde então são as escadas de peixes das UHE's Aimorés, Baguari, Canoas I e II, Igarapava, Ilha dos Pombos, Lajeado, Ourinhos, Peixe Angical, Piraju e Porto Primavera; da UTE Igarapé; e das PCH's Canoa Quebrada e Paranatinga II; os canais das UHEs Itaipu e Santo Antônio; os elevadores de peixes das UHE's Porto Primavera e Funil; e os sistemas de captura e transporte de peixes das UHEs Santa Clara, Retiro Baixo e Jirau, dentre outros.

Alguns desses mecanismos de transposição de peixes buscam contemplar, de forma mais adequada, as peculiaridades da ictiofauna neotropical, porém ainda em caráter tentativo, empírico e experimental.

## 2.2. Aspectos Envolvidos na Seleção do Sistema

A escolha e dimensionamento do tipo de sistema a ser utilizado num determinado local, segundo Larinier (1987), depende de vários aspectos de ordem biológica, hidrológica, hidráulica e topográfica, em particular, a) espécies migratórias presentes no curso de água, b) regime fluvial no local e gestão da água na bacia, c) configuração do obstáculo à migração (que, no caso de aproveitamentos hidrelétricos, corresponde ao arranjo geral das estruturas) e da topografia do leito do rio no local e d) do desnível a ser transposto e suas variações ao longo do período de migração.

Com relação ao arranjo de aproveitamentos hidrelétricos, quando as estruturas de barragem, vertedouro e geração encontram-se integradas, que é uma configuração muito frequente, a implantação de sistemas de transposição de peixes junto à casa de força é, em geral, a mais recomendada (Clay, 1995; Pavlov, 1989). No caso daquelas estruturas estarem separadas por um longo trecho de rio, configuração típica de aproveitamentos com derivação, é possível a implantação de sistemas de transposição de peixes junto à casa de força e também junto à barragem, de acordo com Belaud *et al.* (1987).

Com relação à altura a ser transposta, que condiciona mais diretamente os custos e a viabilidade econômica da implantação dos sistemas de transposição de peixes, a utilização de escadas de peixes para desníveis inferiores a 10 m pode ser considerada prática usual. Na faixa de 10 a 20 m, escadas, eclusas e elevadores podem ser utilizados. Conforme Pavlov (1989), eclusas de peixes são utilizadas, em geral, para desníveis não superiores a 40 m. Elevadores possibilitam a transposição em qualquer faixa de desníveis.

Observa-se, nos Estados Unidos, de acordo com Clay (1995), a utilização de elevadores de peixes preferencialmente às eclusas. Na Rússia, onde há comparativamente maior variedade de espécies, incluindo espécies não-salmonídeas, observa-se a mesma tendência de utilização de elevadores no lugar de eclusas. De acordo com Larinier (1987), a utilização de elevadores é preferível à de eclusas, uma vez que elimina as incertezas associada à saída dos peixes para o reservatório.

Com relação a custos, de modo geral, elevadores ou eclusas apresentam, na medida em que o desnível a ser vencido aumenta, menores custos de implantação do que escadas, embora a presença de um maior número de equipamentos, tais como comportas e grades, implique em maiores custos de operação e manutenção (Larinier, 1987). Os custos de operação de elevadores são superiores aos de eclusas.

## 2.3. Componentes dos Sistemas de Transposição

Os sistemas de transposição de peixes são compostos, em geral, por quatro partes principais: o sistema propriamente dito, ou seja, canal, escada, elevador ou eclusa; o canal de entrada, que faz a ligação entre o sistema e o canal de fuga das usinas hidrelétricas; o canal de saída, que faz a ligação entre o sistema e o reservatório; e o sistema de água de atração, cujo principal objetivo é produzir um escoamento no canal de entrada que seja eficaz na atração dos peixes do canal de fuga.

Observe-se, na descrição acima, que a nomenclatura utilizada para caracterizar os canais utiliza como referência o movimento dos peixes e não a direção do escoamento, como é usual.

O canal de entrada é, provavelmente, a parte mais importante dos sistemas de transposição. Caso a sua localização seja definida de forma inadequada e não seja encontrado facilmente pelos peixes, pode conduzir à operação ineficiente do sistema de transposição, por causa do atraso na entrada, ou mesmo impossibilitar sua migração para montante (Clay, 1995; Von Gunten *et al.*, 1956), ainda que o restante do sistema, como um todo, esteja tecnicamente correto e funcione adequadamente. É equipado, geralmente, com uma comporta, junto ao Canal de Fuga, que tem como objetivo criar um jato capaz de atrair os peixes para o seu interior, onde deverão encontrar condições de escoamento com velocidades suficientes para fazê-los prosseguir em direção ao sistema de transposição propriamente dito.

O canal de saída constitui a parte de montante do sistema, onde os peixes saem do sistema de transposição propriamente dito e se dirigem ao reservatório. A saída no reservatório deve ser feita numa região com baixas velocidades de escoamento, sem efeitos apreciáveis do escoamento do Vertedouro ou da Tomada d'água (Von Gunten *et al.*, 1956).

