

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E
NEGÓCIOS NO SETOR ENERGÉTICO**

AUGUSTO ABEL FILHO

**ESTUDO SOBRE O SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES
EM BARRAGENS DE HIDROELÉTRICAS**

SÃO PAULO

2010

AUGUSTO ABEL FILHO

**ESTUDO SOBRE O SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES
EM BARRAGENS DE HIDROELÉTRICAS**

Monografia para conclusão do Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo.

Orientador : Prof. Dr. Sidney Lazaro Martins

São Paulo

2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Abel Filho, Augusto .

Estudo sobre o sistema de transposição de peixes em barragens de hidroelétricas. / Augusto Abel Filho; orientador Sidney Lazaro Martins.--São Paulo, 2010.

45f... il.; 30cm.

Monografia (Curso de Especialização Gestão Ambiental e Negócios no setor energético) Instituto de Eletrotécnica e Energia Universidade de São Paulo.

1. Impactos ambientais 2. Transposição de peixes. I. Título.



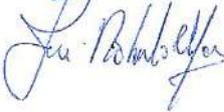
Universidade de São Paulo
Instituto de Eletrotécnica e Energia

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E NEGÓCIOS NO SETOR
ENERGÉTICO**

ATA DE DEFESA – MONOGRAFIA

CANDIDATO: Augusto Abel Filho

Aos treze dias do mês de outubro de 2010, às 19h30, realizou-se no Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo a defesa de monografia do aluno Augusto Abel Filho, nível especialização, intitulado: "Estudo sobre o sistema de transposição de peixes em barragens de hidrelétricas", sendo a banca constituída pelos Professores: Sidney Lazaro Martins – Orientador e Presidente da Comissão Examinadora e José Roberto Moreira (IEE/USP).

Manifestação dos membros da banca:	Assinatura	Conceito
Prof. Sidney Lazaro Martins		(A)
Prof. José Roberto Moreira		(A)
Os candidatos foram considerados (Aprovados / Reprovados)		(A)

DEDICATÓRIA

Dedico este singelo trabalho ao meu pai Augusto, minha mãe Wilma, minha esposa Marcia, minha filha Ana Beatriz e meu filho Augusto.

]

AGRADECIMENTO

Agradeço meu orientador Doutor Engenheiro Sidney Lazaro Martins que me conduziu pela seara das escadas.

Agradeço ao Doutor Engenheiro Rubens Terra Barth pela cessão do material didático para o trabalho, pelas sugestões na construção da escada de peixes no projeto da PCH Anhanguera.

Agradeço ao Msc. Engenheiro Paulo Alberto Neme pelas sugestões e conversas sobre as escadas.

Agradeço ao Prof. Dr. Julio Garavello pelas informações e cessão de figuras.

Agradeço à minha esposa Profa. Dra. Marcia Nogueira Castaldi Abel pela ajuda em todas as fases deste curso e na confecção deste trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

ABEL, F. A.; **Estudo sobre o sistema de transposição de peixes em barragens de hidroelétricas.** Monografia de especialização – Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. 2010. 45 f.

O aproveitamento hidroelétrico de rios e o conseqüente barragemento destes, acarreta mudanças profundas na bacia hidrográfica e no ambiente aquático natural, particularmente, a transformação do habit lótico para semi-lêntico normalmente incompatibiliza o ciclo biológico reprodutivo e alimentar de espécies de peixes nativas, tanto quanto agride a biodiversidade local. O desenvolvimento de estratégias para a transposição de peixes visa permitir a migração reprodutiva ou trófica de cardumes e assim minimizar os efeitos deletérios sobre a ictiofauna. Entre os mecanismos desenvolvidos, a escada para transposição de peixes é um sistema amplamente utilizado no Brasil, sendo o objetivo do presente trabalho analisar a eficiência e a eficácia dos diferentes tipos de mecanismos de transporte dos peixes que melhor se adequem à demanda exploratória, a legislação vigente, aos custos de implementação do dispositivo e, sobretudo, permita o ciclo de retorno descendente dos peixes mitigando o impacto ambiental. Com base nos dados levantados, o modelo com vertedouros e orifícios, é o que melhor possibilita a passagem dos peixes de jusante à montante pois é o menos seletivo, porém há a necessidade de aprofundar os estudos que envolvem a compreensão dos hábitos das espécies envolvidas, para uma escolha assertiva e ambientalmente consensual.

Palavras chave: transposição de peixes, migração, ciclo biológico.

Abstract

ABEL, F. A.; **Study on the fish transposition system in a hydroelectric dam.** Specialization monograph – Specialization Course on Environmental Management and Energy Sector Business of the Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. 2010; 45p.

The hydroelectrical utilization of rivers, and the consequent reservoir construction, cause severe changes on the hydrographic basin and on the natural underwater environment. Particularly, the transformation of lotic to semi-lentic habitat normally makes incompatible the native fish species feeding and reproductive biological cycle, as well as it damages the local biodiversity. The development of strategies for the fish transposition aims to allow the reproductive or trophic migration of shoals and consequently minimize the deleterious effects on the fish fauna. Among the developed mechanisms, the fish ladder is a widely used system in Brazil, therefore the aim of the present monograph is to analyze the efficiency of the different sorts of fish transportation mechanisms that best suit exploration demand, present legislation, device implementation costs and, above all, allows the descendent return cycle of the fishes, mitigating the environmental impact. Based on collected data, the model with spillways and orifices is the one which best enables the fish passage downstream to upstream, since it is the less selective one, but there is a need for further studies that embody the understanding of the involved species habits, for an assertive and environmental consensual choice.

Keywords: fish transposition, migration, biological cycle.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Escada de peixe no rio Paraopeba, Mg.....	10
Figura 2- Concentração de peixes na entrada do MTP de Porto Primavera, PR.....	12
Figura 3- <i>Plagioscion squamosissimus</i> corvina.....	12
Figura 4- <i>Cichla monoculus</i> tucunaré.....	13
Figura 5- <i>Serrasalmus marginatus</i>	13
Figura 6- Modelo reprodutivo de peixes migratórios.....	14
Figura 7- Processo reprodutivo.....	15
Figura 8- Esquema do modelo soleira e vertedouro.....	17
Figura 9- Streaming.....	17
Figura 10- Degraus tanque ou Plunging.....	17
Figura 11- Degraus tanque na escada da PCH Ourinhos, SP. (visão à esquerda).....	18
Figura 12- Degraus tanque na escada da PCH Ourinhos, SP. (visão à direita).....	18
Figura 13- Esquema de soleira com dois orifícios e um vertedouro.....	19
Figura 14- Soleiras da escada da UHE Lajeado rio Tocantins.....	19
Figura 15- Visão Geral da escada da UHE Lajeado no rio Tocantins.....	19
Figura 16- Esquema de escada Tipo Ranhura Vertical (Vertical Slot).....	20
Figura 17- Perfil longitudinal e linhas de fluxo.....	21
Figura 18- Plantas e linhas de fluxo na Vertical Slot.....	21
Figura 19- Escada tipo Ranhura Vertical na UHE Igarapava no rio Grande.....	22
Figura 20- Visor na escada tipo Ranhura Vertical na UHE Igarapava no rio Grande.....	22
Figura 21- Esquema do elevador de peixes.....	23
Figura 22- Eclusa de peixes no rio Murrumbidgee Australia.....	25
Figura 23- Sequência da movimentação da eclusa.....	26
Figura 24- Estrutura para transposição de peixes seminatural na Finlândia.....	26
Figura 25- Antiga Usina Eloy Chaves e a Cachoeira de Emas.....	36
Figura 26- Usina Eloy Chaves no rio Mogi Guaçu.....	37
Figura 27- Canal da piracema Itaipu, PR.....	37
Figura 28- Canal da piracema Itaipu, PR.....	38
Figura 29- <i>Salminus brasiliensis</i> dourado.....	38
Figura 31- <i>Prochilodus lineatus</i> curimatá.....	38
Figura 32- <i>Pseudoplatystoma coruscans</i> piraputanga.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características Básicas das Escadas.....	29
Tabela 2- Características Básicas das Escadas.....	30

SUMÁRIO

1 Introdução.....	10
2 Objetivo.....	12
3 Migração dos peixes.....	14
3.1 Migração reprodutiva.....	14
3.2 Migração trófica ou alimentar.....	15
4 Mecanismos de transposição de peixes (MTP).....	16
4.1 Escadas.....	16
4.1.1 Escadas tipo soleira e orifícios.....	16
4.1.2 Escada com ranhura vertical.....	20
4.2 Captura e transporte.....	22
4.3 Elevadores de peixe.....	22
4.3.1 Elevadores com caminhão tanque.....	23
4.4 Eclusa.....	25
4.5 Transposição semi natural.....	26
5 Os mecanismos são eficientes e eficazes?.....	28
6 Como os peixes completam o seu ciclo de retorno descendente?.....	31
7 O mecanismo para a transposição de peixes é para quais espécies?.....	34
8 Qual o melhor tipo de mecanismo para a transposição de peixes?.....	36
9 Qual o melhor tipo de mecanismo para a transposição de peixes?	
9.1 Canal da piracema em Itaipu, PR.....	38
10 Considerações finais.....	41
11 Referências.....	43

1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento longitudinal de um rio, com a construção de barragens para geração de eletricidade, pode ser bastante problemático as espécies de peixes migradoras, pois estas intervenções geram ambientes aquáticos modificados, que frequentemente conflitam com o ciclo biológico reprodutivo e alimentar de espécies nativas, tanto quanto agride a biodiversidade local.

