

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA RUGOSIDADE DO CONCRETO NO
COMPORTAMENTO DA ESPÉCIE DE PEIXES PIMELODUS
MACULATUS: APLICAÇÃO NA ESCADA PARA PEIXES DO TIPO
RANHURA VERTICAL.**

Isabella Cristina Resende Ramos¹, Isadora Carvalho da Silva¹, Guilherme Gonçalves Soares¹, Luiz Gustavo Soyer Freire¹, Nathália Couto Machado¹, Pedro Henrique Viana de Araujo Lopes¹ & Hersília de Andrade e Santos¹

Resumo- O Brasil conta com um dos maiores parques hidrelétricos todo mundo. A construção de uma barragem prejudica o ciclo reprodutivo de diversas espécies de peixes. Um dos principais impactos é o impedimento à migração para montante. Para minimizar esse problema, a solução mais comum é a construção de escadas: seqüências de tanques que formam um escoamento artificial capaz de propiciar a subida dos cardumes. Estas muitas vezes são produzidas em concreto liso. Recentemente, avaliações de escada para peixes tem mostrado uma grande seletividade das mesmas para com algumas espécies. Suspeita-se que a criação de um ambiente muito distinto do habitat natural possa provocar alterações no processo de migração. Ao mesmo tempo, o uso de mecanismos chamados semi-naturais vem aumentando em todo mundo. Desta forma, este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos do aumento da rugosidade do concreto, provocada pela adição de seixos e argilas expandidas, no escoamento hidráulico de uma escada. Posteriormente foi analisado o comportamento da espécie *Pimelodus maculatus* no escoamento gerado. Observou-se que os peixes testados optaram por posicionar em áreas de baixa turbulência. Estas áreas foram encontradas apenas nas regiões laterais das piscinas e não foram observadas no jato principal, que ocorre entre ranhuras.

Abstract- The Brazilian installed capacity of hydraulic generation is one of the biggest in the world. The dam construction cause damages in life cycle of many fish species, specially, in the upstream migration. A solution for minimizing this impact is fishladder building, which is a sequence of pools that produces artificial flow. It allow the upstream passage of the fish school. The fishladders are mostly made of smooth concrete. These fishladder evaluation has showed a big selectivity for some species. It was believed the reproduction of distinct environment from natural habitat could influence the fish migration. On the other hand, the use of semi-natural channel has increased in other countries. Then, the aim of this paper was to analyze the effects of changes in the concrete roughness. It was produced by addition of boulders in the surface of one fishladder. Hydraulic parameters were measured and the behavior of *Pimelodus maculatus* inside the fishladder flow was studied. It was observed the tested fish preferred areas of low turbulence. Those areas are found in lateral regions of pools and they are not observed in the main jet, which occurred between slots.

Palavras-chaves: escada para peixes, *Pimelodus maculatus*, turbulência

¹ Departamento de Engenharia Civil. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Av. Amazonas7675, CEP. 30510-000, Belo Horizonte, MG.

INTRODUÇÃO

O Brasil conta com um dos maiores parques hidrelétrico de todo o mundo. Além de tratar-se de uma fonte abundante, essa alternativa constitui hoje uma área de pleno domínio pela tecnologia nacional.

Essa característica da matriz energética brasileira apresenta, porém, um conjunto de condicionantes para o setor elétrico brasileiro. No contexto desse trabalho, destacam-se as implicações de ordem ambiental, associadas aos impactos das usinas hidrelétricas. Interrupções provocadas pelas barragens causam enormes danos à biota local, afetando diretamente as espécies migradoras, que necessitam deslocar ao longo do rio em alguma fase de seu ciclo de vida (Sale, 1985). Para solucionar esse problema ambiental foram desenvolvidas estruturas que permitem ao peixe a transposição desses obstáculos. Conhecidos como mecanismos de transposição de peixes (MTP) tais estruturas passaram a ser amplamente utilizadas em todo o mundo (Clay, 1995).

As diferentes condições encontradas nos barramentos, relativas aos desníveis e à disponibilidade de espaço para construção desses mecanismos, levaram ao desenvolvimento de vários tipos de MTP. Esses diversos dispositivos são classificados em escadas, canais para transposição, eclusas ou elevadores de peixes (Larinier, 2002).

Uma das escadas que vem sendo empregadas no Brasil é a do tipo ranhura vertical que consiste em canais nos quais os diferentes tipos de anteparos, defletores, criam tanques (Santos *et al.*, 2009). Esses defletores têm como objetivo dissipar a energia do escoamento, de modo a permitir o deslocamento dos peixes, nadando ou saltando de um tanque para outro. Assim, formam jatos de alta velocidade que ao entrarem no volume de água da piscina seguinte têm parte de sua turbulência absorvida e parte de sua energia dissipada (Clay, 1995).

