

APLICAÇÃO DOS DIFERENTES MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE MECANISMOS DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES CONSIDERANDO A CAPACIDADE NATATÓRIA DE ESPÉCIES NEOTROPICAIS

Hersília de Andrade e Santos¹ Paulo dos Santos Pompeu² & Carlos Barreira Martinez³

RESUMO --- No dimensionamento de mecanismos de transposição, além da análise dos parâmetros hidráulicos, como vazão e velocidade, é necessário avaliar se tais parâmetros atendem a demanda da ictiofauna local. Vários métodos tentam, de forma simplificada e prática, relacionar a velocidade máxima do escoamento a um determinado tipo de velocidade desenvolvido pelo peixe. Com base na velocidade de natação de algumas espécies neotropicais, aplicou-se três métodos à realidade brasileira. Foram obtidos valores de velocidade máxima abaixo do adotado em muitos mecanismos de transposição na fase de projeto (normalmente 2 m/s). Suspeita-se então que tais mecanismos possam ser seletivos para os menores peixes aptos para a reprodução.

ABSTRACT --- In fishway design, besides the analysis of hydraulic parameters as velocity and flow, it is necessary to evaluate if the local fishes' demands are attended. Many practiced methods try to correlate in a simplistic way the maximum flow velocity to a kind of fish velocity. Basing on swimming velocity of neotropical species, three different methods were applied to a Brazilian fishway. The obtained maximum velocities of flow were lower than the adopted values in many projected fishway (generally 2 m/s). This results lead to suspect that these fishways can not allow the passages of the small fish which are able to reproduce.

Palavras-chave: mecanismos de transposição de peixes, slot vertical, capacidade natatória.

1) Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Campus II Av. Amazonas, 7675, Belo Horizonte, MG, 30500-000. e-mail: hersilia@des.cefetmg.br.

2) Professor da Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG. e-mail:pompeu@ufla.br.

3) Professor da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG. e-mail:martinez@cce.ufmg.br.

1 - INTRODUÇÃO

Em toda a América Latina, o número de mecanismos de transposição de peixes construídos vem aumentando consideravelmente. Seguindo os padrões de estruturas desenvolvidas e construídas em países da América do Norte e Europa (Quirós, 1989), tais mecanismos começaram recentemente a serem avaliados em termo de eficiência (Pompeu, 2007; Oldani e Baigun, 2002)

Dentre os mecanismos já implantados no Brasil, se destacam as escadas para peixes, especialmente aquelas conhecidas como do tipo *slot vertical* (figura 1). Uma das razões para seu uso é a provável não seletividade desta escada para com as diferentes espécies, que se deslocam por diferentes alturas na coluna d'água.



Figura 1- Escada do tipo slot vertical de AHE Aimorés (Foto: Paulo Pompeu)

Como qualquer canal, as escadas têm seu dimensionamento dependente das variáveis hidráulicas: rugosidade, inclinação e área transversal. No entanto, sendo o objetivo das escadas possibilitarem a passagem dos peixes, a vazão a ser escoada pela mesma é uma consequência da adequação dessas variáveis hidráulicas à capacidade natatória destes últimos.

Desta forma, o dimensionamento de um mecanismo de transposição se caracteriza por ser um processo interativo onde deve-se comparar a velocidade máxima do escoamento com uma determinada velocidade do peixe.

A velocidade dos peixes podem ser dividida em três tipos: sustentável, prolongada e de explosão. O uso destas velocidades está relacionado à determinadas necessidades do peixe como alimentação, fuga de predadores e perseguição de presas.

Procurando estabelecer procedimentos para o dimensionamento de mecanismos de transposição, alguns engenheiros e biólogos estabeleceram relações entre um determinado tipo de

velocidade, desenvolvido pelo peixe, e o escoamento dentro dos dispositivos de passagem. Apesar de bastante simplificados, tais métodos continuam sendo utilizados para dimensionamentos, principalmente na América do Norte e Europa.

Assim, de posse das velocidades natatórias de algumas espécies neotropicais, ou seja, aquelas que são encontradas nas Américas do Sul, Central e sul do México, foram aplicados os métodos de dimensionamento utilizados internacionalmente. Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados desta aplicação.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Dimensionamento das escadas do tipo slot vertical

Como qualquer canal, as escadas do tipo slot vertical têm seu dimensionamento dependente das variáveis hidráulicas rugosidade, inclinação e área transversal. No entanto, sendo o objetivo das escadas possibilitar a passagem dos peixes, a vazão a ser escoada pela mesma é uma consequência da adequação dessas variáveis hidráulicas às necessidades destes últimos.

O processo de dimensionamento de uma escada do tipo slot vertical inicia-se com a definição de três variáveis hidráulicas: abertura da ranhura (b_o), altura da lâmina d'água (y_o) e inclinação da escada (S_o), sendo os dois primeiros relacionados às características da ictiofauna e o último relacionado às características do obstáculo a ser transposto (figura 2).