O canal de saída é equipado, geralmente, com comportas que têm como função principal permitir a manutenção do sistema e, também, seu fechamento de emergência. Dispõe, usualmente, de estruturas para contagem e captura dos peixes, para avaliar a abundância, a variedade de espécies e outros aspectos relativos aos peixes transpostos.

O sistema de água auxiliar ou de atração tem como função fornecer uma vazão complementar à vazão escoada pela escada, ou a própria vazão a ser escoada por eclusas ou elevadores, de modo a atender aos requisitos de atratividade dos peixes que se encontram fora do sistema de transposição, em termos, principalmente, de velocidades e turbulência, do escoamento do canal de entrada. O fornecimento do escoamento de atração, fundamental para o funcionamento eficiente do sistema, é feito por três métodos principais (Von Gunten *et al.*, 1956; Banys and Leonardson, 1969 e Clay, 1995): i) do reservatório, através de tubulação de gravidade, com sistemas de dissipação de energia adequados; ii) do reservatório, utilizando uma pequena turbina; e iii) do canal de fuga, através de bombas de pequena altura manométrica.

### **3. Sistemas de Transposição de Peixes Indicados**

Considerando o desnível normal entre o canal de fuga e o reservatório da UHE Itaocara I, da ordem de 27 m, seriam indicados, em princípio, sistemas de transposição de peixes do tipo elevador, eclusa e captura e transporte. Considerando, ainda, a simplicidade de operação, poderia se cogitar a implantação, também, de escada de peixes.

Em hidrelétricas, de modo geral, a entrada dos sistemas de transposição de peixes deve ser posicionada imediatamente a jusante das estruturas hidráulicas, particularmente na saída do tubo de sucção (FAO/DVWK 2002). É nessa região que os peixes tendem a se concentrar (Larinier 2002).

Considerando o arranjo das estruturas hidráulicas da UHE Itaocara I, seria possível a implantação da entrada do STP em qualquer das margens do canal de fuga.

Contudo, caso o STP seja posicionado na margem direita, para os STPs do tipo escada, elevador e eclusa, a saída dos peixes estaria localizada nas proximidades do vertedouro e da tomada d'água, o que poderia resultar em atração dos peixes para jusante (Makrakis *et al.*, 2015). Já para o sistema do tipo captura e transporte, as condições de acesso e deslocamento do caminhão, na região de jusante da casa de força, não seriam adequadas.

Assim, julga-se recomendável a implantação do eventual STP na margem esquerda do canal de fuga.

Nessa margem, a implantação de eclusa de peixes pode ser considerada inviável, pela inexistência de estrutura de concreto para abrigá-la.

Em princípio, escada de peixes poderia ser implantada, mas sua viabilidade técnica deve ser avaliada posteriormente, caso necessário, devido às interferências com a barragem da margem esquerda e com os acessos à casa de força e à subestação, e à magnitude das escavações na ombreira, com relativamente alta declividade. Diretriz esquemática, em planta, de escada de peixes, com declividade da ordem de 6%, é apresentado no croqui ITC-STP-CR-001.

De forma similar, elevador de peixes poderia ser implantado, mas sua viabilidade técnica deve ser avaliada posteriormente, caso necessário, devido às interferências com elementos estruturais e cobertura metálica da área de montagem da casa de força. Diretriz esquemática, em planta, de elevador de peixes, similar ao implantado na UHE Funil, com seções esquemáticas na região da área de montagem, é apresentada no croqui ITC-STP-CR-002.

Sistema de transposição do tipo captura e transporte de peixes poderia ser implantado, sem maiores interferências com as estruturas do aproveitamento, permitindo o controle da quantidade de peixes e das espécies transpostas para montante. A localização da área de

implantação da estrutura de captura é apresentada no croqui ITC-STP-CR-003.

Para todos os STPs apresentados, foi considerado sistema de água de atração por gravidade. As dimensões e localização da área do canal de entrada (para os três STPs) e estrutura de captura (para o elevador e sistema de captura e transporte) foram definidas a partir da experiência da Hídricon em projetos de estruturas similares.

Na hipótese de implantação de STP, a localização do canal de entrada deve ser definida com o auxílio de estudos em modelo hidráulico reduzido.

## 4. Considerações Finais

Conforme apresentado, na UHE Itaocara I seria possível, em princípio, a eventual futura implantação de sistemas de transposição de peixes do tipo escada, elevador ou captura e transporte de peixes.

Todavia, a implantação dos sistemas, particularmente de escada e elevador de peixes, depende da avaliação e equacionamento de interferências com a barragem, acessos e elementos estruturais e cobertura da área de montagem. Na hipótese de implantação de STP, a localização do canal de entrada deve ser definida com o auxílio de estudos em modelo hidráulico reduzido.

Caso seja definida pelo órgão ambiental a necessidade de implantação de sistema de transposição de peixes, a seleção do tipo a ser implantado deve ser feita de forma criteriosa.

Escada e elevador de peixes permitem, em princípio, o livre acesso de peixes, que entrarem no STP, ao reservatório, a menos de seletividade ao longo do trajeto para montante pela escada.

