

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO PARA PEIXES JUNTO A HIDRELÉTRICAS: ASPECTOS TÉCNICOS A SEREM CONSIDERADOS PARA AS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Alcimar Andrade Arrais¹
Adilson Ben da Costa²
Andreas Köhler³

RESUMO

Os Sistemas de Transposição para Peixes (STPs), que visam a facilitar o fenômeno da piracema, em algumas situações não tem apresentado os resultados esperados. Existe a necessidade de conjugar os aspectos técnicos como a altura do desnível e vazão do corpo d'água com os aspectos biológicos, pois os tamanhos das espécies definirão o tipo e as dimensões do sistema a ser adotado, bem como as características de locomoção e força serão responsáveis pelo grau de inclinação dos mesmos para vencer a barreira física da altura. Um terceiro fator será a escolha do modelo de transposição que, dependendo da espécie integrante da ictiofauna e do desnível a ser transposto, exigirá a adoção de elevador ou uma alternativa construtiva que não as escadas comuns, nos casos de grandes hidrelétricas. Sabe-se que as escadas para transposição de peixes instaladas em vários reservatórios do Brasil mostraram-se iniciativas, em geral, equivocadas. Neste contexto, foram catalogados os principais modelos de sistemas de transposição para peixes e, posteriormente, através de contato com as usinas do tipo Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) existentes no RS, analisados os modelos adotados sob os aspectos técnicos e trazendo à luz algumas experiências que possibilitam enumerar as melhores soluções em consonância com as espécies envolvidas e que permitam avaliar o cumprimento das exigências legais quanto à preservação do meio ambiente. As escadas para peixes foram adotadas em 80% das usinas que utilizaram algum tipo de STP, sendo que num único caso a ictiofauna criou seu próprio caminho através do vertedouro. Por fim, a adoção de um sistema híbrido mostrou-se a melhor solução, onde a escada para peixes foi tratada como um caminho naturalizado através da colocação de pedras no leito do canal.

¹ Acadêmico do programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Licenciamento Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Av. Carlos Gomes, 777/505 – 90480-003 – Porto Alegre – RS - Brasil, e-mail: arrais.aa@gmail.com

² Laboratório de Limnologia, Departamento de Biologia e Farmácia, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. Av. Independência, 2293 – 965815-900 – Caixa Postal 188 – Santa Cruz do Sul – RS – Brasil, e-mail: adilson@unisc.br

³ Laboratório de Entomologia, Departamento de Biologia e farmácia, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Av. Independência, 2293 – 965815-900 – Caixa Postal 188 – Santa Cruz do Sul – RS – Brasil, e-mail: andreas@unisc.br

Palavras-chave: Escadas de peixes. Pequenas Centrais Hidrelétricas. Piracema. Aspectos técnicos.

IMPLANTATION OF FISH TRANSPOSITION SYSTEMS IN SMALL HYDROELECTRICS PLANTS: TECHNICAL ASPECTS TO BE CONSIDERED

ABSTRACT

The transposition systems for fish (TSF), which are intended to facilitate the phenomenon of spawning, in some cases has not shown the expected results. It is necessary to combine the technical aspects such as the height of the slope and flow of the water with the biological aspects, since the size of the species defines the type and dimensions of the system to be adopted, and the characteristics of movement and strength will be responsible for the same degree of inclination to overcome the physical barrier of height. A third factor is the choice of the model for transposition, depending on the species of the ichthyofauna and integral gap to be crossed, will require the adoption of an elevator or a constructive alternative, that is not the common stairs, in cases of large hydroelectric plants. It is known that the fish ladders built in various dams in Brazil proved to be broadly flawed initiatives. In this context, the main models of transposition systems for fish have been cataloged, and later through contact with the plants of the kind Small Hydroelectric Plants (SHP) existing in RS, the models adopted in the technical aspects have been analyzed and bringing to light some experiences that enable to list the best solutions in line with the species involved and to assess compliance with legal requirements as to preserve the environment. The fish ladders have been adopted in 80% of the plants that used some type of TSF, and only in one case the ichthyofauna created his own path through the spillway. Finally, the adoption of a hybrid system proved to be the best solution, where the fish ladder was treated as a naturalized way through the placement of stones in the bed of the channel.

Keywords: Fish ladders. Small Hydroelectric Plants. Spawning. Technical aspects.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil está passando por transformações profundas no que se refere aos investimentos em infraestrutura. A relativa estabilidade econômica, aliada aos programas de governo que buscam a recuperação qualitativa e quantitativa dos serviços públicos disponibilizados a população são os alicerces para a aplicação de vultosas quantias de recursos visando ampliar a capacidade produtiva de todos os setores industriais, comerciais e de serviços.

Para tanto, a premissa básica são os investimentos em geração de energia, fator primordial para alavancar a produção.

A energia é necessária não só para movimentar as frotas dos países, mas a economia como um todo. A eletricidade é, atualmente no mundo, um dos pilares responsável por sustentar o crescimento econômico dos países, podendo-se até medir o

grau de desenvolvimento econômico de um país através de seu consumo de energia elétrica (MARCELINO, 2006).

O mesmo autor salienta:

“Isto torna o setor elétrico estratégico para o crescimento do país, visto que à medida que a economia cresce é necessário que também cresça o fornecimento de energia para sustentar o acréscimo na demanda que inevitavelmente acompanha o PIB (Produto Interno Bruto).”

É clara a relação direta entre energia e desenvolvimento sócio-econômico (DIAS LEITE, 2007). O acesso à energia elétrica induz e conduz a um maior desenvolvimento econômico e promove o bem-estar social. Desta forma, a realização de objetivos, planos e metas de desenvolvimento sócio-econômico de um determinado país passa pelo acesso democrático e universal à energia, e mais especificamente à energia elétrica (CASTRO et al., 2011).

Entre os efeitos diretos provocados pela falta de energia ou o acesso insuficiente à mesma estão: os baixos níveis de produtividade industrial e agrícola, serviços de comunicações não confiáveis e acesso insuficiente à informação (ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS, 2008).

Embora existam diversas fontes de energia naturais, as quais o Brasil tem investido gradualmente e de uma forma mais incisiva, tais como, eólica, solar, geração térmica, etc.; o grande manancial de recursos hídricos faz com que a energia hidráulica ainda seja a responsável por 74,9 % da energia elétrica gerada no país (Figura 1), sendo dentre as fontes primárias e secundárias de energia a que mais contribui para a produção de energia elétrica (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011).

No entanto, acompanhando uma diretriz mundial, as preocupações ambientais têm pautado e condicionado a realização de obras de grande vulto, particularmente as usinas hidrelétricas, que provocam grandes e profundas mudanças no entorno das obras e, em especial, nas áreas que são alagadas para formação dos reservatórios.

Esta interferência não ocorre somente na etapa de implantação dos empreendimentos, sendo necessários estudos para analisar os impactos gerados em longo prazo, que provocam mudanças permanentes na natureza e no ciclo de vida de animais, vegetais e pessoas.