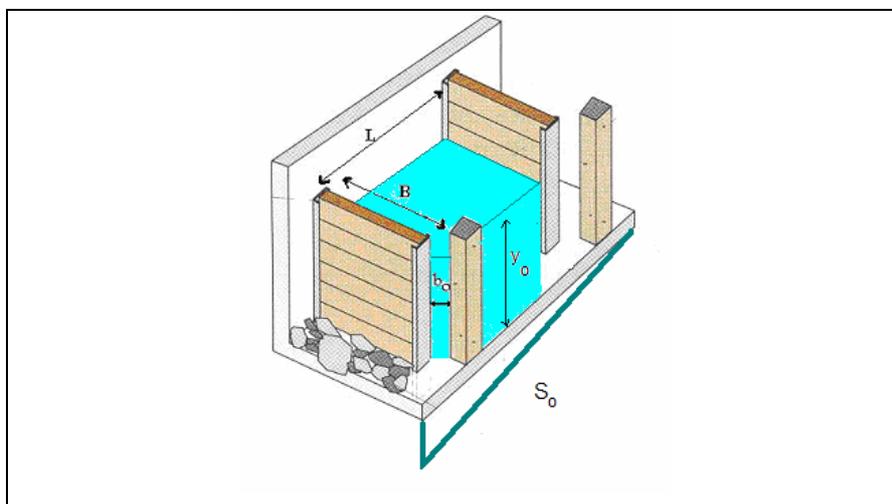


Figura 2- Variáveis hidráulicas das escadas do tipo slot vertical

A abertura b_o é local onde ocorre a passagem do escoamento dentro da escada e seu valor é determinado pela largura máxima da maior espécie de peixe que utilizará o dispositivo.

As dimensões das piscinas (L e B) influenciam diretamente a dissipação de energia do escoamento. Assim, alguns autores aconselham determinados valores, que muitas vezes são expressos em função de b_o , de forma a obter um comportamento mais eficiente da escada.

Já a inclinação das escadas S_o (figura 2) é determinada pelo arranjo do impedimento a ser transposto. No entanto, devido à influência desse parâmetro na velocidade do escoamento, que por sua vez deve ser compatível com a do peixe, é aconselhado que a inclinação não seja muito alta. Na Tabela 1 são mostrados os valores indicados por diversos autores.

Tabela 1 -Valores de inclinação indicados

Inclinação (%)	Autor
10	Katopodis (1992)
10-15	Larinier (2002)

Por fim, a última variável hidráulica a ser definida é a profundidade mínima y_o . Dependendo do comportamento natatório na coluna d'água, ou seja, se o peixe nada no meio da coluna ou no fundo, determina-se a profundidade necessária dentro da escada. Na literatura é possível encontrar uma convenção de profundidades mínimas para peixes de clima temperado (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de profundidade mínima (m) para espécies de clima temperado (Gebler, 1991 e Larinier, 1992)

Grayling, bream, chub, outros		Esturjão
Truta marrom	Salmão, huchen e trutas	
0,50	0,75	1,30

De posse destas três variáveis é possível calcular a vazão que irá passar pela escada.

A etapa seguinte do dimensionamento consiste em analisar o atendimento da escada à dois critérios: o da velocidade máxima e o da dissipação máxima. Ambos os critérios são determinados pelas características da ictiofauna local.

A velocidade máxima da escada não pode ultrapassar a velocidade do peixe que irá utilizar o mecanismo. Para isso, é feita uma verificação, a cada slot, do atendimento a esse critério, através do cálculo do desnível físico Δh (equação 1).

$$\Delta h = \frac{V_{\max}^2}{2g} \quad (1)$$

Quanto à adequação da dissipação de energia (equação 2) deve-se comparar com os valores de turbulência suportados pelos peixes. Com a falta desses valores para espécies neotropicais, vêm sendo praxe no Brasil adotar o limite de $0,191 \text{KW/m}^3$ (Bell, 1973), proposto para espécies de clima temperado.

$$\kappa = \frac{Q\gamma\Delta h}{BLy_o} \quad (2)$$

2.2 - Uso de parâmetros natatórios em critérios de dimensionamento de escadas de peixes

O dimensionamento de uma escada para peixes consiste na adequação hidráulica de um canal às características biológicas da ictiofauna local. Entre estas características está a chamada capacidade natatória dos peixes, cujo valor determina parâmetros principalmente em escadas, visto que nestas a transposição do desnível é realizada ativamente pelo peixe através da natação.

No entanto, a capacidade natatória de um peixe pode ser classificada de forma variada de acordo com a velocidade apresentada pelo mesmo. Dessa forma, durante o processo de dimensionamento de uma escada, qual velocidade de natação adotar? Dentro do perfil de velocidades das escadas, qual delas utilizar como fator limitante mediante a sua igualdade com a velocidade do peixe? Vários pesquisadores, desde biólogos a engenheiros, propuseram metodologias de forma a adequar escadas e bueiros (culverts) às necessidades da ictiofauna, com base nos diferentes tipos de velocidade natatória.

2.2.1 Método de *Jone et al., 1978 (uso da velocidade crítica)*

A chamada velocidade prolongada crítica foi utilizada como critério para determinação da velocidade da água em escadas e bueiros (culverts), por Jones, Kiceniuk e Bamford (1974) e posteriormente analisada por Peake (2004). O procedimento iniciava-se com determinação da velocidade crítica para um dado comprimento do peixe. Supondo que seu valor era de 50 cm/s, e o mesmo foi obtido em testes cujo incremento de tempo era igual a 10 minutos, caso a escada a ser construída tivesse 50 metros de comprimento, o peixe deveria percorrê-la num tempo de 10 minutos (igual ao incremento de tempo). Assim, a velocidade total (em relação a um referencial parado) que o peixe deveria desenvolver seria de 8,3 cm/s (50 metros / 10 minutos). Subtraindo da velocidade crítica o valor encontrado (50 cm/s – 8,3 cm/s), chegaria-se a velocidade máxima do canal (41,7 cm/s).