A exploração racional desse ambiente é um desafio multidimensional.

Lowe–McConnell, 1999, reporta que o cascadeamento de um rio pode afetar sistêmicamente toda a bacia hidrográfica e promover mudanças profundas no ambiente aquático natural, transformando sua natureza lótica para semi-lêntica, o que impõe um fator limitante à sobrevivência de espécies de peixes.

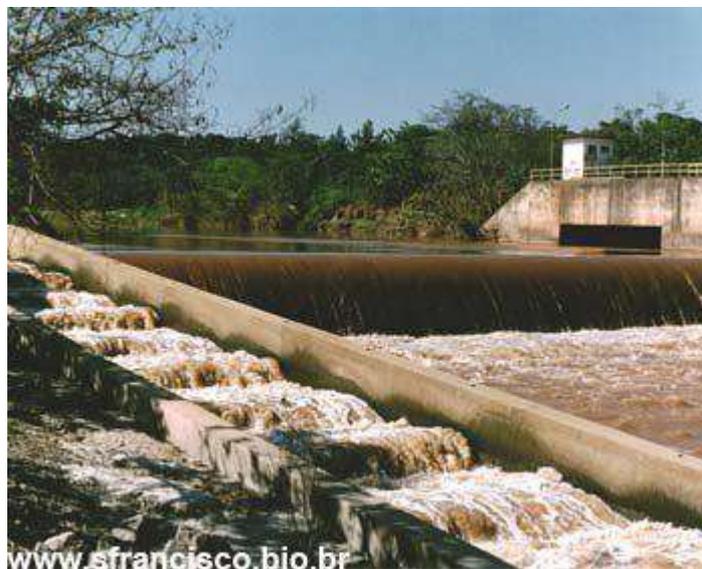


Figura 1- escada no rio Paraopeba MG .

<http://www.sfrancisco.bio.br/aspbio/imagens/escad.jpg>

Lowe–McConnell,1999, relata o desaparecimento de grandes peixes migradores em rios da bacia do rio Paraná superior, local onde existia até aquele período 140 barragens em atividade, e delega este impacto à ação exploratória sobre os rios.

Assim, o estudo de estruturas para a transposição de peixes pode ser considerado como um instrumento de mitigação dos efeitos negativos sobre a ictiofauna, notadamente sobre a migradora plena potamódroma, particularmente vulnerável ao ambiente semi-lêntico dos reservatórios formados pelas barragens, condições que podem impedir o acesso aos diferentes habitats necessários para completar o seu ciclo de vida destas espécies (Agostinho *et al.*, 2005).

2 OBJETIVO

O objetivo desta análise documental foi levantar dados sobre a eficiência e a eficácia do mecanismos de transposição escada de peixe, compreender como os peixes completam o ciclo de retorno descendente e avaliar qual tipo de escada pode ser melhor utilizada em respeito às características ambientais



Figura 2: Concentração de peixes na entrada do MTP de peixes da UHE Porto Primavera, rio Paraná.

Fonte: Área de Engenharia da CESP.

A concentração das assembleias de peixes na entrada das escadas como a apresentada na figura 2 intensifica a ação de predadores vorazes como a corvina (Fig. 3), tucunaré (Fig 4), piranha preta (fig. 5):

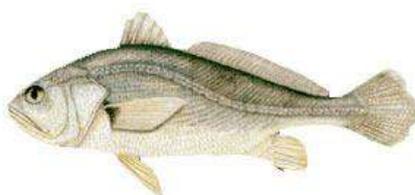


Figura 3. *Plagioscion squamosissimus* – corvina.



Figura 4. *Cichla monoculus* - tucunaré.

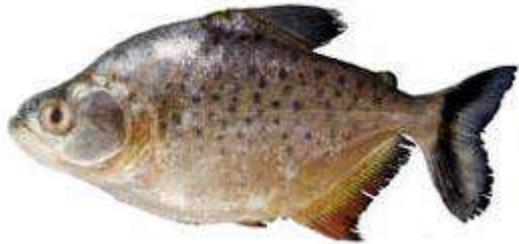


Figura 5. *Serrasalmus marginatus* - piranha preta.

Fonte: Petreire, Jr et.al 2002 apud Agostinho et.al 2004

A presença desses predadores e outros é o primeiro dos obstáculos que os peixes reofílicos terão de superar para alcançar seu propósito, como ocorrem no curso natural do rio.

3 Migração dos peixes

A migração de peixes pode ser reprodutiva e trófica ou alimentar.

As bases modelares orientam-se no conhecimento dos peixes que se reproduzem em ambientes diferentes das regiões em que vivem (Godoy 1967).

3.1 Migração Reprodutiva

Segundo Godoy, 1967, e conforme pode ser verificado na figura 6, os peixes migradores neotropicais têm “lar de reprodução” e “lar de alimentação”, ou seja, ambientes distintos que precisam de locomoção direcionada, denominada de migração.



Figura 6: Modelo reprodutivo de peixes migradores.

Fonte: Martins, 2005.

A migração reprodutiva dos peixes neotropicais ocorre contra a correnteza da água (reofília), denominada piracema. Para os peixes adultos, com idade maior do que 2 ou 3 anos, com plena capacidade reprodutiva, a piracema ocorre durante a estação chuvosa. Essas espécies desovam em plena correnteza, em locais apropriados a montante. Durante o percurso migratório ascendente, estes não se alimentam. Para o sucesso reprodutivo não há necessidade de alcançarem as cabeceiras dos rios, porém o sucesso na desova depende de grandes e prolongadas cheias, acompanhadas da subida do nível d'água e da elevação da temperatura da água, compondo alguns dos fatores de estímulos à migração.

A biota aquática brasileira e neotropical possui uma ictiofauna distinta da biota com baixa diversidade de peixes do Hemisfério Norte, onde predominam os salmonídeos (salmão, truta) esturjões e enguias e os principais estudos sobre transposição de peixes. As espécies da família salmonídea são de ambientes aquáticos frios, com hábitos, preferências e identidades migratórias e reprodutivas diferentes da ictiofauna da biota neotropical, assim os instrumentos mitigadores também costumam ser diferentes.

Mais de 20% dos peixes da nossa ictiofauna é composta por espécies migratórias, que possuem habitat de centenas de quilômetros onde se alimentam, cruzam, desovam e seus alevinos vivem em esconderijos nas lagoas marginais, conforme Martins, 2005.

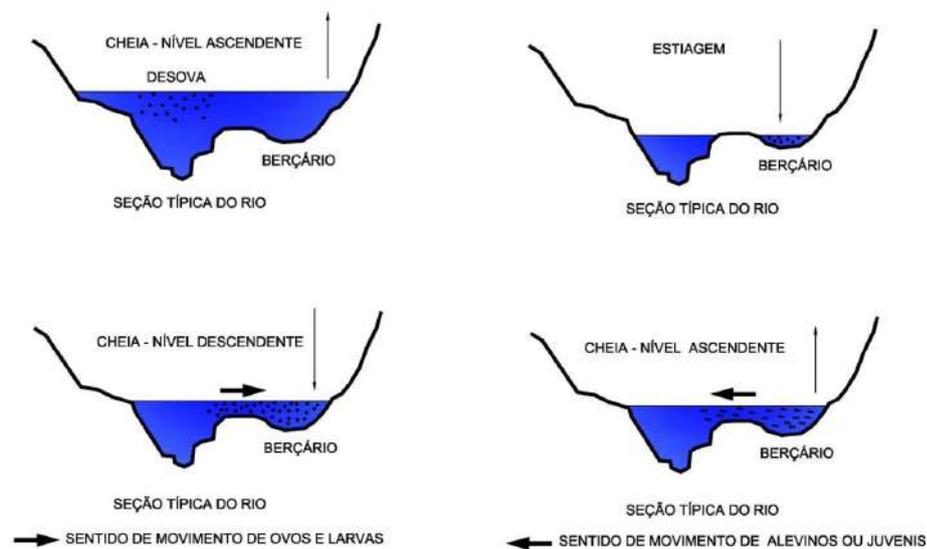


Figura 7: Processo reprodutivo de peixes migradores neotropicais.