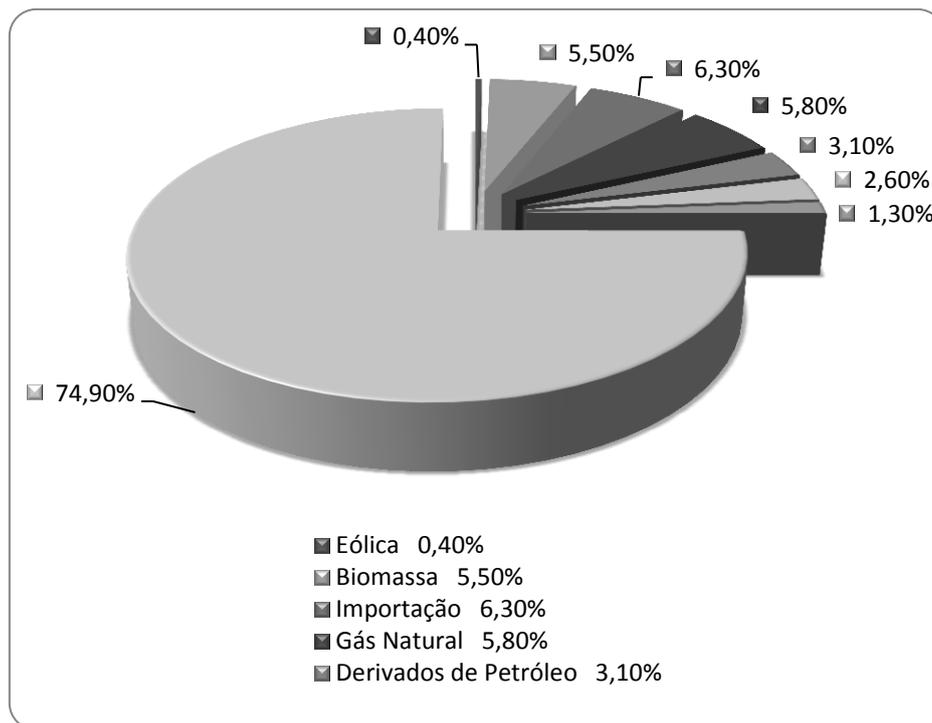


Figura 1 – Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil.

Fonte: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 2011

Um dos impactos permanentes deste tipo de empreendimento ocorre sobre o fenômeno da piracema, a partir do momento em que as espécies são obrigadas a vencer desníveis muito grandes criados em função dos corpos das barragens que represam a água para a geração de energia elétrica.

O impacto sobre a reprodução da ictiofauna resulta em impactos indiretos sobre a população ribeirinha, especialmente àquela cuja pesca é uma das principais formas de alimentação e geração de renda.

Como exemplo de perda econômica, associada à adoção de uma alternativa à construção de uma escada para peixe, citou o texto de (JUNK, 1990; NUNES DE MELLO, 1990):

“A legislação brasileira exige das companhias construtoras de represas a passagem livre de animais aquáticos em rios, seja através da construção de escadas de peixes, seja através de um povoamento dos reservatórios com alevinos de espécies ícticas de valor comercial. Como a construção de escadas de peixes não está prevista pela Eletronorte, a produção de alevinos nas estações de aquicultura terá importância crescente.

[.....]

A pesca em reservatórios amazônicos pode sofrer um problema adicional por uma infestação maciça de peixes com parasitas. Poucos anos depois do represamento do rio Curuá-Una, os peixes (por exemplo *Cichla ocellaris*) capturados no reservatório mostraram uma taxa tão alta de infestação com nematódeos que a população local quase parou de pescar e comer peixe [...].”

As alternativas visando prover soluções efetivas para permitir o deslocamento das espécies migradoras são baseadas no conhecimento das variáveis biológicas e hidráulicas envolvidas no problema, ou seja, fatores bióticos e abióticos (VICENTINI,

2009; MARTINEZ, 2009). Os projetos implantados no Brasil basearam-se em dados construtivos de países de clima temperado como Canadá e Estados Unidos, sendo que um dos aspectos mais importantes considerados nesses projetos é a velocidade da água no mecanismo.

No Brasil, no entanto, em face à existência de uma grande diversidade de espécies migradoras, com características natatórias diversas, é possível que eficiência das estruturas implantadas tenha ficado bastante comprometida (VICENTINI, 2009; MARTINEZ, 2009).

A simples adoção de uma alternativa promissora, analisando puramente o aspecto técnico da solução, não é garantia de sucesso na transposição de peixes, necessitando, ainda, da avaliação das variantes ambientais e biológicas ou, ainda, hidráulicas complementares (MARTINS, 2000; TAMADA, 2000). Estes mesmos autores reconhecem, ainda, a complexidade e o desconhecimento biológico e hidráulico no que se refere às escadas de peixes, salientando para os riscos de ineficiência e a necessidade de estudos para o desenvolvimento de uma tecnologia nacional e formação de um quadro de profissionais específicos habilitados.

Desta forma, surge como premissa incontestável o estudo dos aspectos técnicos, biológicos e de dimensionamento para obter-se o máximo de sucesso na construção de um caminho artificial alternativo para os peixes migradores.

Este artigo iniciará com uma apresentação geral dos aspectos que devem ser considerados na concepção dos Sistemas de Transposição para Peixes (STPs) e dos modelos de dispositivos existentes. Além disso, é apresentada uma relação das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) existentes no RS e as alternativas de STPs que foram implantadas nas mesmas com a avaliação dos resultados obtidos.

De posse destas informações, serão apresentadas sugestões de adoção de mecanismos que possam representar melhores resultados quanto à preservação da ictiofauna.

ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS NA CONCEPÇÃO DE UM STP

Os dispositivos de passagens para peixes incluem componentes técnicos de engenharia e de biologia. Ao mesmo tempo em que exigem a definição de características técnicas estruturais e funcionais, têm de considerar fatores do âmbito da biologia das espécies a que se destinam, como as suas capacidades de natação e salto e sua época de migração (SANTO, 2005).

São necessários, portanto, a coleta de dados biológicos, hidrológicos, hidráulicos, topográficos e de qualidade da água (PORCHER & LARINIER, 2002).

Para a definição do tipo de dispositivo a passagem os seguintes aspectos devem ser considerados (SANTO, 2005):

- a) As espécies a que se destina: identificar as espécies potencialmente existentes no curso d'água e que utilizarão o dispositivo, quantificando-as e determinando os períodos de migração ascendente e descendente. Importante definir, também, para que espécies os dispositivos serão projetados, de acordo com o seu valor ecológico ou econômico ou ainda o impacto causado para cada população em particular.
- b) A eficácia pretendida: a localização relativa do açude/barragem na bacia hidrográfica poderá influir sobre a importância da sua eficácia, ou seja, um

obstáculo localizado junto à foz de um curso de água constitui barreira a uma maior extensão de habitat e, portanto, deverá apresentar uma solução técnica para um número superior de indivíduos em relação a um obstáculo localizado mais próximo à nascente.