O intervalo de tempo escolhido para determinação da velocidade crítica deve ser próximo ao tempo real que um peixe levaria para percorrer a escada ou o culvert a ser dimensionado.

A determinação da velocidade máxima do escoamento com base na velocidade crítica do peixe ainda é utilizada no dimensionamento de muitos MTP. Entretanto, a suspeita da subestimação da capacidade natatória medida em túneis hidrodinâmicos levou pesquisadores como Peake (2004) a reavaliar tal procedimento.

2.2.2 Método de *Katopodis, 1992 (uso da velocidade prolongada)*

Para projetos de grandes MTP são necessários critérios menos conservativos, uma vez que o custo construtivo dos mesmos aumenta com o tamanho e com a subestimação da velocidade do

peixe. Além disso, é necessário avaliar as condições comportamentais e fisiológicas para a determinação da máxima velocidade do escoamento dentro do MTP.

O método proposto por Katopodis (1992) considera, além das velocidades de nado, os tempos de fadigas obtidos em laboratórios para as mesmas. Assim, este método utiliza-se a velocidade prolongada cujo procedimento consiste em forçar o peixe a nadar em um escoamento de velocidade fixa. Durante esta natação, é marcado o tempo de permanência (indicado pela sua fadiga) neste escoamento.

Primeiro se realiza a adimensionalização dos parâmetros velocidade de nado (velocidade fixa), U , e tempo de fadiga, t , cujos símbolos se tornam F_f e t^* respectivamente. Ambos os parâmetros devem se relacionar pela equação 3:

$$F_f = kt_*^{-\eta} \quad (3)$$

onde k e η são constantes. Construindo-se um gráfico com a equação acima chega-se à Figura 3.

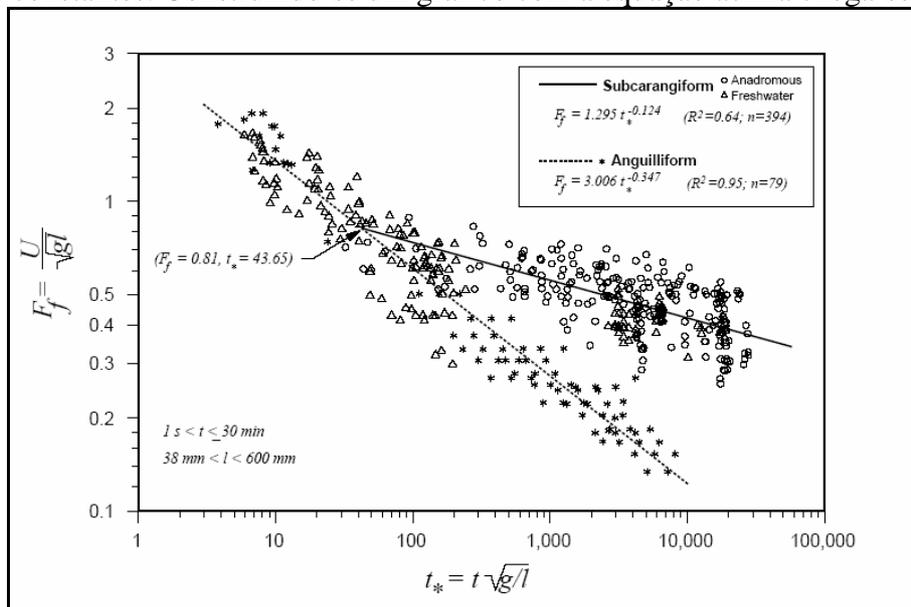


Figura 3 - Gráfico de F_f x t^* para o grupo dos nadadores subcarangiformes (prolongada e explosão) e anguiliformes (prolongada).

Assim, como o objetivo é encontrar, a partir das velocidades dos peixes, a velocidade do escoamento, a próxima etapa da metodologia é transformar a equação 3 na relação entre a velocidade do fluxo e a distância percorrida pelo peixe. Essa última por sua vez pode ser equacionada da seguinte forma:

$$X = (U - V)t \quad (4)$$

onde X é a distância percorrida pelo peixe com velocidade total média U em um escoamento de velocidade V e em um tempo t .

Substituindo a equação 4 na equação 3 e maximizando X , chega-se a igualdade abaixo:

$$\varepsilon = CF^{-\lambda} \quad (5)$$

onde $\varepsilon = \frac{X_{\max}}{l}$; $F = \frac{V}{\sqrt{gl}}$; $\lambda = \frac{(1-\eta)}{\eta}$; $C = \eta(1-\eta)^\lambda K^{1/\eta}$.

Assim, fazendo o gráfico da equação 5 para os mesmos peixes mostrados na figura 3, obtém-se a figura 4.