Fonte: Martins, 2005

Os migradores Characiformes, os Perciformes e Siluriformes, incluem os peixes maiores de uma bacia, que são desejados pelos pescadores devido à seu valor de mercado ou seu desempenho na pesca esportiva (Agostinho *et al.*, 2002).

3.2. Migração Trófica ou Alimentar

A migração trófica ocorre a favor da correnteza da água sendo composta por ictioplâncton (ovos e larvas), alevinos, jovens e adultos. (Agostinho *et al.*, 2002).

4 Mecanismos de Transposição de Peixes (MTP)

As estruturas ou mecanismos para a transposição de peixes são estruturas para facilitar a passagem de cardumes ou indivíduos visando o ciclo reprodutivo e a manutenção da variedade genética entre os ambientes aquáticos modificados. A escolha do tipo de estrutura para a transposição de peixes deve visar reverter os impactos ambientais gerados pelas barragens, inclusive sobre a ictiofauna, que são mais contundentes quanto maior for o tamanho do lago formado à montante.

Estes sistemas podem ser divididos em **escadas, captura e transporte, elevadores e eclusas**. Na faixa acima 20 m, os quatro tipos de mecanismos podem ser utilizados. O elevador e a captura e transporte possibilitam a transposição em qualquer desnível e a eclusa para desníveis maiores de 40m. (www.ctpeixes.ufmg.br).

4.1 Escadas

As estruturas tipo **escada** são constituídas, normalmente, por uma série de tanques sucessivos, em desnível, que conduz a água de montante para jusante. Os tanques são separados entre si por paredes, de modo a permitir ao peixe nadar ou saltar de um tanque para outro. Os principais tipos de escadas são a do tipo ranhura vertical (*vertical slot*) e tanque com orifício e vertedouro.

4.1.1 Escada tipo soleira e orifícios

Na escada tipo soleira e orifícios, os septos nos corredores de peixes têm por objetivo produzir uma agitação turbulenta, com diferenciais de velocidades para atrair a maior variedade de espécies e indivíduos, já que cada espécie tem um nível de atratividade diferenciada e uma potencia de locomoção variável.

A utilização de escadas para desníveis inferiores a 20 m é uma prática brasileira usual. Há várias modelagens como se pode observar nas figuras abaixo:

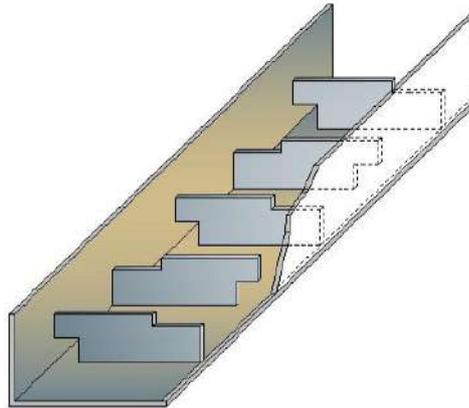


Figura 8: Soleira de orifício e vertedouro.

Fonte: Martins, 2005.

As figuras 9 e 10 apresentam o funcionamento de escada tipo soleira com os prováveis tipos de escoamento superficial.

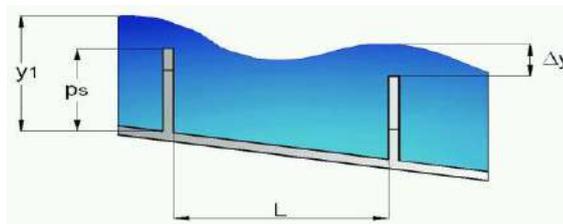


Figura 9: Streaming

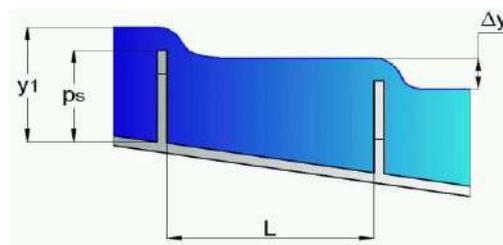


Figura 10: Degraus Tanque ou Plunging.

Fonte: Martins, 2005.

Dentre vários tipos de escoamento estão aqui colocados os mais utilizados, mais por questão de vazão, pressão e comprimento do que necessidade dos peixes.



Figura 11: Degraus Tanque na escada da PCH Ourinhos.SP (visão à esquerda).

Esta escada com soleiras de dois orifícios na PCH Ourinhos apresenta neste trecho com mais de 10 graus de inclinação, o que diminui a ascensão dos peixes com menor poder natatório (Garavello, 2008 comunicação pessoal).



Figura 12: Degraus Tanque na escada da PCH Ourinhos. SP (visão à direita).

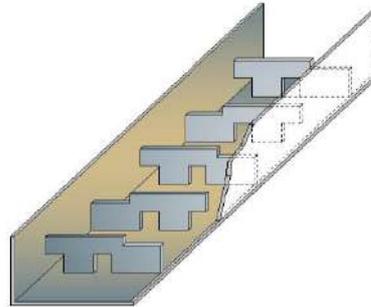


Figura 13: Esquema da Soleira com dois orifícios e um vertedouro.

Fonte: Martins, 2005.



Figura 14: Soleiras da escada de UHE Lajeado no Rio Tocantins.



Figura 15: Visão geral da escada da UHE Lajeado no rio Tocantins.

A escada de Lajeado de 2 orifícios e 2 vertedouros é muito longa para os peixes, apresenta como atenuante 4 tanques de descanso para que os cardumes migratórios possam ter sucesso na subida.

Na escada da Usina Porto Primavera, no rio Paraná, foi feito teste em escala real 1:1 para observar quais e quantos orifícios e vertedouros deveriam ser obstruídos ou não para que ocorresse a ascensão dos peixes reofílicos. Feitas as análises resolveu-se pelo modelo adotado (Tabela I e TabelaII) (Martins comunicação pessoal, 2010)

Como a escada foi projetada para subida e não para a descida, pode-se observar que a saída no reservatório é no canto sem nenhum sistema atrator para os peixes que ao chegar ao reservatório poderiam descer. Estes saem de um rio raso e caudaloso, sobem e acabam caindo num ambiente lântico e profundo (Garavello, comunicação pessoal 2008).

Essa mudança de habitat altera o comportamento de procriação de certas espécies que necessitam de corredeiras para desovar em águas agitadas. (Garavello 2008 comunicação pessoal).

4.1.2 Ranhura Vertical ou Vertical Slot

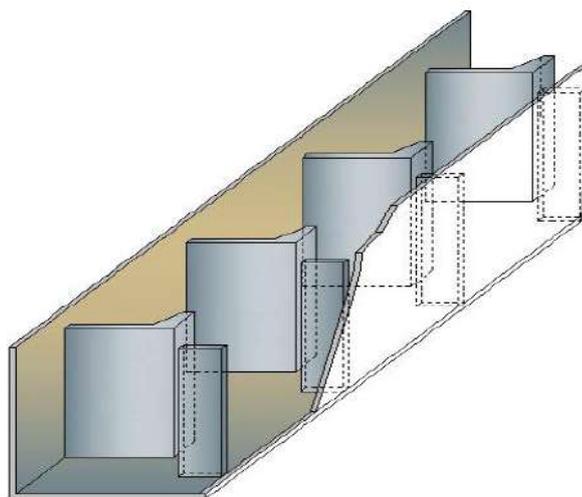


Figura 16: Esquema Escada tipo Ranhura vertical (Vertical Slot).

Fonte: Martins, 2005.