- c) O sentido do movimento migratório: embora os dispositivos sejam concebidos com o objetivo de proporcionar o movimento de migração no sentido de jusante para montante, o movimento no sentido oposto pode revelar-se de grande importância, devendo ser levado em conta na concepção do mesmo, evitando assim que espécies fiquem presas nas turbinas ou outros mecanismos em função do tamanho.
- d) Migradores potamódromos e diádromos: para as espécies que desenvolvem todo o seu ciclo de vida em água doce, efetuando as migrações nesse meio, as áreas de alimentação e reprodução podem estar distanciadas de alguns metros até centenas de quilômetros (potamódromos). Os migradores diádromos desenvolvem seu ciclo de vida em água doce e salgada, com distâncias entre zonas de alimentação e reprodução que podem chegar aos milhares de quilômetros.
- e) Regimes natatórios e fatores relacionados: a capacidade natatória será um dos fatores determinantes na concepção das passagens, sendo expressa em termos de velocidade de natação e resistência. Segundo Larinier (2002), a ondulação do corpo e da nadadeira caudal será a fonte da propulsão durante a migração na maior parte das espécies.
- f) Tipo de músculo: o músculo vermelho está associado à atividade muscular aeróbica e à velocidade de cruzeiro. Este regime de natação pode ser mantido durante horas sem causar alterações fisiológicas no organismo. O músculo branco é utilizado quando for necessário um curto período de rápida natação (as reduzidas reservas de glicogênio no músculo levam ao rápido esgotamento deste). Um último regime de atividade usa os mecanismos aeróbicos e anaeróbicos em proporções variáveis e, quanto maior o esforço, maior será a utilização da componente anaeróbica.
- g) Temperatura da água e comprimento: considerando que a velocidade máxima é determinada pelo funcionamento do músculo branco e que o período de tempo entre duas contrações do músculo diminui com a temperatura, pode-se dizer que a velocidade máxima depende especialmente do comprimento do peixe e da temperatura (LARINIER, 2002).
- h) Comprimento e tipo de migrador: existem espécies que realizam uma única desova no fim do ciclo de vida, apresentando, genericamente maiores dimensões e, portanto, atingindo maiores velocidades e, conseqüentemente maiores aptidões para a subida dos rios ou dispositivos de passagens. Outras sobem os rios, majoritariamente, na fase juvenil, quando sua dimensão é reduzida, limitando a sua velocidade de natação e, conseqüentemente, dificultando sua subida. Para estas espécies são necessários superfícies com pouca declividade e muita rugosidade.
- i) Velocidade de referência: em presença de diversas espécies e dimensões, o dispositivo deve ser dimensionado para permitir a passagem da espécie menos favorecida, ou seja, com menor capacidade em termos de detecção da entrada, velocidade máxima de natação ou resistência, e desde que o dimensionamento para esta espécie permita a passagem de todas as restantes.

ESCOLHA DO TIPO DE DISPOSITIVO

A escolha do tipo de dispositivo a utilizar não segue parâmetros rígidos, devendo ficar a critério do projetista a escolha da melhor solução. No entanto, devem ser considerados os seguintes fatores (PORCHER & LARINIER, 2002):

- a) As espécies a que se destina o dispositivo;
- b) O volume de água a transitar no seu interior;
- c) As variações de nível a montante e a jusante;
- d) Os acidentes topográficos;
- e) O desnível a vencer;
- f) O custo de funcionamento e;
- g) O transporte sólido.

Existem quatro tipos principais de dispositivos de passagem para peixes e mais três de passagens para peixes naturalizadas:

Bacias Sucessivas ou Escadas para Peixes

O tipo de passagens para peixes de bacias sucessivas é a escolha mais frequente para os pequenos aproveitamentos hidroelétricos e outros pequenos açudes (Figura 2). O seu princípio de funcionamento consiste em repartir o desnível entre os planos de água a montante e a jusante em pequenas quedas transponíveis pelos peixes.

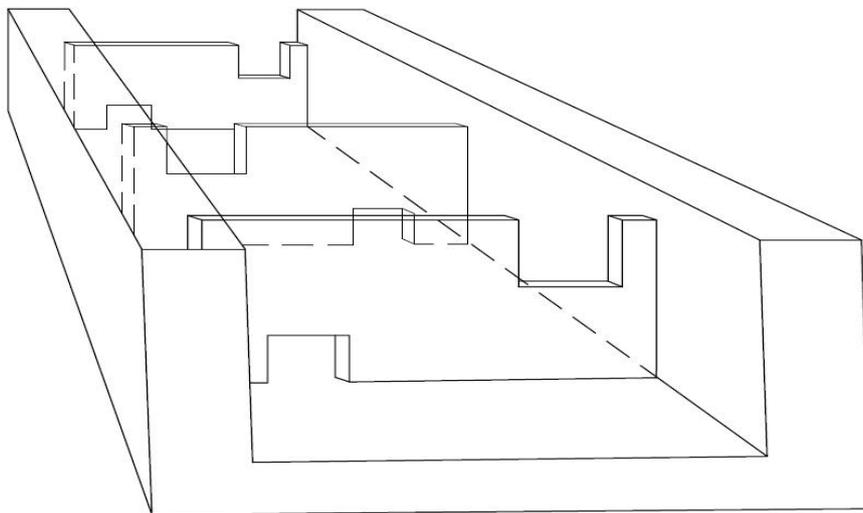


Figura 2 - Dispositivo do tipo bacias sucessivas (perspectiva) (LARINIER, 2002)

É formado por bacias que se dispõem sucessivamente a diferentes níveis, criando um canal pelo qual os peixes podem se deslocar, nadando ou saltando de bacia em bacia. A sua concepção e construção é relativamente simples, assim como a sua manutenção, não necessitando, na maioria dos casos, de mecanismos automáticos.

A Tabela 1 apresenta alguns empreendimentos nos quais foram utilizados os dispositivos do tipo bacias sucessivas.

Tabela 1 - Empreendimentos com dispositivos do tipo bacias sucessivas

EMPREENDIMENTO	LOCALIZAÇÃO
PCH Jose Barasuol	Rio Ijuí (Rio Grande do Sul) (1)
PCH Ijuizinho	Rio Ijuí (Rio Grande do Sul) (2)
UHE Piraju	Rio Paranapanema (São Paulo) (3)
UHE Canoas I e II	Rio Paranapanema (São Paulo) (4)

Fonte: (1) KUSMA & FERREIRA, 2009

(2) Cooperativa de Distribuição e Geração de Energia das Missões Ltda

(3) AGOSTINHO et al, 2007

(4) BRITTO & SIROL, 2006

Defletores ou Tipo Denil

São formadas por um canal retilíneo de declive relativamente acentuado e seção retangular, com defletores sobre o fundo e sobre as paredes laterais (Figura 3).

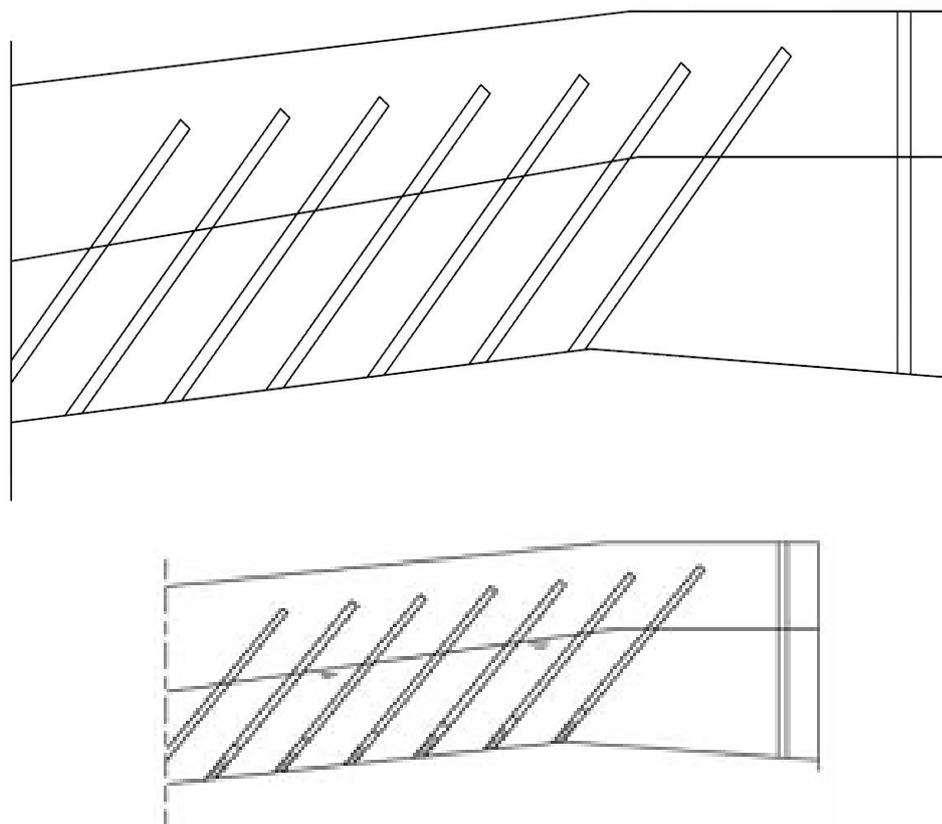


Figura 3 - Dispositivo do tipo defletores (em corte) (LARINIER, 2002).