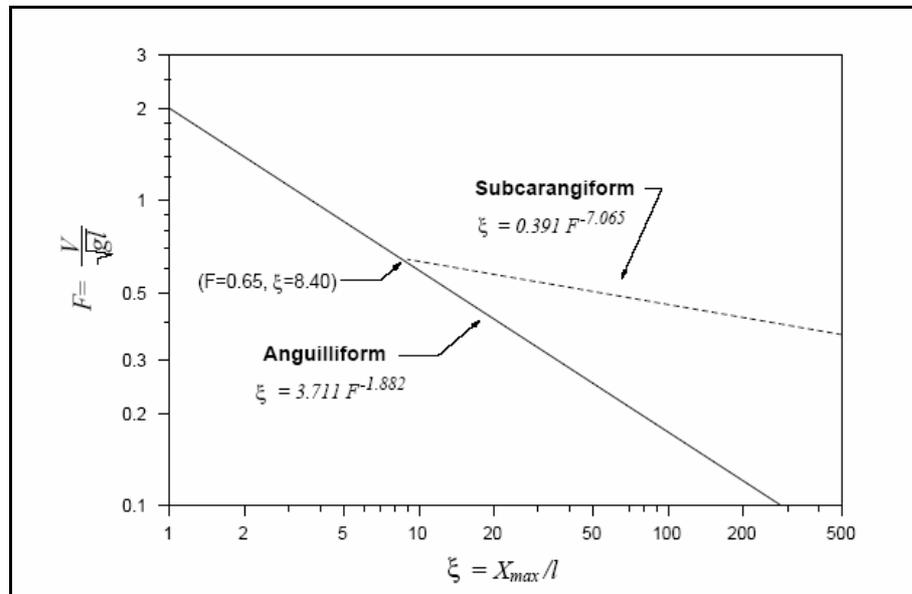


Figura 4 – Gráfico de $F \times \varepsilon$ para o grupo dos nadadores subcarangiformes (prolongada e explosão) e anguilliformes (prolongada).

Assumindo valores para o comprimento dos peixes, obtém-se finalmente a relação entre a velocidade da água e a distância a ser percorrida pela espécie no MTP (figura 5).

Portanto, a partir do comprimento da escada e do peixe, chega-se à velocidade do escoamento. No entanto, é importante salientar que neste tipo de análise o peixe deve manter a velocidade constante ao longo do percurso. Assim, o uso da velocidade de explosão só ocorre em escadas muito curtas e quanto maior seu comprimento, menor deverá ser a velocidade de seu fluxo. No entanto, é praticamente impossível garantir que o peixe usará somente uma velocidade de nado durante seu percurso.

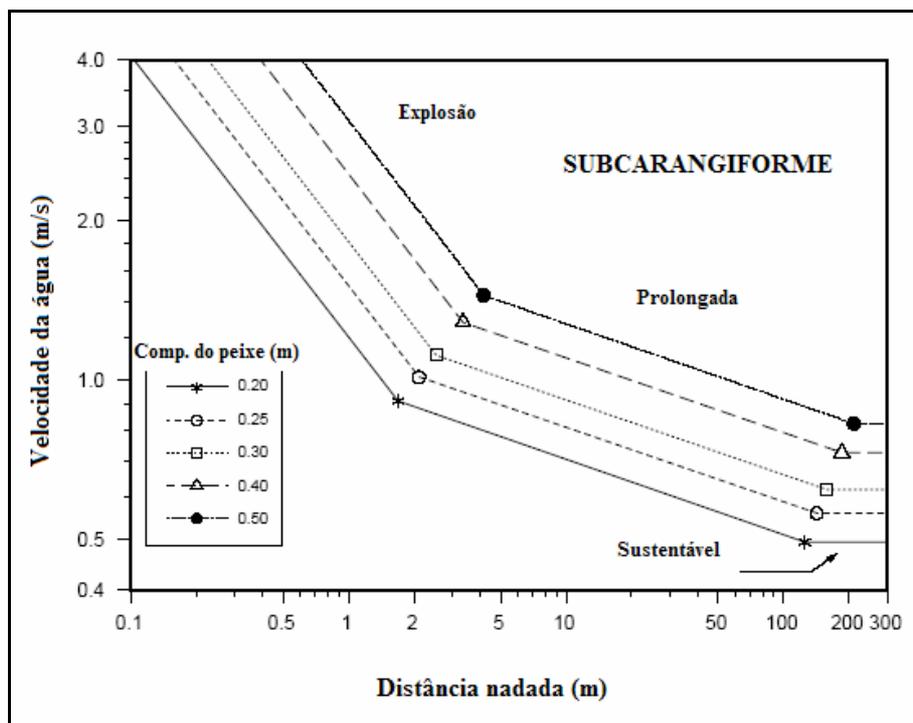


Figura 5 – Gráfico da velocidade do escoamento x distância para o grupo dos nadadores subcarangiformes.

2.2.3 Método de Blake, 1983 (uso da velocidade de explosão))

Este critério supõe o uso da velocidade de explosão caso o peixe precise vencer a velocidade máxima do escoamento. Portanto, essa última nunca poderia ultrapassar a máxima velocidade de explosão (Blake, 1983).

A dificuldade deste último critério está na escolha da velocidade de explosão máxima. Mundialmente, adotam-se as velocidades sugeridas por Gebler em 1991:

- 2 m/s para salmonídeos (trutas e salmões);
- 1,5 m/s para ciprinídeos (carpas);
- 1,0 m/s para peixes pequenos e jovens.

No entanto, estes valores são bastante genéricos e não abrangem a grande parte das espécies neotropicais.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Para obter os valores de velocidade máxima do escoamento, a partir dos métodos descritos acima, foram utilizadas as velocidades de três espécies neotropicais: *Pimelodus maculatus* (mandi-amarelo), *Prochilodus costatus* (curimatá ou curimba) e *Leporinus reinhardti* (piauí-três-pintas).