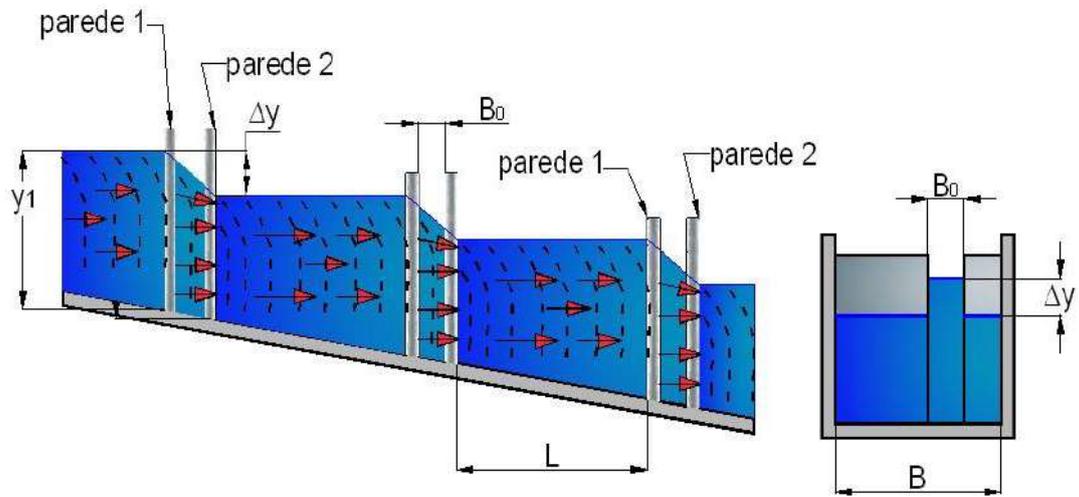


Figura 17. Perfil longitudinal e linhas de fluxo (Vertical Slot).

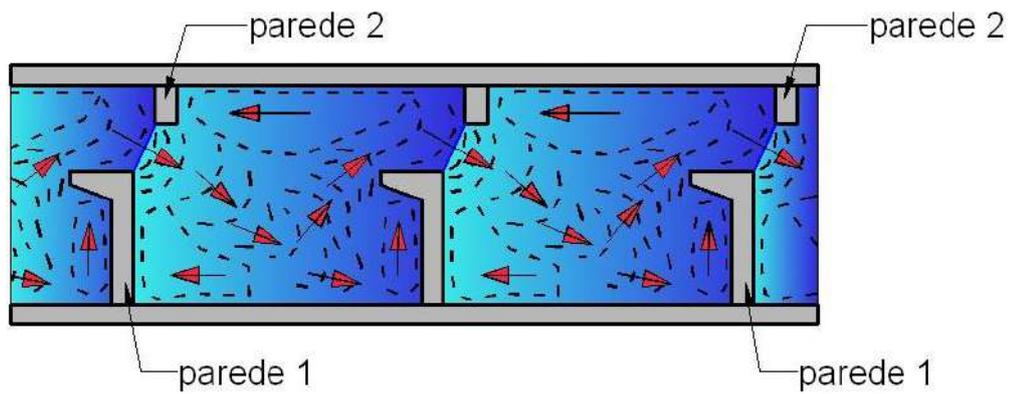


Figura 18: Planta e linhas de fluxo (Vertical Slot).



Figura 19: Escada tipo Ranhura Vertical na UHE Igarapava no rio Grande.

O modelo ranhura vertical de MTP, é menos seletivo, apresenta maiores chances de migração tanto de subida quanto de descida. Apesar dessa possibilidade podemos observar no esquema da figura 18, áreas onde a circulação da água provoca zonas de contracorrente que pode atrapalhar a migração.



Figura 20: Visor na Escada tipo Ranhura Vertical na UHE Igarapava no rio Grande.

4.2 Captura e Transporte

O mecanismo do tipo **captura e transporte** consiste na captura dos peixes em estruturas específicas para este fim, geralmente por meios mecânicos, e o transporte para montante ocorre em caminhões tanque, por via terrestre.

4.3 Elevadores de Peixe

Os mecanismos do tipo **elevadores de peixes** são definidos como dispositivos mecânicos que transportam os peixes de jusante para montante em uma barragem, tais como tanques movimentados em sentido vertical ou em plano inclinado.

Na América do Sul existem mais de 60 escadas em operação, distribuídas pelas diversas bacias hidrográficas (Clay, 1995). Elevadores e eclusas são menos comuns, podendo ser citados os elevadores de Yacyretá, no rio Paraná, do tipo convencional, e as eclusas de Salto Grande, no rio Uruguay (Oldani *et. al*, 1998).

4.3.1 Elevadores com caminhões-tanque

Embora ainda não seja utilizado no Brasil e na América do Norte, a maior parte dos elevadores têm operado com caminhões-tanque, tendo como alvo principal a transposição do salmão em barragens de grande altura (Clay, 1995). O primeiro deles operou durante o desvio da Usina Porto Primavera no rio Paraná em 1992, no Estado de São Paulo e seguiram na barragem da UHE Santa Clara, rio Mucuri, no Estado da Bahia.

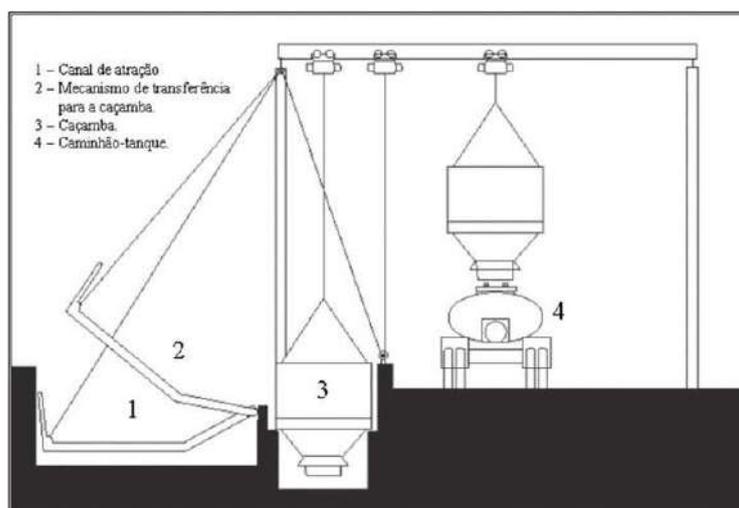


Figura 21: Esquema do elevador de peixes.

Teoricamente, o funcionamento de um elevador com caminhão tanque pode ser entendido através do detalhamento das diferentes etapas que caracterizam um ciclo de transposição (Figura 21).

As espécies reofílicas seriam atraídas através de um fluxo de água para o interior do elevador; Após entrar no elevador, um sistema de grades aprisionaria os peixes em uma caçamba submersa; a caçamba seria içada e direcionada sobre um caminhão; os peixes seriam transferidos da caçamba para o caminhão tanque, que então os transporta até o local de liberação a montante.

A utilização de caminhão-tanque propiciaria maior versatilidade do local de destinação dos peixes transpostos, o que tornaria o mecanismo mais indicado para algumas situações, mas possui um tempo de ciclo longo sendo assim indicado para o transporte apenas de indivíduos e não de cardumes.

Em tese a maior flexibilidade, dessa transposição seria um dos motivos pelo qual este tipo de mecanismo se aplicaria em barramentos que apresentam a casa de força desincorporada da barragem.

Uma situação encontrada em PCH's (Pequena Central Hidroelétrica) é a falta de água à montante da barragem em períodos de estiagem, que comprometeria a eficiência de um mecanismo de transposição instalado junto a ela, já que os peixes teriam dificuldade em alcançá-lo. Nestes casos, o mecanismo do tipo elevador com caminhão tanque permitiria que os peixes fossem atraídos e capturados junto à casa de força, local onde geralmente são observadas concentrações dos cardumes, e transportados até o reservatório.

De uma forma geral, quando comparados com escadas para peixes, os elevadores tradicionais também apresentariam como vantagem a possibilidade de ajustamento do número e horário dos ciclos de transposição às ocasiões com maior afluxo de peixes, procedimento que, em alguns casos, poderia significar considerável economia de água. Entretanto, este ajuste só pode ser obtido através do estudo detalhado do comportamento da ictiofauna local.

Os mecanismos do tipo elevador apresentam, no entanto, duas desvantagens com relação às escadas para peixes, que são mais acentuadas quando usados caminhões-tanque.

1- Este tipo de mecanismo apresenta custo operacional elevado, demanda alta de mão de obra especializada, uso de equipamentos mais complexos e sensíveis para evitar mortalidade, algo muito comum neste tipo de mecanismo.