O seu princípio de funcionamento baseia-se na redução da quantidade de movimento através da formação de correntes helicoidais. Este tipo de dispositivo de passagem para peixes adequa-se às espécies com grande capacidade natatória e pode ser aplicados apenas em barreiras de pequena altura (Tabela 2).

Tabela 2 - Empreendimentos com dispositivo do tipo deflectores

EMPREENDIMENTO	LOCALIZAÇÃO
AH de Ponte Nova	Rio Távora (Portugal)
UHE Ponte do Bico	Rio Cávado (Portugal)
AH Senhora do Salto	Rio Sousa (Portugal)
AH de Terragido	Rio Corgo (Portugal)

Fonte: SANTO, M., 2005

Ascensores

São dispositivos adaptados a grandes desníveis, sendo utilizados em açudes ou barragens de grandes dimensões. Os ascensores funcionam com base num mecanismo que eleva uma cuba na qual se encontram os peixes, que uma vez atraídos para este reservatório não necessitam de qualquer esforço para vencer o desnível (Figura 4). Este tipo de dispositivo requer manutenção adequada ao mecanismo instalado para a elevação da cuba e não possibilita o deslocamento dos peixes para jusante (Tabela. 3).

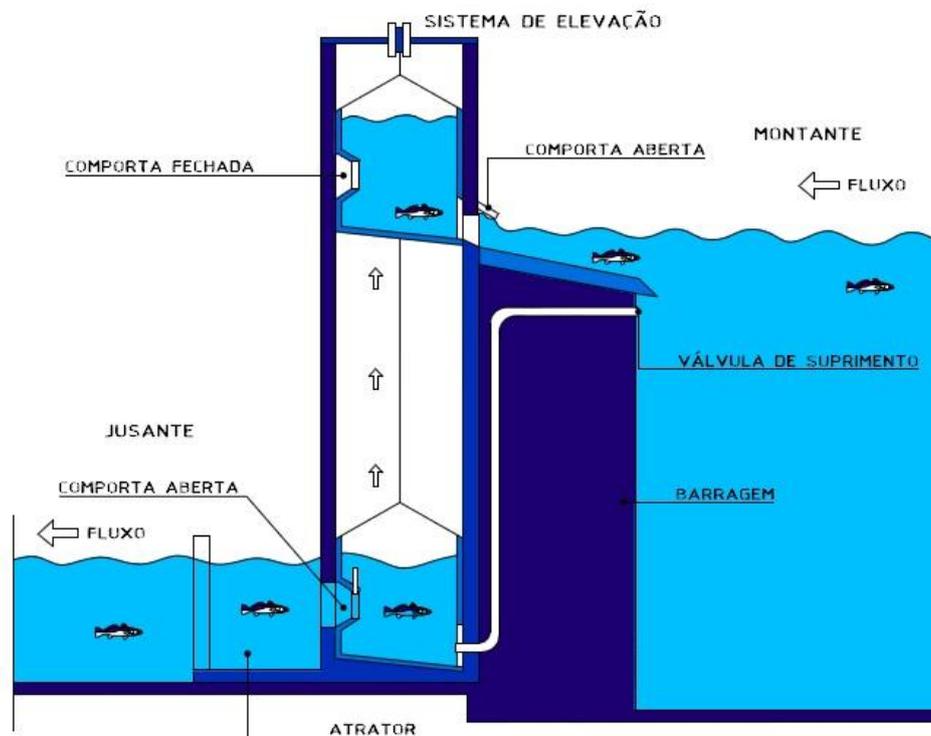


Figura 4 – Ascensor para transposição de peixes (em corte).

Fonte: AGOSTINHO et al, 2007. P. 234

Tabela 3 - Empreendimentos com ascensor.

EMPREENDIMENTO	LOCALIZAÇÃO
UHE Funil	Rio Grande (Minas Gerais) (1)
UHE Santa Clara	Rio Mucuri (Minas Gerais) (1)
RESERVATÓRIO Porto Primavera	Rio Paraná (São Paulo) (1)
UHE de Touvedo	Rio Lima (Portugal) (2)

Fonte: (1) AGOSTINHO et al, 2007. P. 231- 251

(2) SANTO, M., 2005

Eclusas

As eclusas forçam a subida do peixe através da elevação do nível da água no interior de um conduto (Figura 5). Para além do conduto, inclinado ou vertical, as eclusas incluem duas câmaras, uma inferior a jusante e uma superior a montante, nas quais existem válvulas de funcionamento automático que regulam a entrada e saída de água. O seu funcionamento consiste na atração dos peixes para a câmara inferior, na qual a certa altura o nível da água começa a subir até o nível de montante. Os peixes que foram elevados pela subida da coluna de água deverão sair do dispositivo (Tabela 4).

Tabela 4 - Empreendimentos com eclusa.

EMPREENHIMENTO	LOCALIZAÇÃO
BARRAGEM Crestuma-Lever	Rio Douro (Portugal)
UHE do Carrapatelo	Rio Douro (Portugal)
UHE da Régua	Rio Douro (Portugal)
UHE de Belver	Rio Tejo (Portugal)

Fonte: SANTO, M., 2005

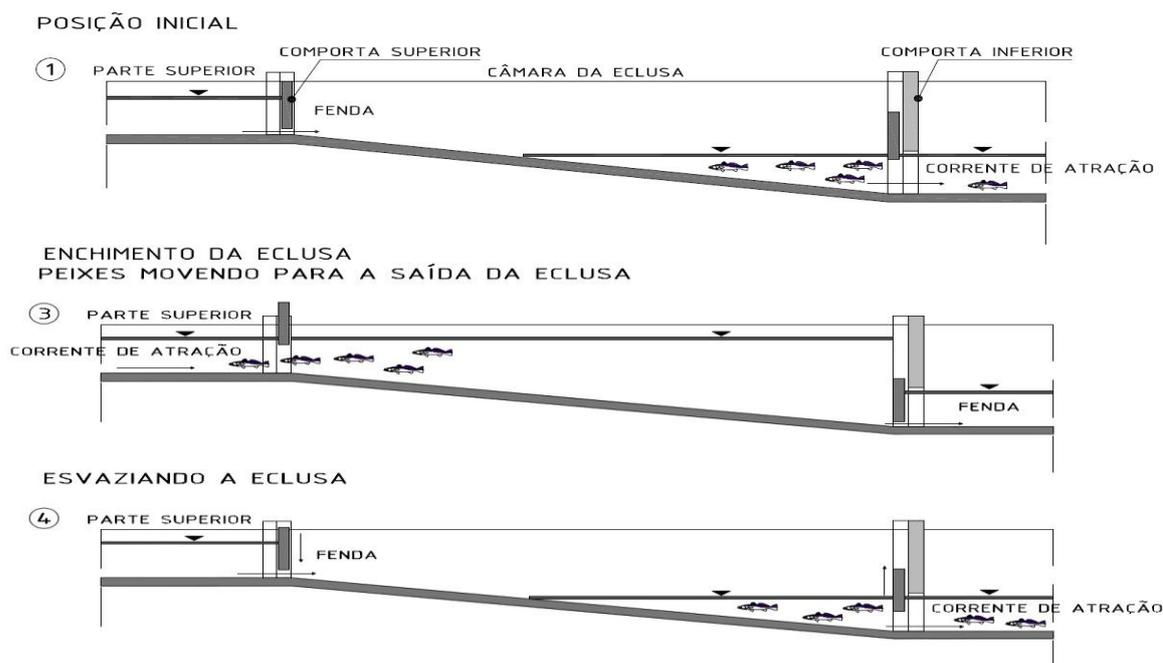


Figura 5 – Eclusa para transposição de peixes (em corte).