Estas espécies se destacam por serem de gêneros bem distribuídos pelos rios sul-americanos, ou seja, gêneros que possuem pelo menos uma espécie em praticamente todas as bacias Sul-Americanas.

A velocidade de natação desenvolvida por um peixe é proporcional ao comprimento do mesmo. Desta forma, como a migração para montante está relacionada com a capacidade de o indivíduo reproduzir, optou-se por utilizar o chamado comprimento de primeira maturação.

O comprimento total de primeira maturação adotado para o mandi foi 19 cm (Sato e Cardoso, 1988), para a curimba 29 cm (Sato e Godinho, 1988) e para o piau 16 cm (Rizzo *et al*, 1996).

A partir da curvas de velocidades crítica e de explosão (Santos *et. al.*, no prelo; Santos, 2007) calculou-se a velocidade para cada um destes comprimentos (Tabela 3). Ressalta-se que não foram obtidos dados de velocidade de explosão para o mandi.

Tabela 3- Valores de velocidade medidas para o comprimento

	Comprimento (cm)	Velocidade Crítica (m/s)	Velocidade Explosão (m/s)
Mandi	19	1,29	
Piau	16	1,32	1,58
Curimba	29	1,23	1,78

A velocidade crítica foi obtida a partir de um incremento de tempo de 5 minutos e incremento de velocidade de 5 cm/s. Estas informações foram utilizadas no método do Jones *et al.* (1974).

O segundo método, que tem a velocidade prolongada como base, utilizou se dos dados apresentados na figura 6 (Santos, 2007).

Com objetivo de verificar a aplicação dos diferentes métodos no dimensionamento de escadas do tipo slot vertical, utilizou-se neste estudo as características construtivas da escada da UHE Igarapava (Minas Gerais). Este mecanismo está localizado no Rio Grande e apresenta aproximadamente 300 metros de comprimento (Junho, 2004).

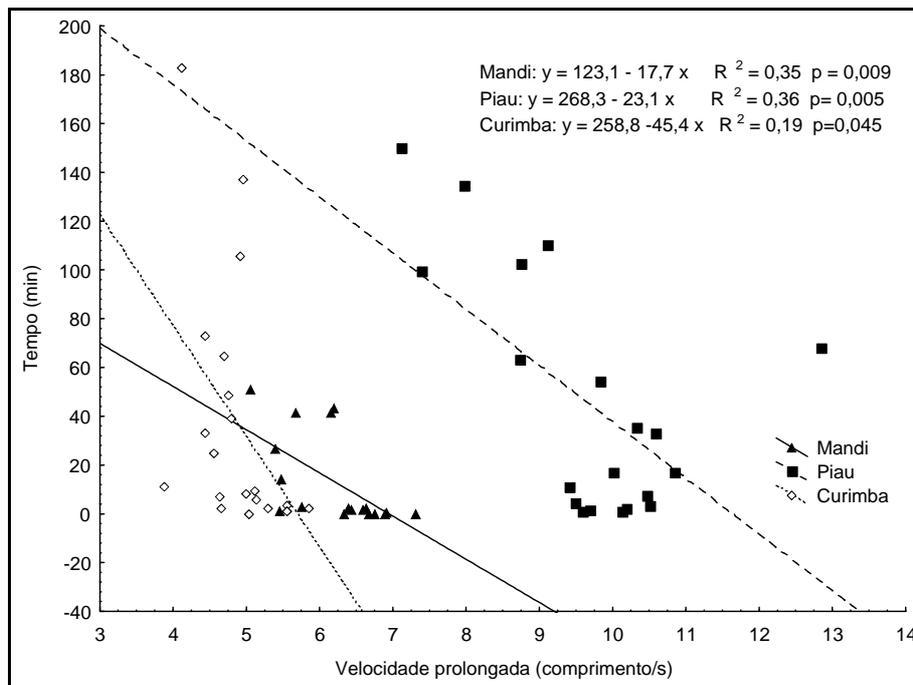


Figura 6 – Velocidade prolongada para as três espécies

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Método de Jones et al., 1974 (uso da velocidade crítica)

Segundo este critério um peixe utilizando se de uma escada como a de Igarapava, de 300 metros de comprimento, deveria desenvolver uma velocidade total de 1m/s (300 metros/5 minutos).

A partir das curvas de velocidade crítica chegou-se que, neste modo de natação, um piau com o tamanho de primeira maturação (16 cm) nada 1,32 m/s, enquanto o mandi (23 cm) nada 1,47 m/s e a curimba (29 cm) 1,23 m/s.

Portanto a velocidade máxima do escoamento para o piau deve ser de 0,32 m/s, para o mandi de 0,47 m/s e para a curimba de 0,23 m/s.

4.2 Método de Katopodis, 1992 (uso da velocidade prolongada)

A partir dos dados de velocidade prolongada (figura 6) foram calculados os valores de velocidade e tempo de fadiga adimensionalizados, e obtidos os gráficos apresentados nas figura 7 , 8 e 9.