2- Mecanismos deste tipo instalados no Brasil, não demonstraram eficácia e tão pouco eficiência, como o de Santa Clara na Bahia que foi desativado ou Porto Primavera que opera parcialmente.

4.4 Eclusa

As eclusas de peixes são utilizadas para a transposição de desníveis não superiores a 40 m. As estruturas tipo eclusas são dispositivos que consistem em uma câmara na qual o peixe entra ao nível da água, a jusante, e que é cheia até que o nível da água no seu interior permita que o peixe nade para o reservatório. As eclusas são construídas em rios onde se verificam diferenças nos níveis das águas acima de uma determinada cota na qual os custos de construção dos outros tipos de MTP, tornam-se inviáveis economicamente. Quando tratamos de eclusas vemos no caso brasileiro somente as eclusas para hidrovias. Estas por sua vez não possibilitam a transposição de peixes quando em funcionamento.

Nas figuras abaixo temos um exemplo na Austrália que segundo Baumgartner 2003, foi implantado no rio Murrumbidgee, em Nova Gales do Sul. Neste trabalho ele cita a dificuldade de implantação de modelos de escadas de peixes baseados em dados de salmonídeos e da Europa. Os peixes da Austrália, segundo o autor, tem comportamento diferente, com migrações tróficas, reprodução com subidas e descidas dos rios, semelhante ao comportamento dos peixes do Brasil.

O autor discute que o mecanismo é pouco atrativo para os peixes migradores, daí sua baixa eficácia.

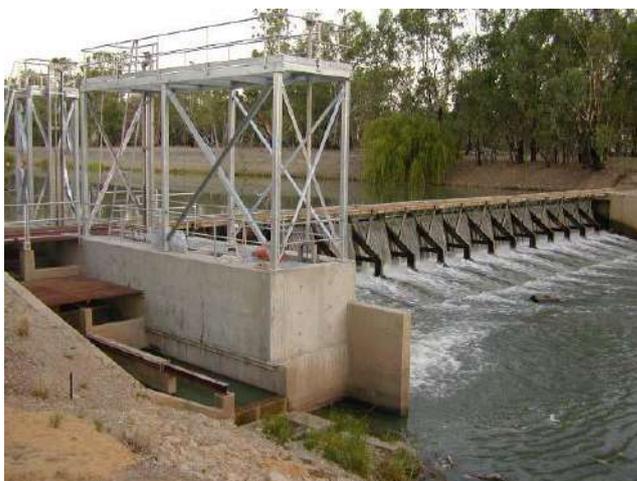


Figura 22: Eclusa de peixes no rio Murrumbidgee, Australia.

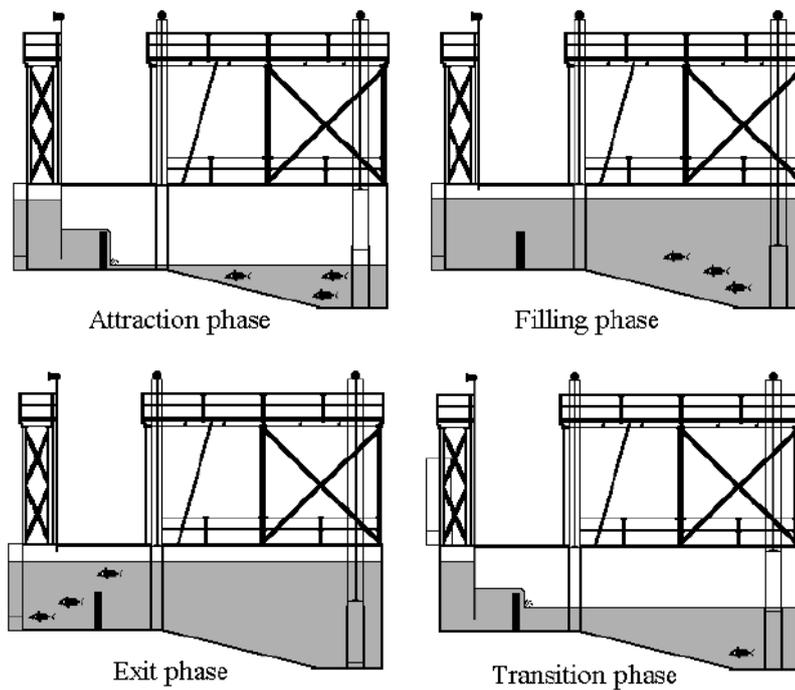


Figura 23: Sequência da movimentação na eclusa.

Fonte: Baumgartner, 2003

4.5 Transposição semi-natural

Quanto ao tipo de mecanismo de transposição de peixes vale ainda ressaltar que no hemisfério norte, nas águas frias para salmonídeos, nas barragens e nos locais com pequenos desníveis verticais de até 2,00 m, costuma-se utilizar, quando presente, os pequenos cursos de água para habilitar ou reabilitar a migração de peixes, conforme mostra a figura abaixo.

Esse tipo de estrutura é denominada de **semi-natural** (*like a river*), mas evidentemente não encontra abrigo no universo ictio neotropical, onde imperam a riqueza e abundância de espécies e os rios caudalosos.



Figura 24: Estrutura para a transposição de peixes semi natural. Finlândia.

Tendo em vista a complexidade de escolha de um determinado tipo de mecanismo de transposição, que deve considerar as características do rio, da ictiofauna e da biodiversidade local e conciliá-la com a demanda exploratória, a legislação vigente e os custos de implementação do dispositivo, o presente trabalho objetiva refletir sobre diferentes questões que norteiam a seleção da escada de peixe como modelo de transposição de peixes.

5 Os mecanismos são eficientes e eficazes?

Para que o mecanismo seja eficiente e eficaz precisa-se compreender o seu significado.

Eficiência significa fazer certo. Enquanto **eficácia** traduz-se por fazer da maneira certa. E nisto consiste uma grande diferença. Isto porque podemos alcançar um objetivo, porém dependendo um esforço e recursos maiores do que o necessário. Sempre que somos eficazes somos eficientes, porém o inverso não é verdadeiro.

Enquanto a **eficiência** está ligada ao resultado, ao produto, ao objetivo final a **eficácia** vai além. Está vinculada ao método ao como foi feito e não apenas se foi feito. A eficácia exige planejamento, organização. Parar para planejar permite ir muito mais rápido depois, ou pelo menos evitar perdas de tempo maiores e retrabalho.

([http://www.acesa.com/negocios/arquivo/carreira/2003/11/25-Eduardo/Ademar Gonçalves da Silva](http://www.acesa.com/negocios/arquivo/carreira/2003/11/25-Eduardo/Ademar%20Goncalves%20da%20Silva)).

Esses fundamentos são necessários para analisar as tabelas 1 e 2 apresentadas em Martins 2005, que nos mostram como os mecanismos de transposição naquelas localidades são eficientes enquanto projeto hidráulico mas é necessário a análise da eficácia enquanto mecanismo de transposição dos peixes tanto para subir quanto para descer.

A tabela 1 mostra as medidas de 7 MTP em rios com comportamento hidríco diferente onde o grau e inclinação é o fator diferencial importante para a efetiva utilização pelos peixes de tal mecanismo.

A tabela 2 apresenta os valores de potência, velocidade média e vazão associados ao grau de inclinação como parâmetros importantes na qual domina o tipo soleira e orifício, que variam no tamanho na potencia, e, vazão fator importante ligado a eficiência hidráulica das escadas.

Sabemos que os peixes reofílicos sobem escadas com até velocidades médias de 2m/s. Nas escadas da tabela vemos que os valores são compatíveis bem abaixo aos valores da literatura existente. (Martins, 2005). Pode-se inferir que as escadas mais eficientes e eficazes são as que possuem grau de declividade inferior a 10%, com potencia entre 150 e 250 W/m³.

Aproveitamento	Rio	Desnível Total (m)	Desnível entre tanques de descanso	i (%)	Comprimento (m)	Δh (m)	Largura (m)	Profundidade		Tipo
								max.(m)	min.(m)	
Peixe Angical	Tocantins	28,5	9,0	6,5	609	0,4	5	1,5	1,1	Degrau-Tanque, com soleira e orifício de fundo
			4,0 a 4,8	5,0						
Lajeado	Tocantins	32	7,0	5,0	766	0,4	5	1,5	1,1	Degrau-Tanque, com soleira e orifício de fundo
Porto Primavera	Paraná	22	8,0	5,0		0,4	5	1,5	1,1	Degrau-Tanque, com soleira e orifício de fundo
Canoas I e II	Paranapanema	23	7,0	11,8		0,4	3,5			Degrau-Tanque, com soleira e orifício de fundo
Nova Piraju	Paranapanema	26,3	7,0	10,0	360	0,4	4,5	1,2	0,8	Degrau-Tanque, com soleira e orifício de fundo
				6,3						
Igarapava	Grande	17	Não tem	6,0	282	0,2	3	2,35	1,99	Degrau-Tanque, com Vertical Slot
Ourinhos	Paranapanema	12,7	$\cong 10$	10,0	370	0,4	3,5	1,3	0,9	Degrau-Tanque, com soleira e orifício de fundo
				8,0						
				1,54						

Tabela 1: Características Básicas das Escadas.