Fonte: VIANA et al, 2006

Passagem para Peixes Naturalizadas

As passagens para peixes naturalizadas distinguem-se por constituírem uma solução que não só possibilita a transposição do obstáculo, como também originam um habitat, imitando tanto quanto possível as zonas de rápidos ou pequenos cursos de água (FAO, 2002). As principais desvantagens deste tipo de passagem para peixes estão associadas com a necessidade de espaço para o seu desenvolvimento e com

condicionantes de natureza topográfica. Além disso, não são facilmente aplicáveis a barreiras de grande altura.

Leito do rio modelado

Neste tipo de solução, toda a largura do curso d'água é transformada numa superfície rugosa e de pequena inclinação que permite o deslocamento dos peixes, podendo também incluir-se os casos em que se formam grandes bacias, que ocupando toda a largura do rio, dividem o desnível imposto pela barreira em pequenos desníveis transponíveis pelos peixes (Figura 6).

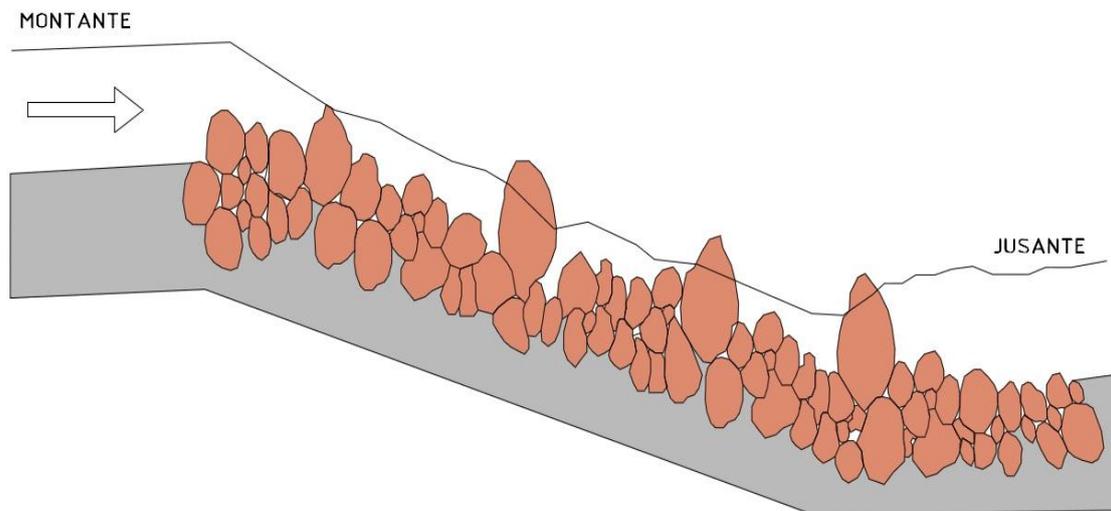


Figura 6 – Leito do curso d'água modelado (em corte) (FAO, 2002).

É apropriada para pequenos açudes abandonados, nos quais não existe a regulação do nível d'água a montante, servindo para modificar quedas bruscas, cujas condições de hidráulica constituam barreira (FAO, 2002). Como desvantagem apresenta o fato de poder ficar a seco em caso de diminuição de vazão. No entanto apresenta um custo relativamente baixo, enquadra-se bem na paisagem, requer pouca manutenção e não apresenta qualquer problema de atratividade, uma vez que toda a largura do curso d'água passa a ser transponível.

Rampas

São formadas por uma zona de curso d'água cuja largura não deverá ser inferior a 20,00 m (FAO, 2002) que se integra no açude e forma um declive suavizado relativamente ao leito do rio (Figura 7).

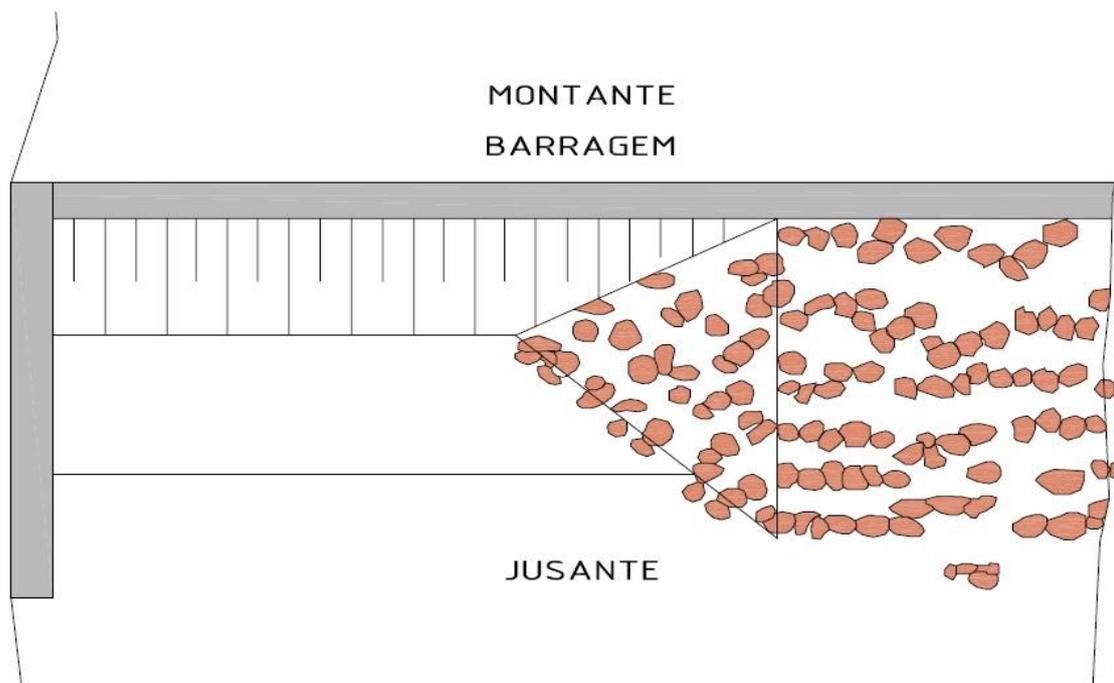


Figura 7 – Rampa para passagem de peixes (vista superior) (FAO, 2002)

Este declive, que deverá ser de 1:20 ou inferior (FAO, 2002), é revestido por uma superfície rugosa, com blocos ou soleiras formadas por blocos, para redução da velocidade do escoamento. A profundidade da água deverá ser superior a 0,30-0,40 m e a vazão deve ter valores aproximados de 100 L/s (FAO, 2002). Não é adequada para barreiras com mais de 3,0 m (FAO, 2002).

Existem poucos exemplos na literatura de dispositivos desta natureza (Tab. 5).

Tabela 5 - Empreendimentos com rampa

EMPREENDIMENTO	LOCALIZAÇÃO
AÇUDE de Ponte do Lima	Rio Lima (Portugal)

Fonte: SANTO, M., 2005

Canais Bypass

Um canal naturalizado é formado por uma pequena linha d'água que se desenvolve nos terrenos marginais ao curso d'água principal, unindo-se a este a montante e a jusante do obstáculo que se pretende seja transponível pela fauna aquática (Figura 8).