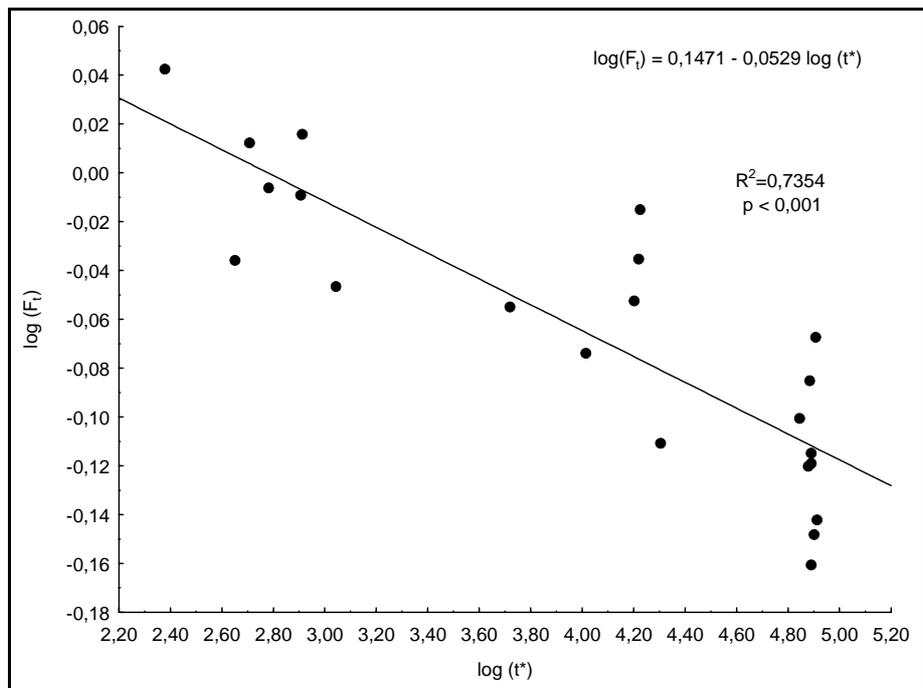


Figura 7 – Ajuste para os valores adimensionalizados de velocidade (F_v) e tempo de fadiga (t*) para o mandi

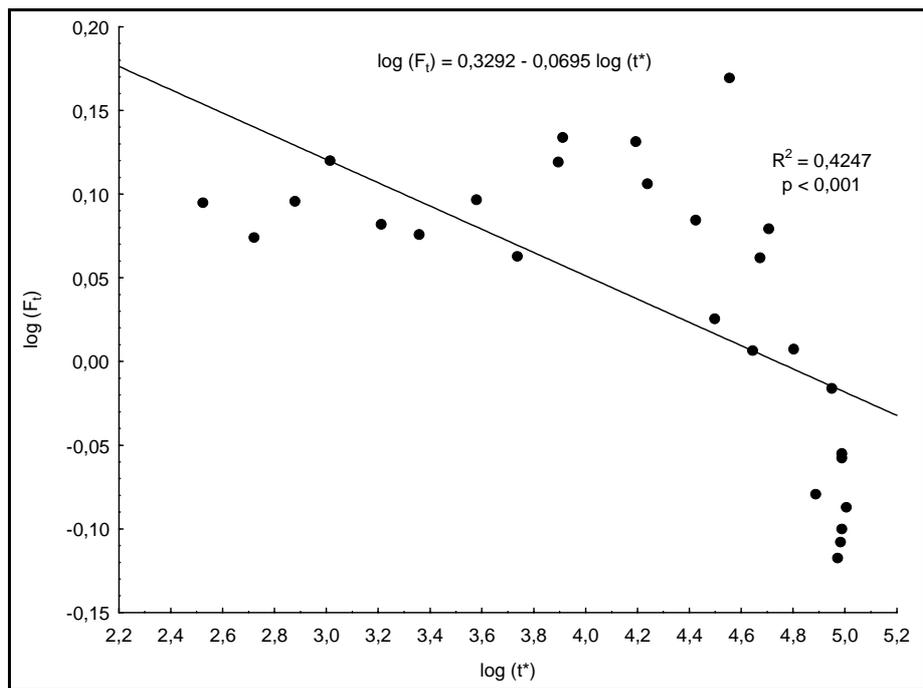


Figura 8 – Ajuste para os valores adimensionalizados de velocidade (F_v) e tempo de fadiga (t*) para o piau