Onde: Δh - desnível geométrico entre degraus; i - declividade longitudinal da escada ou trecho da escada; Largura:- largura do degrau tanque. Profundidade:- Lâminas d'água máximas e mínimas no degrau tanque.

Fonte: Martins, 2005.

Aproveitamento	i (%)	Δh (m)	Largura (m)	Profundidade		Orifício n (bxa) (m)	Soleira n(Lxh)		Q(m ³ /s)	Degrau Tanque (BxC) (m)	Volume de Degrau Tanque (m ³)	Potência Degrau (W/m ³)	Velocidade média no Degrau Tanque (m/s)	Volume no Tanque Descanso (m ³)	E Tanque Descanso (W/m ³)
				máx (m)	mín. (m)										
							menor (m)	maior (m)							
Peixe	6,5	0,4	5	1,5	1,1	2(0,8x0,8)	2(1,0x0,3)	-	2,87	5x8	52	217	0,44	165	68
	5,0													172	65
														181	62
														288	39
Lajeado	5,0	0,4	5	1,5	1,1	2(0,8x0,8)	2(1,0x0,3)	-	2,87	5x8	52	217	0,44	198	57
														101	111
Porto Primavera	5,0	0,4	5	1,5	1,1	2(0,8x0,8)-(*)	1(0,8x0,3)-(*)	-	2,73	5x8	52	206	0,42	124	86
														136	79
Canoas I e II	11,8	0,4	3,5	1,2	0,8	1(0,5x0,4)	1(0,8x0,3)	1(2,7x0,2)	1,25	3,39x3,5	12	410	0,30	*	*
Nova Piraju	10	0,4	4,5	1,2	0,8	1(0,5x0,4)	1(0,8x0,3)	1(2,7x0,2)	1,25	3,33x3,5	12	417	0,30	131	38
	6,3													-	-
Igarapava	6,0	0,2	3	2,35	1,99	1(0,3x1,8)-(+)	-	-	1,37	3,0x3,0	18	150	0,23	-	-
									1,50		20	151	0,23	-	-
									1,63		21	151	0,23	-	-
Ourinhos	10	0,4	3,5	1,3	0,9	1(0,5x0,4)	1(0,8x0,4)	1(2,7x0,2)	1,25	3,5x4	15	159	0,27	-	-
	8			1,3	0,9				1,25	3,5x5	19	127	0,27	113	44
	1,54			1,3	0,9				1,25	3,5x259,74	1000	2	0,27	-	-

Tabela 2: Características Básicas das Escadas.

Onde: i- declividade longitudinal do degrau tanque em (%); n- número de soleiras ou orifícios; b- base do orifício; a- altura do orifício; L- comprimento da soleira; B- largura do degrau tanque; C- comprimento do degrau tanque; P- potência do escoamento; V- velocidade, Vol- Volume

Fonte: Martins, 2005. Observação: (*) não são disponíveis informações a cerca dos tanques para descanso.

6 Como os peixes completam o seu ciclo de retorno descendente?

A migração trófica ocorre a favor da correnteza da água sendo composta por ictioplâncton (ovos e larvas), alevinos, jovens e adultos.

Os ovos descem enquanto se desenvolvem nas águas conturbadas no início do período de inundação (Godoy, 1975; Agostinho et al., 2003).

As larvas das espécies migradoras são transportadas para áreas inundadas junto às margens, onde ocorrem condições favoráveis para abrigo e alimento (viveiros ou berçários) principalmente, da maior riqueza planctônica dessas águas paradas.

A legislação atual nos estudos de viabilidade de empreendimentos hidroenergéticos (Eletrobrás, 1999, 2007) prevê, quando necessário, o mecanismo para a transposição de peixes em migração reprodutiva ou estação de piscicultura.

Alguns Estados Brasileiros possuem legislação específica (São Paulo - Lei nº 9.798, Minas Gerais - Lei nº 12.488 e Espírito Santo - Lei nº 4.489-N) que obrigam, desde que necessários, os mecanismos para a transposição de peixes, mas ainda só para a migração ascendente ou reprodutiva.

Não há ainda nenhuma preocupação com o retorno de peixes em todos os seus estágios de desenvolvimento para completar o ciclo de vida e contemplar a eficácia mínima desejada.

Para completar o ciclo de vida dos peixes migradores ou de piracema é necessário o retorno dos peixes em todos os seus estágios de desenvolvimento.

No estágio de conhecimento atual ainda se discute a eficiência do mecanismo para a transposição de peixes em migração reprodutiva, mas não sobre a eficiência das passagens de peixes em seus estágios de desenvolvimento na migração trófica e deriva.

7 Os mecanismos para a transposição de peixes tipo escada convencional permitem a migração nos dois sentidos e para todos os seus estágios de desenvolvimento?

Com o objetivo de restaurar parcialmente a permeabilidade de corredor para peixes, dezenas de estruturas tipo escada para peixes foram construídas nas bacias hidrográficas brasileiras, principalmente nas bacias do Paraná e do Atlântico. No entanto, estudos destas passagens de peixes são recentes e que os peixes passem para as partes altas dos rios após as barragens (Godinho et al., 1991; Fernandez et al., 2004; Britto & Sirol, 2005).

Infelizmente, não foi considerada sua eficiência final como um instrumento de conservação de populações de peixes nesses estudos. Portanto, nenhum estudo avaliou se o peixe chegar sua área de desova, seus juvenis conseguirão chegar à jusante ou até mesmo se os indivíduos adultos pós desova retornarão à sua área original. Vários fatores explicam essa tendência, entre os quais sejam:

- (a) o senso comum indica que peixes acumulados abaixo barragens precisam atingir a parte superior da bacia;
- (b) as escadas de peixes são construídas com objetivos difusos ou sujeitas a restrições legais;
- (c) os estudos sobre estes aspectos a longo prazo são mais complexos do que esses estudos de eventos em passagens de peixes.

Esta questão é ainda mais crítica que a subida dos peixes para a parte superior e tem sido sistematicamente ignorada no planejamento de passagens de peixes (Quirós, 1988; Clay, 1995). Os movimentos de mão única, sem passagem de retorno efetiva, afetam negativamente todos os níveis da organização ecológica, em ambos os lados da barragem.

Outros aspectos que inviabilizam o movimento de descida por deriva dos ovos de larvas e adultos advêm pela própria natureza do empreendimento. Ao criar um ambiente semi lântico no reservatório antes de chegar à barragem, os ovos de peixes migratórios, que são mais densos do que a água, para alcançarem a parte à jusante da barragem precisam estar com alto índice de oxigênio no meio líquido, em um ambiente lótico e não lântico, como o de um reservatório que é anóxico. Por essas razões, as espécies migratórias evitam as condições lacustres na parte interna do reservatório, concentrando-se nas zonas fluviais e de transição e limitando assim o seu acesso à barragem; os movimentos descendentes através da passagem

de peixe, quando ocorrem são reduzidos quando comparados aos movimentos ascendentes e não inclui peixes adultos pós desova. (Fernandez, 2007)

As pás das turbinas pela velocidade de arraste e pelo atrito destroem a maioria dos ovos e ictioplâncton bem como os adultos. A predação de ovos e larvas por parte de peixes não migradores insetívoros e planctófagos nos reservatórios, contribuem para a diminuição da assembléia.

8 O mecanismo para a transposição de peixes é para quais espécies?

As espécies de maior sucesso na transposição das escadas são aquelas primeiramente com grande capacidade de natação a longa distância e secundariamente os de curta distância. A eficiência dos mecanismos de transposição de peixes em barragens depende das peculiaridades da ictiofauna a jusante, particularmente aqueles relacionados com a capacidade de migração e os reofílicos. Mesmo obstáculos baixos (40 cm) revelaram ser altamente seletivos, dependendo das características da fauna local (Peter, 1998) in Fernandez, 2004.