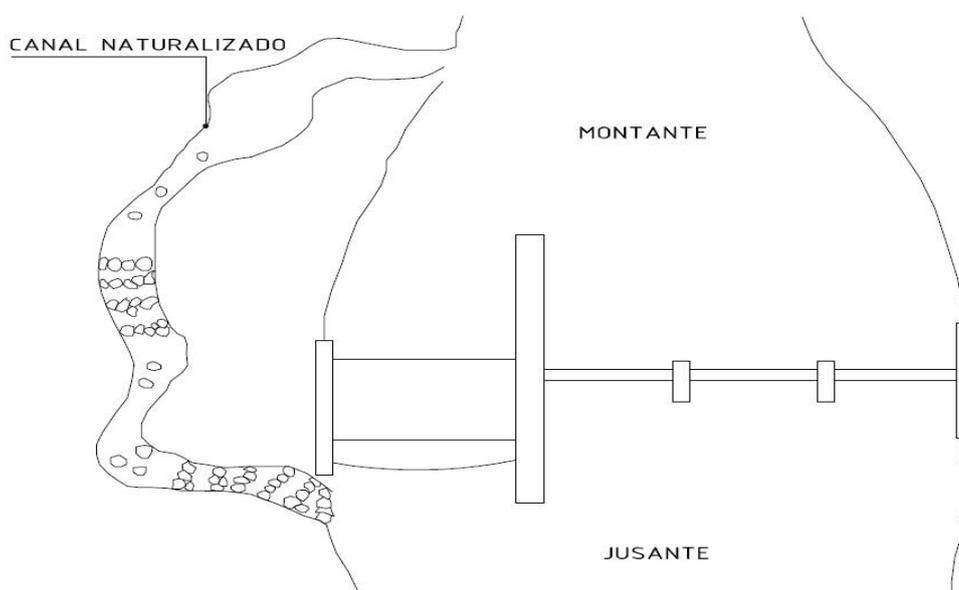


Figura 8 – Canal naturalizado do tipo *Bypass* (vista superior) (FAO, 2002).

O canal, que poderá desenvolver-se em grandes extensões, deverá assemelhar-se a um pequeno curso d'água ultrapassando o objetivo de proporcionar à fauna a comunicação entre locais a montante e a jusante do obstáculo, uma vez que pode constituir ele próprio habitat. São adequados a todo tipo de barreiras, desde que haja espaço suficiente para o seu desenvolvimento e constituem uma boa solução para corrigir a intransponibilidade de barreiras já existentes. A sua ligação a montante deverá situar-se fora da influência do reservatório de água formado. A principal desvantagem é a necessidade de espaço, podendo ainda requerer a construção de pontes ou formas de passagem.

Da mesma forma como observado no item 5.2., foi encontrado apenas um exemplo de dispositivo do tipo canal naturalizado by-pass na literatura e artigos pesquisados (Tabela 6).

Tabela 6 - Empreendimentos com canal naturalizado do tipo *Bypass*

EMPREENDIMENTO	LOCALIZAÇÃO
UHE Itaipú (Canal de Piracema)	Rio Paraná (Paraná)

Fonte: AGOSTINHO et al, 2007. P. 246

POSICIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE PASSAGEM PARA PEIXES E ATRATIVIDADE

O posicionamento do dispositivo e sua integração na parte restante da obra são fundamentais para a acessibilidade ao mesmo para efeitos de vigilância e manutenção e

atratividade para a fauna piscícola. A acessibilidade ao dispositivo envolve não somente a possibilidade de chegar junto da estrutura, mas também a todas as zonas importantes do ponto de vista do seu funcionamento. Numa relação mais direta com a eficácia do dispositivo coloca-se a questão da atratividade. A localização e as condições hidrodinâmicas na entrada para o dispositivo são determinantes da atração exercida sobre os peixes, de forma a conduzi-los ou proporcionar-lhes a passagem para montante. A entrada para o dispositivo deve situar-se o mais próximo possível da barreira, para que, uma vez não conseguindo progredir, a ictiofauna seja impelida a procurar uma passagem.

A atratividade é dependente, por um lado, da largura do curso de água, sendo que nos cursos mais largos se poderá justificar a existência de dois dispositivos, um em cada margem e, por outro lado, da finalidade do açude/barragem e inerente regime de exploração.

Outro aspecto da inserção e posicionamento das passagens para peixes diz respeito à sua proteção contra as vazões de cheia. Considera-se conveniente que a descarga das vazões mais elevadas não comprometa a estabilidade da estrutura do dispositivo. Esta questão coloca-se principalmente nos casos dos dispositivos do tipo bacias sucessivas, cujos muros que limitam as bacias poderão ser destruídos caso encontrem-se vulneráveis.

MATERIAL E MÉTODOS

PASSAGEM PARA PEIXES EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Analisando a capacidade de geração de energia no Brasil, segundo dados constantes no Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2011), verifica-se que a energia elétrica gerada pelo aproveitamento dos recursos hidráulicos corresponde a 70,72% do total e, deste, 4,6% são provenientes das PCHs (Tabela 7).

Porém, em números absolutos, as PCHs correspondem a 43,14 % das unidades geradoras existentes no Brasil. Embora as mesmas não sejam responsáveis pela maior produção de energia, a existência de uma grande quantidade de PCHs tem influência direta no meio ambiente e, particularmente, no objeto de estudo deste artigo científico.

Tabela 7 – Capacidade de Geração de Energia no Brasil

TIPO	QUANTIDADE	POTÊNCIA OUTORGADA (kW)	POTÊNCIA FISCALIZADA (kW)	%
CGH	363	210.046	206.425	0,18
EOL	63	1.267.138	1.249.742	1,07
PCH	412	3.826.516	3.781.584	3,26
UFV	6	5.087	1.087	0,00
UHE	180	78.718.073	78.141.904	67,28
UTE	1.485	32.338.108	30.760.024	26,48
UTN	2	2.007.000	2.007.000	1,73
TOTAL	2.511	118.371.968	116.147.766	100,00

CGH – Central Geradora Hidrelétrica, EOL – Usina Eoliolétrica, PCH – Pequena Central Hidrelétrica, UFV – Usina Fotovoltaica, UHE – Usina Hidrelétrica, UTE – Usina Termelétrica e UTN – Usina Termonuclear. *Fonte: ANEEL, 2011*

A Resolução da ANEEL n.º 394, de 04/12/98, estabelece que os aproveitamentos com características de PCH são aqueles que tem potência entre 1 e 30 MW e área inundada até 3,0 km², para a cheia centenária. Entretanto, embora essas centrais sejam consideradas como tendo um impacto ambiental menor, este dado deve ser visto com cautela, pois pequenas centrais com áreas de alagamento que afetem áreas agricultáveis, densamente habitadas, importantes para a conservação da biodiversidade, ou um conjunto de PCHs numa mesma bacia hidrográfica, podem causar danos sociais e ambientais comparáveis aos das grandes hidrelétricas (MATERNATURA, 2011).

Atualmente, existem 38 PCHs em operação no Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 8), sendo que em alguns rios verifica-se a existência de 02 ou até 03 unidades, como são os casos dos rios Ijuí, Jacuí, e Carreiro (ANEEL, 2011).

Para o conhecimento e avaliação dos sistemas existentes, foram contatadas todas as pequenas centrais hidrelétricas em operação no RS, segundo informação da ANEEL (Tabela 8), sendo que 32 retornaram os questionamentos efetuados. Isto representa uma amostra de 84,21% do universo total de 38 PCHs em operação.

Em contato com as empresas e/ou cooperativas proprietárias destas PCHs, foi possível identificar os tipos de STPs utilizados, bem como os resultados obtidos e o tipo de acompanhamento efetuado com vistas à avaliação permanente da eficiência destes sistemas de transposição.