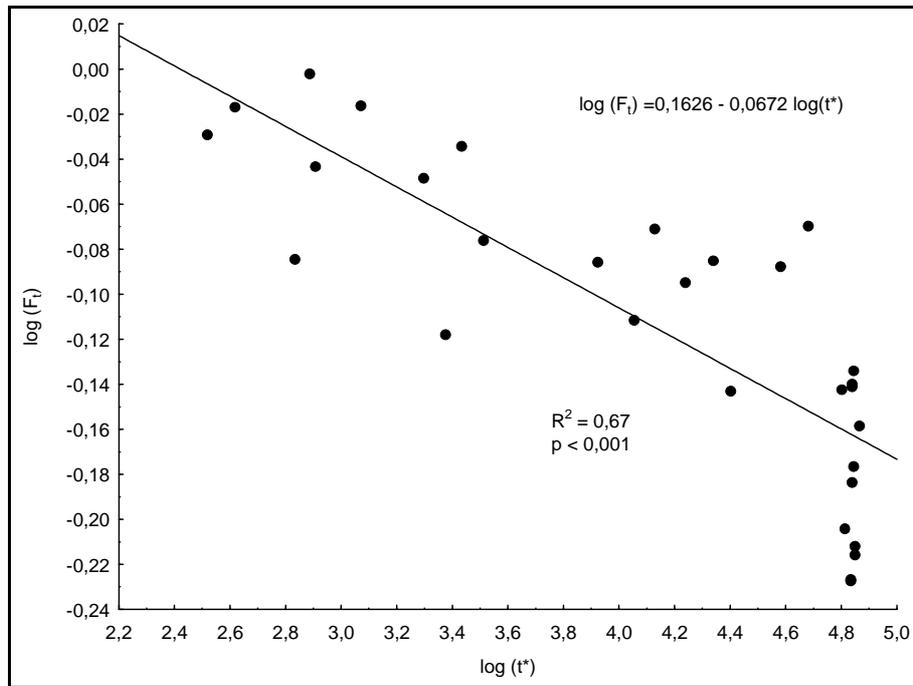


Figura 9 – Ajuste para os valores adimensionalizados de velocidade (F_t) e tempo de fadiga (t^*) para a curimba

A partir da curvas ajustadas nos gráficos acima, foram obtidas as equações 6, 7 e 8 para o mandi, o piau e a curimba, respectivamente.

$$F_t = 1,40t^{*-0,0529} \quad (6)$$

$$F_t = 2,13t^{*-0,0695} \quad (7)$$

$$F_t = 1,45t^{*-0,0672} \quad (8)$$

Portanto, chegou-se a equação 9 para o mandi, 10 para o piau e 11 para a curimba para velocidade da água (ε) e distância nadada (F):

$$\varepsilon = 12,08F^{-17,90} \quad (9)$$

$$\varepsilon = 1444,50F^{-13,39} \quad (10)$$

$$\varepsilon = 6,47F^{-13,88} \quad (11)$$

Para uma escada com o comprimento de 300 metros foi obtida, então, uma velocidade máxima da água de 1,16 m/s para o mandi, 1,22 m/s para o piau e 1,17 m/s para a curimba.

4.3 Método de Blake, 1983 (uso da velocidade de explosão)

Pelo método de Blake a velocidade máxima do escoamento não poderia ser superior a velocidade de explosão das espécies. Portanto, para o piauí a velocidade máxima deveria ser 1,58 m/s e para a curimba 1,23 m/s.

Tabela 4 - Valores de velocidade máxima do escoamento

Espécies	Método de Jones et al., 1974 (uso da velocidade crítica)	Método de Katopodis, 1992 (uso da velocidade prolongada)	Método de Blake, 1983 (uso da velocidade de explosão)
<i>Pimelodus maculatus</i> (mandi-amarelo)	0,47 m/s	1,16 m/s	
<i>Prochilodus costatus</i> (curimatá ou curimba)	0,23 m/s	1,17 m/s	1,23 m/s
<i>Leporinus reinhardti</i> (piauí-três-pintas)	0,32 m/s	1,22 m/s	1,58 m/s

Os valores fornecidos pelos diferentes métodos foram inferiores à velocidade máxima de projeto de Igarapara, 2 m/s, e à velocidade máxima medida no protótipo, próximo a 3m/s (Viana, 2005).

5 – CONCLUSÕES

Os métodos para dimensionamento de mecanismos de transposição são diversificados e estão diretamente relacionados ao porte da estrutura. O método mais simples, de Jones et. al. (1974), supõe que a velocidade do peixe, no processo de passagem, é uma relação entre o comprimento do mecanismo e o tempo que o mesmo irá gastar no percurso. Em comprimentos muito grandes, a velocidade máxima do escoamento obtida por este método é muito pequena, como nas condições de Igarapava. Soma-se a isto, as recentes pesquisas que contestam tanto os procedimentos experimentais de obtenção da velocidade crítica como a aplicação da mesma em critérios de dimensionamento (Peake, 2004).

Entretanto, devido sua simplicidade, o método de Jones *et al.* (1978) pode ser utilizado em mecanismos menores como os bueiros (*culverts*), que no mundo todo vêm sendo adaptados para a passagem de peixes (Dupont, 2007).

Em mecanismos de transposição maiores, como escadas longas, e entradas de dispositivos mais complexos, como de elevadores e eclusas para peixes, é mais comum o uso dos métodos de Katopodis (1992) e Blake (1983). No caso das espécies neotropicais, ambos os métodos forneceram valores mais razoáveis, considerando que tais velocidades máximas permitiriam a passagem do menor indivíduo de cada espécie pronto para reprodução.

Apesar de muito simplificados, os métodos descritos e utilizados acima podem ser considerados critérios satisfatórios caso utilizem as velocidades das espécies de peixes locais. Entretanto, é necessário verificar em campo qual o tamanho dos exemplares que realmente conseguem ter sucesso na passagem pela escada de Igarapava, projetada para ter uma velocidade máxima de 2 m/s. A avaliação da passagem efetiva de peixes nesta escada poderá indicar uma falha dos métodos avaliados, que previram velocidades inferiores a 2 m/s para que esta passagem tivesse sucesso para as espécies estudadas.