A seletividade nas ordens que aparecem com maior frequência nos STP tipo escada são aquelas de comportamento reofílico como os Characiformes, Siluriformes e Perciformes, segundo Fernandez, 2007.

As maiores frequências de aparecimento nas escadas também estão ligadas ao fotoperíodo como demonstra o trabalho de Agostinho 2007 da usina de Lajeado no rio Tocantins. Este trabalho apresenta a razão entre a sazonalidade na agregação dos cardumes baseada nas variações temporais de abundância e a riqueza de espécies, enquanto a motivação reprodutiva para a ascensão foi inferida a partir da frequência dos estágios de maturação gonadal. Mas o que o autor observou foi à elevada frequência de indivíduos com gônadas em fase pré-vitelogênica em todas as espécies analisadas, tanto a jusante da barragem (97%) como na escada (98%), o que demonstrou a inexistência de período reprodutivo para a agregação dos peixes a jusante e seus ingressos na escada. O fato dos estágios imaturos dominarem as capturas também a jusante poderia sugerir que os locais de desova estão distantes e que os deslocamentos ascendentes ocorreriam por outras razões, como dispersão natural, busca de novos habitats para alimentação e crescimento. Conclui, portanto, que o ingresso na escada decorreu do comportamento de nadar contra a correnteza dos rios para amadurecer sexualmente e procriar das espécies encontradas.

A concepção e operação de escadas de peixes na região Neotropical devem ser revistas, à luz das características biológicas e comportamentais locais das espécies migratórias. Problemas semelhantes já foram identificados na escada de peixes da barragem de Lajeado (Agostinho et

al., 2007b). Outros tipos de passagens para peixes devem ser considerados, tais como canais que simulam rios naturais (Jungwirth, 1996; Jungwirth et al., 1998, Parasiewicz et al., 1998).

Apesar de vários estudos comprovando que escadas são bem-sucedidas estruturas de passagem dos peixes (Quirós, 1988), a seletividade é inerente a qualquer passagem de peixes e sempre devem ser sujeitos a análise detalhada e multidisciplinar (Larinier, 2001; Fernandez, 2004, Agostinho et al., 2002, 2007a).

9 Qual o melhor tipo de mecanismo para a transposição de peixes?

O melhor mecanismo é o que possui melhor eficiência e eficácia, ou seja, o próprio rio. Não existe um modelo perfeito. Dos modelos apresentados todos têm limitações e defeitos.

A escada da UHE Igarapava é um exemplo de escada que apesar do problema de criar um ambiente de recirculação entre as paredes como mostra a Figura 18, proporcionando um padrão seletivo de migração, tem tido algum sucesso, pois o caminho das águas produz variações de velocidade e o peixe pode fazer a “negociação” e transposição de um tanque para outro. A construção produz o suficiente para atração e possibilita a subida sem que os peixes pulem reduzindo seu stress natatório.

No entanto no Brasil há dois exemplos construídos, a Cachoeira de Emas em Pirassununga no rio Mogi Guaçu S.P e o canal da Piracema construído na usina de Itaipu no rio Paraná, onde a eficiência e eficácia são altas (Martins, 2010 comunicação pessoal).



Figura 25 Antiga Usina Eloy Chaves e a Cachoeira de Emas .

Fonte: <http://pirassununga.zip.net/images/cachoeira3.jpg>



Figura 26 Usina Eloy Chaves no rio Mogi Guaçu.

Fonte: <http://pt.netlogstatic.com/p/oo/009/840/9840722.jpg>



Figura 27. Canal da piracema Itaipu PR.

Fonte: www.itaipu.gov.br

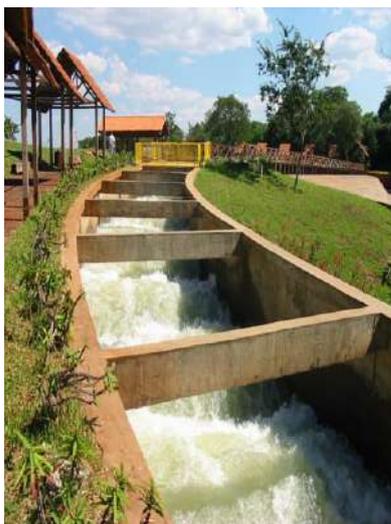


Figura 28. Canal da piracema Itaipu. Pr

Fonte: www.itaipu.gov.br

9.1 Canal da Piracema em Itaipu rio Paraná

O canal tem dez quilômetros de extensão, dos quais quatro quilômetros são de leito artificial, e seis quilômetros incorporam o leito do Rio Bela Vista. Sua largura varia entre cinco e doze metros e sua vazão, entre cinco e dez metros cúbicos de água por segundo. A migração reprodutiva, que vai de novembro a março, o fluxo dos peixes é mais intenso. No restante do ano, ocorre a migração trófica. Eles têm de vencer um desnível de 120 metros com o auxílio de corredeiras e lagoas. Passam pelo canal inclusive espécies de grande porte (www.itaipu.gov.br)

Segundo os técnicos que desenvolvem diversas pesquisas no local, de cada 10 espécies migratórias do Paraná, 7 utilizam o canal. Dada sua abrangência e eficiência, o Canal da Piracema tornou-se referência para novos projetos de hidrelétricas no Brasil, que precisam dispor de iniciativas similares. (www.h2foz.com.br)

O canal da Piracema, porem padece de um defeito de nascença; ao ser construído ligou duas comunidades ictiológicas distintas isoladas pelas **Cachoeiras de Sete Quedas**. Com desnível de mais de cem metros não havia contato dos peixes para montante, portanto o fluxo gênico era unidirecional, agora será necessário estabelecer o grau de contaminação entre as comunidades, para se avaliar o impacto ambiental deste contato até então inexistente.

Nas páginas 29 e 30 estão listadas as usinas hidroelétricas de alguns rios que possuem escadas para peixe. Não é intempestivo lembrar que a presença da escada por si só não garante seu funcionamento enquanto STP, pois várias das escadas elencadas foram construídas segundo outros critérios, não essencialmente biológicos.

Os critérios biológicos seriam: a capacidade de natação no critério velocidade e força para suplantarem barreiras; resiliência ao stress migratório de cada espécie nas fases de alevinos, jovens, adultos machos e fêmeas; volume corpóreo para que fosse feito os orifícios e vertedouros com tamanhos proporcionais aos dos maiores peixes, existência de afluentes ou varzeas remanescentes para procriação e desova. O melhor exemplo são Canoas I e II construídas para atender decisão jurídica que não levou em consideração a inexistência de áreas para desova e berçário à montante apesar da potência alta ela é extremamente eficaz produzindo áreas desérticas de peixes à jusante atualmente. (Martins, 2010 informação pessoal)

Neste caso emblemático, o rio Paranapanema, possuía sustentáveis populações das grandes espécies migratórias tais como dourado, curimatá e piraputanga. (Godoy, 1967).

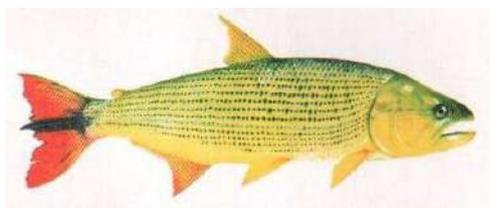


Figura 28: *Salminus brasiliensis* - dourado.



Figura 29: *Prochilodus lineatus* - curimatá.



Figura 30: *Pseudoplatystoma corruscans* – piraputanga.

Essas espécies, aparentemente utilizavam um grande afluente na margem esquerda (Rio Cinzas), situado logo abaixo da barragem de Canoas I. (Agostinho, et al 2007). Com a construção das usinas Canoas I e II, que são contíguas, formaram-se reservatórios que não possuíam passagens de peixes. No trecho com cerca de 70 km, atualmente ocupado por esses dois reservatórios, há estudos que demonstram que todos os peixes marcados e pescados *a posteriori* vieram desses reservatórios, embora houvesse intensa atividade pesqueira a jusante. O monitoramento dessa ictiofauna nos reservatórios e nos afluentes tributários não revelou a ocorrência de larvas ou juvenis das espécies migratórias, enquanto a abundância de peixes nas escadas esteve acentuadamente diminuída durante os quatro anos de observações (Brito & Sirol, 2005). Situações semelhantes a essas podem ocorrer em outras barragens onde se levou em conta apenas o aspecto hidráulico e não a implantação de um sistema eficiente para transporte de peixes de duas vias.