Os questionamentos foram feitos via contato telefônico e constavam das seguintes perguntas:

- a) Existe algum tipo de sistema de transposição para peixes nas PCHs de propriedade da empresa e/ou cooperativa?
- b) Caso negativo, qual o motivo da inexistência?
- c) Caso positivo, qual o modelo adotado?
- d) Existe acompanhamento para verificar a eficiência do sistema adotado?

Em alguns casos, conforme informação prestada pelos responsáveis técnicos, a avaliação dos resultados ocorreu através de um simples acompanhamento visual, sem critérios científicos e, em outros, sequer existe estes acompanhamentos.

Todas essas informações foram coletadas durante o mês de novembro de 2011.

Tabela 8 – Usinas do tipo PCH em operação no RS

USINA	POTÊNCIA (KW)	PROPRIETÁRIO	MUNICÍPIO	RIO
Buricá	1.360	Cooperativa de Energia e Desenvolvimento Rural Entre Rios Ltda	Independência/Inhacorá	Buricá
Capigui	3.760	CEEE - Geração	Passo Fundo	Capigui
Colorado	1.120	Centrais Elétricas de Carazinho S/A	Tapera	Puitã
Cotovelo do Jacuí	3.340	COPREL – Cooperativa de Geração de Energia e Desenvolvimento	Victor Graeff	Jacuí
Ernestina	4.800	CEEE - Geração	Ernestina	Jacuí
Forquilha	1.000	CEEE - Geração	Maximiliano de Almeida	Forquilha
Furnas do Segredo	9.800	Jaguari Energética S/A	Jaguari	Jaguari
Guarita	1.760	CEEE - Geração	Erval Seco	Guarita
Herval	1.440	CEEE - Geração	Santa Maria do Herval	Cadeia
Ijuizinho	3.600	Cooperativa de Distribuição e Geração de Energia das Missões Ltda	Entre-Ijuís	Ijuizinho
Mata cobra	2.880	Centrais Elétricas de Carazinho S/A	Carazinho	Rio da Várzea
Passo de Ajuricaba	3.400	Departamento Municipal de Energia de Ijuí	Ijuí	Ijuí
Passo do Inferno	1.332	CEEE - Geração	São Francisco de Paula	Santa Cruz
Passo do Meio	30.000	Energética Campos de Cima da Serra Ltda	Bom Jesus/ São Francisco de Paula	Rio das Antas
Santa Rosa	1.400	CEEE - Geração	Três de Maio	Santa Rosa
Ijuizinho	1.000	CEEE - Geração	Eugênio de Castro	Ijuizinho
Salto Forqueta	6.124	Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia	Putinga/ São José do Herval	Forqueta
Linha Emília	19.500	Linha Emília Energética S/A	Dois Lajeados	Carreiro
Cotiporã	19.500	Cotiporã Energética S/A	Cotiporã	Carreiro
Caçador	22.500	Caçador Energética S/A	Nova Bassano/ Serafina Corrêa	Carreiro
Ferradura	9.200	BT Geradora de Energia Elétrica S/A	Erval Seco/Redentora	Guarita
Carlos Gonzatto	9.000	CN Energia S.A.	Campo Novo	Turvo
José Barasuol	14.335	Cooperativa de Geração de Energia e Desenvolvimento Ltda	Ijuí	Ijuí
Esmeralda	22.200	Esmeralda S/A	Barracão/Pinhal	Bernardo José
São Bernardo	15.000	CJ Energética S/A	Barracão/Esmeralda	Bernardo José
Jararaca	28.000	Veneto Energética S/A	Nova Roma do Sul/ Veranópolis	Prata
Da Ilha	26.000	Da Ilha Energética S/A	Antônio Prado/ Veranópolis	Prata
Marco Baldo	16.000	Sociedade de Propósito Específico Turvo S.A	Braga/Campo Novo	Turvo
Ouro	16.000	Ouro Energética S/A	Barracão	Marmeleiro
Palanquinho	24.165	Serrana Energética S/A	Caxias do Sul/ São Francisco de Paula	Lajeado Grande
Criúva	23.949	Criúva Energética S/A	Caxias do Sul/ São Francisco de Paula	Lajeado Grande
Santo Antônio	4.500	Cooperativa de Geração de Energia e Desenvolvimento Ltda	Santa Rosa/Três de Maio	Santa Rosa
Rio São Marcos	2.200	Hidrelétrica Rio São Marcos Ltda	Caxias do Sul/ São Marcos	São Marcos
Engenheiro Ernesto Jorge Dreher	17.470	Rincão do Ivaí Energia S.A	Júlio de Castilhos/ Salto do Jacuí	Ivaí
Engenheiro Henrique Kotzian	13.000	Capão da Convenção Energia S.A	Júlio de Castilhos/ Salto do Jacuí	Ivaí
Albano Machado	3.000	Rio do Lobo Energia S/A	Nonoai/Trindade do Sul	Lajeado do Lobo
Galópolis	1.500	Galópolis Energia S.A	Caxias do Sul	Arroio Pinhal
Moinho	13.700	Moinho S.A	Barracão/Pinhal	Bernardo José
TOTAL: 38 USINAS		POTÊNCIA TOTAL: 398.835 kW		

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados demonstrados na Tabela 9, ficou evidenciado e comprovado que 84,37% da amostra (27) referem-se a rios que não apresentam o fenômeno da piracema e, portanto, foram dispensados de construção de qualquer tipo de sistema de transposição para peixes pelos órgãos ambientais. Importante salientar que, na grande maioria dos casos, a piracema é inexistente devido à presença de obstáculos naturais como cachoeiras com alturas acima de 12 m e que dificultam a passagem da ictiofauna.

Foram observadas situações em que a piracema inexistente tanto pela presença de obstáculos naturais quanto pela sequência de PCHs num mesmo curso d'água, como foi o caso das usinas de Esmeralda, São Bernardo e Moinho, segundo manifestação dos responsáveis pelos empreendimentos (Figura 9).

Apenas 15,62% das usinas (5) apresentam sistema de transposição para peixes e, destas, duas não informaram ou não realizam o acompanhamento da eficiência do sistema adotado. Das cinco (5) usinas com algum tipo de sistema, quatro (4) utilizaram escada para peixe e uma (1), embora não tenha implementado um sistema exclusivo, verificou-se que os peixes utilizam o próprio vertedouro da PCH.

Na usina de Passo de Ajuricaba, no rio Ijuí, onde o vertedouro é utilizado pela ictiofauna para a piracema, foi verificada a passagem de apenas uma espécie: o dourado (*Salminus maxillosus*).

Tabela 9 – Sistemas de Transposição para Peixes em PCHs no RS

USINA	MODELO DE STPs	MIGRAÇÃO DE PEIXES
BURICÁ	-	Sem piracema no rio
CAPIGUI	-	Sem piracema no rio
COLORADO	-	Sem piracema no rio
COTOVELO DO JACUÍ	-	Sem piracema no rio
ERNESTINA	-	Sem piracema no rio
FORQUILHA	-	Sem piracema no rio
FURNAS DO SEGREDO	Não retornou informação	
GUARITA	-	Sem piracema no rio
HERVAL	-	Sem piracema no rio
IJUIZINHO	Escada para peixes	Não informou
MATA COBRA	Escada para peixes	Sem avaliação
PASSO DE AJURICABA	Vertedouro	Seletiva (01 espécie)
PASSO DO INFERNO	-	Sem piracema no rio
PASSO DO MEIO	-	Sem piracema no rio
SANTA ROSA	-	Sem piracema no rio
IJUIZINHO	-	Sem piracema no rio
SALTO FORQUETA	Escada para peixes	Eficiente
LINHA EMÍLIA	-	Sem piracema no rio
COTIPORÃ	-	Sem piracema no rio
CAÇADOR	-	Sem piracema no rio
FERRADURA	-	Sem piracema no rio
CARLOS GONZATTO	Não retornou informação	
JOSÉ BARASUOL	Escada para peixes	Seletiva (02 espécies)
ESMERALDA	Não retornou informação	
SÃO BERNARDO	Não retornou informação	
JARARACA	-	Sem piracema no rio
DA ILHA	-	Sem piracema no rio
MARCO BALDO	Não retornou informação	
OURO	-	Sem piracema no rio
PALANQUINHO	-	Sem piracema no rio
CRIÚVA	-	Sem piracema no rio
SANTO ANTÔNIO	Não retornou informação	
RIO SÃO MARCOS	-	Sem piracema no rio
ENG. ERNESTO DREHER	-	Sem piracema no rio
ENG. HENRIQUE KOTZIAN	-	Sem piracema no rio
ALBANO MACHADO	-	Sem piracema no rio
GALÓPOLIS	-	Sem piracema no rio
MOINHO	-	Sem piracema no rio