Devido principalmente aos custos financeiros, uma maior atenção tem sido dada ao projeto de mecanismos de transposição bem como a sua avaliação de eficiência. Desta forma, ferramentas, como a simulação numérica (Feurich *et al.*, 2007 e Kopeinig *et al.*, 2007), começaram a serem utilizadas na fase de projeto destes mecanismos. Entre outras vantagens da simulação está o conhecimento prévio de todo campo de velocidades dentro de um dispositivo, podendo assim, obter os possíveis locais de passagens dos peixes.

A verificação e adequação dos métodos Jones *et al.* (1978), Katopodis (1992) e de Blake (1983) deve ser buscada junto com uso destas novas ferramentas, uma vez que, pela praticidade, permite uma popularização de métodos construtivos eficientes.

AGRADECIMENTOS

Para realização desta pesquisa foi necessário o apoio do CPH (Centro de Pesquisas Hidráulicas da UFMG) e ao auxílio financeiro da CEMIG através dos programas de P&D. Dessa forma, os autores agradecem a confiança recebida por essas duas instituições.

BIBLIOGRAFIA

- BELL, W. H. ; TERHUNE, L. D. B (1970). “*Water tunnel design for fisheries research*”, Fisheries research board of Canadá, Vol 195, pp. 1- 69
- BLAKE, R.W. (1983) *Fish Locomotion*. Cambridge, University Press, 208 p.
- DUPONT, E. (2007) “*A curvert new design allows long fish road crossings*”, Sixth International Symposium on Ecohydraulics, Christchurch, Nova Zelândia

- FEURICH, R. ; BOUBÉE, J.; RUTSCHMANN, P. (2007) “*Optimising flow patterns in culverts of varying size to facilitate the upstream passage of small fish*”, Sixth International Symposium on Ecohydraulics, Christchurch, Nova Zelândia
- GEBLER, R. J. (1991) *Naturgemässe Bauweisen von Sohlenbauwerken und Fischaufstiegen zur Vernetzung der Fliessgewässer* Tese de Doutorado apresentada à Universität Karlsruhe, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor, Karlsruhe, Alemanha, 1991.
- JONES, D. R.; KICENIUK, J. W. ; BAMFORD, O. S. (1974) “*Evaluation of the swimming performance of several fish species from the Mackenzie River*”, Journal of the Fisheries Research Board of Canada, Vol. 31 (10), pp. 1641-1647
- JUNHO, R. A. C. (2004). “*Recent fish passes at three hydroelectric dams in southeastern Brazil*”, Fifth International Symposium on Ecohydraulics, Madri, Espanha.
- KATOPODIS, C. (1992). *Introduction to Fishway Design*. Winnipeg: Freshwater Institute, 67p.
- KOPEINIG, T.; BOUBÉE, J. ; RUTSCHMANN, P. (2007) “*Numerical study of flow through a culvert – investigation on various modifications using a 3D turbulent Navier-Stokes code*”, Sixth International Symposium on Ecohydraulics, Christchurch, Nova Zelândia
- LARINIER, M. (1992). “*Passes à bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles*”, Bulletin Fr. Pêche Piscic., Vol 326 e 327, pp 45-72.
- LARINIER, M. (2002) Fishways- General considerations. In: LARINIER M.; TRAVADE F.; PORCHER J. P., *Bulletin Fr. Pêche Piscic.*, Vol. 364, pp 21-27.
- OLDANI, N. C.; BAIGÚN. (2002). “*Performance of a fishway system in a major South American dam on the Parana River Yacyretá (Argentina- Paraguay)*”. River Research and Applications, Vol. 18, pp 171-183
- PEAKE, S. (2004). “*An evaluation of the use of critical swimming speed for determination of culvert water velocity criteria for smallmouth bass*”, Transaction american fisheries society, Vol. 133. pp 1472-1479
- POMPEU, P. S. (2005) *Estudo da regra operativa e avaliação de um mecanismo de transposição de peixes do tipo elevador com caminhão tanque*. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, 2005.
- QUIRÓS, R. (1989) *Sstructures assisting the migrations of non-salmonid fish: Latin America*. Copescap Technical Paper n. 5, Roma, FAO, 41p.
- RIZZO, E.; SATO Y.; FERREIRA, R. M. A.; CHIARINI-GARCIA, H.; BAZZOLI, N. (1996) “*Reproduction of Leporinus reinhardti (Pisces: Anostomidae) from the Três Marias Reservoir, São Francisco River, Minas Gerais, Brazil.*” *Ciência e Cultura*, Vol 48 (3), pp 189-192

- SANTOS, H. S. (2007) *A influência da capacidade natatória de peixes neotropicais no projeto de mecanismos de transposição*. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, 2007.
- SANTOS, H. S.; POMPEU, P. S.; MARTINEZ, C. B (no prelo) Swimming performance of the freshwater neotropical fish: *Pimelodus maculatus*. *Brazilian Journal of Biology*, Vol 68(3).
- SATO, Y., CARDOSO, E. L. (1988) *Reprodução induzida do mandi-amarelo (Pimelodus maculatus)*” Encontro anual de aqüicultura de Minas Gerais, Brasília, Brasil.
- SATO, Y.; GODINHO, H. P. (1988). *A questão do tamanho de primeira maturação dos peixes de Três Marias, MG*. Encontro anual de aqüicultura de Minas Gerais, Brasília, Brasil.
- VIANA, E. M. F. (2005) *Mapeamento do campo de velocidade em mecanismos de transposição de peixes do tipo ranhura vertical em diferentes escalas*. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, 2005.