O sistema do tipo captura e transporte por caminhão possibilita o controle da quantidade de exemplares transpostos por espécie e impedem a transposição de espécies invasoras, conforme Pompeu e Martinez (2007).

Dessa forma, considerando a presença de espécies exóticas no rio Paraíba do Sul na região de implantação da UHE Itaocara I, conforme apresentado no EIA, o sistema do tipo captura e transporte seria, em tese, o mais indicado para eventual futura implantação.

## 5. Referências Bibliográficas

Banys, R.; Leonardson, K. R. Fishways at Dams. In: Davis, C. V.; Sorensen, K. E. (eds.) Handbook of Applied Hydraulics. Ed. McGraw-Hill, Section 23, 1969. Paginação Irregular.

Belaud, A.; Labat, R; Trivellato, D.; Tison, G. Experimentations Hydrauliques et Ichtyologiques d'un Système de Piégeage Automatique des Poissons Migrateurs à Golfech. La Houille Blanche, n° 1/2: p. 73-80, 1987.

Clay, C. H. Design of fishways and other fish facilities. 2nd edition. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1995. 248 p.

FAO/DVWK. Fish passes – design, dimensions and monitoring. Roma, 2002. 119p.

Godoy, M. P. Aquicultura. Florianópolis: ELETROSUL, 1985. 77p.

UHE Itaocara – Estudo de Impacto Ambiental – EIA, 4.2.3.6-Ictioplancton e Ictiofauna, 2341-00-EIA-RL-0001-00. Outubro de 2009.

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., disponível em [www.teses.usp.br/disponiveis/3/3147/tde-09022009-183724/pt-br.php](http://www.teses.usp.br/disponiveis/3/3147/tde-09022009-183724/pt-br.php).

Larinier, M. Les passes à poissons: méthodes et techniques générales. La Houille Blanche, n° 1/2, p. 51-57, 1987.

Larinier, M. 2002. Location of fishways. Bull. Fr. Pêche Piscic. 364(suppl.): 39-53.

Makrakis, S.; Dias, J.H.P.; Lopes, J.M.; Fontes Junior, H.M.; Godinho, A.L., Martinez, C.B.; Makrakis, M.C., 2015. Premissas e Critérios Mínimos para Implantação, Avaliação e Monitoramento de Sistema de Transposição para Peixes. Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia, n° 114, 16-23.

Pavlov, D. S. Structures Assisting the Migrations of Non-Salmonid Fish: U.S.S.R.. FAO Fisheries Tech. Pap. No. 308. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989. 97 p.

Pompeu, P.S.; Martinez, C.B., 2007. Efficiency and selectivity of a trap and truck fish passage system in Brazil. Neotropical Ichthyology 5, 169-176.

Quirós, R. Structures Assisting the Migrations of Non-Salmonid Fish: Latin America. FAO-COPESCAL Tech. Doc. No. 5. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1988. 50 p.

Von Gunten, G. H.; Smith, H. A.; Maclean, B. M. Fish Passage Facilities at McNary Dam. Journal of Power Division, ASCE, 82 (2): p. 1-27, 1956.

## 6. Croquis

Clay, C. H. Design of fishways and other fish facilities. 2nd edition. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1995. 248 p.

FAO/DVWK. Fish passes – design, dimensions and monitoring. Roma, 2002. 119p.

Godoy, M. P. Aqüicultura. Florianópolis: ELETROSUL, 1985. 77p.

UHE Itaocara – Estudo de Impacto Ambiental – EIA, 4.2.3.6-Ictioplancton e Ictiofauna, 2341-00-EIA-RL-0001-00. Outubro de 2009.

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., disponível em [www.teses.usp.br/disponiveis/3/3147/tde-09022009-183724/pt-br.php](http://www.teses.usp.br/disponiveis/3/3147/tde-09022009-183724/pt-br.php).

Larinier, M. Les passes à poissons: méthodes et techniques générales. La Houille Blanche, n° 1/2, p. 51-57, 1987.

Larinier, M. 2002. Location of fishways. Bull. Fr. Pêche Piscic. 364(suppl.): 39-53.

Makrakis, S.; Dias, J.H.P.; Lopes, J.M.; Fontes Junior, H.M.; Godinho, A.L., Martinez, C.B.; Makrakis, M.C., 2015. Premissas e Critérios Mínimos para Implantação, Avaliação e Monitoramento de Sistema de Transposição para Peixes. Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia, n° 114, 16-23.

Pavlov, D. S. Structures Assisting the Migrations of Non-Salmonid Fish: U.S.S.R.. FAO Fisheries Tech. Pap. No. 308. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989. 97 p.

Pompeu, P.S.; Martinez, C.B., 2007. Efficiency and selectivity of a trap and truck fish passage system in Brazil. Neotropical Ichthyology 5, 169-176.

Quirós, R. Structures Assisting the Migrations of Non-Salmonid Fish: Latin America. FAO-COPESCAL Tech. Doc. No. 5. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1988. 50 p.

Von Gunten, G. H.; Smith, H. A.; Maclean, B. M. Fish Passage Facilities at McNary Dam. Journal of Power Division, ASCE, 82 (2): p. 1-27, 1956.

## 6. Croquis