10 Considerações finais

Como foi demonstrado no trabalho não existe o melhor Sistema Transportador de Peixes. Seria mais correto dizer o menos danoso, ou melhor, o menos seletivo. Deve-se adotar medidas mitigatórias ao dano ambiental causado. Por exemplo, para Baumgartner, 2003, o modelo rampa com anteparas verticais Vertical Slot, é a melhor solução, pois possibilita a passagem dos peixes de jusante à montante por ser menos seletiva.

Somente com análise multidisciplinar, é possível construir-se um mecanismo de transposição mais efetivo que os atuais.

A implantação de mecanismos de transposição adaptados às nossas comunidades de peixes deverá constituir um importante passo para a conservação desta importante parcela de nossa biodiversidade. A análise da biodiversidade ictiológica, as assembléias e o posicionamento da entrada e saída dos MTP.

Um desafio adicional para a manutenção da nossa comunidade de peixes é representado pelo fato de que nossas espécies de peixes migram várias vezes durante seu ciclo de vida. Assim, além de promover a passagem de peixes adultos para montante, os mecanismos de transposição também devem proporcionar seu retorno para jusante, juntamente com alevinos e jovens. Além disto, estes mecanismos somente serão bem sucedidos se acompanhados de ações para a manutenção dos remanescentes de berçários e áreas de desenvolvimento como várzeas e planícies de inundação sazonal à jusante e montante da barragem.

É imperativo a construção de uma matriz multivariada que reúna todos os elementos envolvidos na instalação das barragens, que, por conseqüência, afetarão a construção dos mecanismos de transposição, isso posto resultará na melhoria da eficácia na mitigação dos efeitos deletérios ao meio ambiente.

“O empobrecimento dos nossos rios não decorre exclusivamente da interrupção da subida dos peixes, podendo-se acrescentar outras causas tão ou mais importantes como, por exemplo, a poluição das águas, o desmatamento ciliar, a inutilização dos alagadiços marginais, pesca predatória e o aumento do esforço da pesca” (Alzuir, 1994 apud *In Sistemas para a Transposição de Peixes / S. L. Martins, K.Tamada – São Paulo: EPUSP, 2000*).

11 REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, Angelo Antônio et al . Fish ladder of Lajeado Dam: migrations on one-way routes?. **Neotropical Ichthyology**., Porto Alegre, v. 5, n. 2, 2007 .
- AGOSTINHO, C. S, A. A. Agostinho, F. M. Pelicice, D. A. Almeida, E. E. Marques. Selectivity of fish ladders: a bottleneck in Neotropical fish movement. **Neotropical Ichthyology**, 5(2): 205–213. 2007b.
- AGOSTINHO, C. S., C. R. Pereira, R. J. Oliveira, I. S. Freitas & E. E. Marques. Movements through a fish ladder: temporal patterns and motivations to move upstream. **Neotropical Ichthyology**, 5(2): 161–167. 2007c.
- AGOSTINHO, A. A., S. M. Thomaz & L. C. Gomes. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. **Conservation Biology**, 19: 646–652. 2005.
- AGOSTINHO, A. A., L. C. Gomes & J. D. Latini. Fisheries management in Brazilian reservoirs: Lessons from/for South America. **Interciencia**, 29(6): 334–338. 2004.
- AGOSTINHO, A. A., L. C. Gomes, H. I. Suzuki & H. F. Júlio Jr. Migratory fish from the upper Parana river basin, Brazil. Pp. 19–98. In: Carolsfeld J., B. Harvey, C. Ross & A. Baer (Eds). *Migratory fishes of South America: biology, social importance and conservation status*. Victoria, **World Fisheries Trust**, The World Bank and The International Development Research Centre. 2003.
- AGOSTINHO, A. A., L. C. Gomes, D. R. Fernandez & H. I. Suzuki.. Efficiency of fish ladders for Neotropical ichthyofauna. **River Research and Applications**, 18: 299–306. 2002
- BAUMGARTNER, Lee J. Fish passage through a Deelder lock on the Murrumbidgee River, Australia. **NSW Fisheries Final Report Series** No. 57. 2003
- BRASIL, Espírito Santo - **Lei nº 4.489-N, de 13 de julho de 1999**, Regulamenta a Construção de Barragens, Represas e Reservatórios no Estado do Espírito Santo.
- BRASIL, Minas Gerais - **Lei nº 12.488, de 9 de abril de 1997**. Torna Obrigatória a Construção de Escadas para Peixes de Piracema em Barragem Edificada pelo Estado, Brasil.
- BRASIL, São Paulo - **Lei nº 9.798, de 7 de outubro de 1997**. Dispõe sobre a Construção de Escadas para Peixes em Barragens Edificadas em Cursos D'água de Domínio do Estado, Brasil.

BRITTO, S. G. C. & R. N. SIROL. Transposição de peixes como forma de manejo: as escadas do complexo Canoas, médio Paranapanema, bacia do Alto Paraná. Pp. 285–304. In: Nogueira, M. G., R. Henry & A. Jorcin (Eds). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos**, Rima. 2005.

CLAY, C.H. **Design of fishway and other fish facilities (second edition)** 250p., Boca Raton, Florida, USA: CRC Press Publisher. 1995.

ELETRONBRAS Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. MME – Ministério de Minas e Energia. P. 684. E-papers. Rio de Janeiro. Brasil. ISBN: 978-85-7650-137-4. 2007.

ELETRONBRAS Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidroelétricos**. 1999.

FERNANDEZ, Domingo Rodriguez et al . Diel variation in the ascent of fishes up an experimental fish ladder at Itaipu Reservoir: fish size, reproductive stage and taxonomic group influences. **Neotropical Ichthyology**., Porto Alegre, v. 5, n. 2. 2007.

FERNANDEZ, D. R., A. A. Agostinho & L. M. Bini.. Selection of an experimental fish ladder located at the dam of the Itaipu Binacional, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 47(4): 579–586. 2004

GODINHO, H. P., A. L. Godinho, P. S. Formaggio & V. C. Torquato. Fish ladder efficiency in a southeastern Brazilian river. **Ciência e Cultura**, 43: 63–67. 1991.

GODOY, M. P. Dez anos de observação sobre a periodicidade migratória de peixes do rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Biologia**, 27: 1–12. 1967.

GODOY, M. P. **Peixes do Brasil, Subordem Characoidei, Bacia do rio Mogi Guassu. Pirassununga**, Editora Franciscana, 4v. 1975.

JUNGWIRTH, M., S. Schmutz & S. Weiss. **Fish migration and fish bypasses**. Fishing News Books, Oxford. 438p. 1998.

JUNGWIRTH, M. Bypass channels at weirs as appropriate aids for fish migration in rhithral rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, 2: 483–492. 1996.

LARINIER, M. Environmental issues, dams and fish migration. Pp. 45–89. In: Marmulla, G. (Ed.). *Dams, fish and fisheries: opportunities, challenges and conflict resolution*. **FAO Fisheries Technical Paper**. 2001.

LOWE–MCCONNELL, R. **Ecological studies in tropical fish communities**. London, Cambridge University Press, 382p. 1987.

MARTINS, Sidney Lazaro. **Sistemas para a transposição de peixes neotropicais potamódromos**. 2005. 2 v. 466p. Tese (Doutorado) - ESC POLITECNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

OLDANI, N; BAIGÚN, C. & DELFINO, R.. Fishway performances in South American regulated rivers. *In: **Wetlands Engineering & River Restoration Conference***. Denver, Colorado. 1998. March 22–27, 1998, Denver, CO: ASCE American Society of Civil Engineers: 1129–1134.

PARASIEWICZ, P., J. Eberstaller, S. Weiss and S. Schmutz, Conceptual Guidelines for Natural-like Bypass Channels. *In: **Fish migration and fish bypasses*** (eds M. Jungwirth, S. Schmutz and S. Weiss). Fishing News Books, Oxford, UK: Blackwell Science Ltd Publisher.384p. 1998.

PORCHER, J. P., LARINIER, M. Designing Fishways, Supervision of Construction, Costs, Hydraulic Model Studies. *In: BFPP – Bulletin Francais de la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques. **Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture***. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. 364 supplement. 156-165p. 2002.

QUIRÓS, Rolando. Estructuras para Asistir a los Peces No Salmónidos en sus Migraciones: América Latina. Espanhol.. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – **FAO. COPESCAL Documento Técnico 5**. Roma, Itália. 1988.

SITIOS

www.ctpeixes.ufmg.org.br