Figura 9 – Sequencia de PCHs no rio Bernardo José (Barracão/RS)

Fonte: Google Earth. Acesso em: 21/11/2011. Modificado pelo autor.

Na usina José Barasuol, no rio Ijuí, foi verificada a abundância de duas (2) espécies: pintado (*Pimelodus absconditus*) e voga (*Schizodon nasutus*) (KUSMA, 2009; FERREIRA, 2009).

Dentre os sistemas analisados, o que evidenciou maior eficiência, segundo informação do setor técnico da usina, foi a escada para peixes de Salto Forqueta, porém, com o diferencial de colocação de pedras no leito do canal, buscando uma reprodução do habitat (Figura 10).



Figura 10 – Escada para peixe revestida com pedras na usina de Salto Forqueta.

Fonte: Pires, Hélio. CERTEL – Cooperativa de Desenvolvimento Regional Teutônia

Existem poucos registros sobre a eficiência dos sistemas de transposição para peixes nos rios onde foram implantadas pequenas centrais hidrelétricas.

O monitoramento biológico da ictiofauna em rios é essencial para identificar as respostas do ambiente aos impactos causados pela ação antrópica (FERREIRA, 2011). De forma genérica, são verificadas a existências de algumas espécies, com a proliferação destas e redução ou mesmo eliminação de outras (AGOSTINHO, 2004).

Falta acompanhamento e monitoramento das espécies, mesmo nos casos de inexistência de STPs, como forma de avaliar o comportamento do ecossistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com os sistemas de transposição para peixes independe do tipo de empreendimento a ser implantado, sendo vital desde uma pequena central hidrelétrica até uma usina de grande porte.

As alterações no ecossistema ocorrem no mesmo grau de importância, tanto no habitat quanto na disponibilidade de alimentos e, principalmente, na ocorrência da piracema, considerando as espécies que precisam deste fenômeno para realizar a desova.

Através dos dados obtidos neste estudo, fica evidenciada a necessidade de acompanhamento sistemático dos poucos sistemas de transposição para peixes adotados junto às PCHs existentes no RS, como forma de verificar os resultados dos modelos utilizados e seus efeitos sobre os ecossistemas e, principalmente, em casos de resultados

insatisfatórios, onde somente uma ou duas espécies conseguem sobreviver às alterações dos seus habitats, procurar alternativas viáveis de modelos de STP.

Importante que os estudos sobre a ictiofauna existentes nos cursos d'água sejam mais frequentes e gerais, não se limitando apenas às regiões que sofrerão interferências através da construção de pequenas centrais hidrelétricas.

Um segundo ponto importante, é a necessidade de conjugação de mais de um tipo de STP, procurando atender ao maior número possível de espécies, respeitando as características naturais de cada uma.

Dentre os modelos analisados, a combinação da escada para peixes com um tipo de passagem para peixe naturalizada poderá produzir bons resultados, conforme pode-se observar no caso da usina de Salto Forqueta. A adoção deste sistema justifica-se pela preservação máxima do habitat, baixa vazão e criação de um caminho natural (tipo canal *Bypass*) por onde as espécies com poucas qualidades físicas poderiam ascender até o reservatório a montante.

Estes procedimentos possibilitarão o acompanhamento das espécies existentes e a análise efetiva da forma como foram atingidas pelas alterações no ecossistema e os resultados das soluções construtivas e/ou naturais adotadas para preservação máxima do habitat e manutenção da piracema.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. *Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil*. Maringá: Ed. UEM, p. 231- 251. 2007.
- BRITTO, S. G. C.; SIROL, R. N. *Transposição de Peixes como Forma de Manejo: As Escadas do Complexo Canoas, Médio Rio Paranapanema, Bacia do alto Paraná*. In: VVAA, *Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata*. Segunda edição, organizado por Marcos Gomes Nogueira, Raoul Henry e Adriana Jorcin. São Carlos – SP. Ed. Rima, p. 285-304. 2006.
- CASTRO, N. J. ; LEITE, A. L. S.; DANTAS, G. A. *Análise comparativa entre Belo Monte e empreendimentos alternativos: impactos ambientais e competitividade econômica*. GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da UFRJ. Rio de Janeiro. 2011.
- FEREIRA, F. W. *A Ictiofauna e o Efeito Sinérgico de Três PCHs no Rio Ijuí, RS*. In: X Congresso de Ecologia do Brasil – São Lourenço – MG. 2011.
- JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. *Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira*. Estudos Avançados. Vol. 4. No. 8. São Paulo. 1990.
- KUSMA, C. M.; FERREIRA, F. W. *Mecanismo de transposição de peixe de pequena central hidrelétrica*. In: *Ciência Rural*, Santa Maria, On line. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2009.
- MARCELINO, D. A. *Setor Elétrico: Um Estudo Sobre a Estratégia do Segmento de Geração de Energia Elétrica do Brasil*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. In: III SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende. 2006.
- MARTINS, S. L.; TAMADA, K. *Sistemas para a Transposição de Peixes*. In: Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo. 2000.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Balanco Energético Nacional 2011*. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília – DF. 2011.
- ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. *Segurança de energia para Desenvolvimento Sustentável nas Américas*. Secretaria Executiva de Desenvolvimento Integral. 2009. *Os impactos ambientais e sociais*. Disponível em: <http://www.maternatura.org.br/hidreletricas/guia/LeiaMais_Osimpatosambientaisesoais.pdf>. Acesso em: 05 set. 2011.
- PINHEIRO, P. *Impactes ecológicos das Obras Hidráulicas Transversais e as Passagens para Peixes como medida mitigadora*. Disponível em:

<http://natura.link.sapo.pt/article.aspx?menuid=4&cid=35996&bl=1&viewall=true#Go_1>. Acesso em: 14 out. 2011.

POMPEU, P. S.; MARTINEZ, C. B. *Variações temporais na passagem de peixes pelo elevador da Usina Hidrelétrica de Santa Clara, rio Mucuri, leste brasileiro*. Revista Brasileira de Zoologia. Vol. 23, n. 2. Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 05 set. 2011.

SANTO, M.. *Dispositivos de passagens para peixes em Portugal*. Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas. 1ª edição. Lisboa – Portugal. 2005.

UHE FUNIL. *Sistema de Transposição para Peixes da Hidrelétrica Funil*. Disponível em: <<http://www.ahefunil.com.br/home/educacional/stp.htm>>. Acesso em: 16 set. 2011.

VIANA, E. M. F.; SANTOS, H. A.; MAGALHÃES, V. P. F.; MARTINEZ, C. B.. *Elaboração de um projeto de mecanismo para transposição de peixes utilizando canal de adução de uma PCH*. In: V Simpósio Brasileiro Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas - Florianópolis – SC. 2006.