As escadas na maioria das vezes são construídas em concreto liso representando um ambiente completamente diferente dos ambientes encontrados nos leito dos rios. Nesse projeto recriou-se ambientes semi-naturais através de peças de concreto estrutural leve. Foram produzidos diferentes aspectos de rugosidade através inserção de agregados. Dessa forma, o presente trabalho verificou as alterações provocadas no escoamento hidráulico, em função da adoção medida acima descrita. Posteriormente foi analisada a influência deste escoamento no comportamento de uma espécie de peixe neotropical, *Pimelodus maculatus*.

Pretende-se com o resultado desta pesquisa, propor medidas construtivas que aumentem a eficiência de mecanismos do tipo escada para peixes.

Escada para peixe

A implantação de barragens nos rios é considerada uma das principais causas da diminuição dos peixes em diversas partes do mundo se deve (Bernacsek, 1984).

Os peixes mais prejudicados por essas barragens são os peixes migradores, conhecidos no Brasil, por peixes de piracema. A migração é a deslocação do peixe da área de alimentação para a de desova e seu subsequente retorno. O barramento constitui-se um obstáculo para os peixes de piracema pois impede o seu deslocamento entre as áreas de alimentação e desova.

Segundo Clay (1995), os dispositivos de transposição para montante podem ser agrupados em: elevadores, eclusas e escadas. De todas essas estruturas talvez uma das mais populares seja a escada para peixes. Uma das escadas que vem sendo empregadas no Brasil é a do tipo ranhura vertical e consiste em canais nos quais os diferentes tipos de anteparos criam tanques, aonde é possível o peixe descansar (Santos, 2007).

A escada do tipo ranhura vertical é constituída de uma série de tanques em desníveis, que são separados por defletores, localizados junto a uma das paredes do canal ou mesmo duas, que possuem uma abertura ou ranhura ao longo de toda a vertical. E em tese os peixes podem fazer a travessia dos defletores, na profundidade de sua preferência (Junho, 2009). A vantagem do modelo ranhura vertical (FIG. 1) está na sua capacidade de manipular grandes variações dos níveis d' água (Katopodis, 1992).

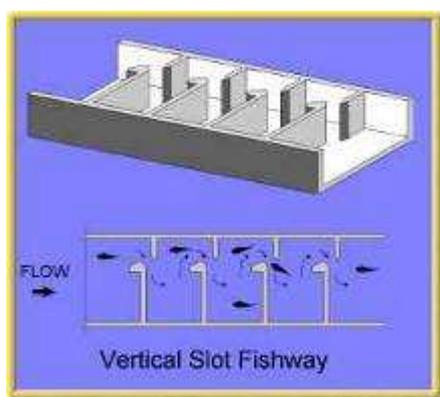


Figura 1- Esquema da escada ranhura vertical.

FONTE: NSW Department of Land and Water Conservation, 2009

O processo de dimensionamento de uma escada (Figura 1) do tipo ranhura 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).

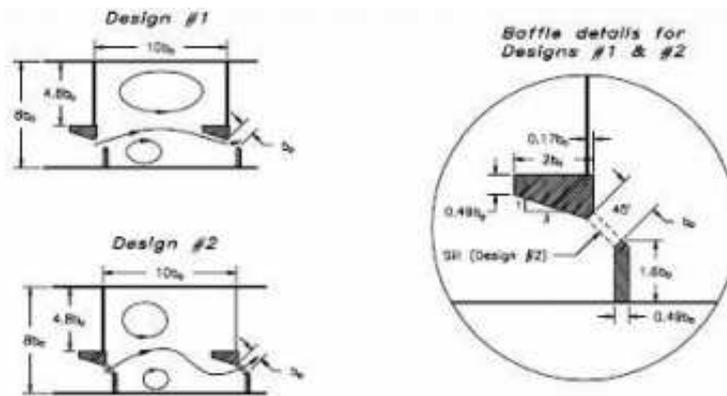


Figura 2- Esquema de dimensionamento da escada ranhura vertical.

FONTE: KATOPODIS, 1992

METODOLOGIA

Construção dos Anteparos

As peças construídas foram montadas em fôrmas finas para que os agregados graúdos fiquem aparentes deixando assim rugosa a textura do concreto.

Foi realizado a concretagem das peças em formas definitivas para a montagem das ranhuras, o concreto utilizado, foi o concreto leve. Para a concretagem de uma ranhura completa, considerando 1,5 cm a altura média de cada fôrma, era necessária um volume de 26 litros, que corresponde a um total de 26000 cm³. Com esses dados, foi calculada a quantidade de material necessário para a concretagem de uma ranhura, mantendo a proporção do traço proposto. Para a primeira ranhura concretada, foram utilizados 13,9 kg de cimento, 27,6 Kg de areia, 6,54 litros de água e 19 litros de agregado graúdo. Além das peças, foram moldados 2 corpos de prova cilíndricos grandes para posteriores testes. Essas peças foram deixadas nas fôrmas durante dois dias, sendo que passado o tempo de pega (aproximadamente 12 horas depois da concretagem), foi adicionada água por cima das peças, para evitar trincas. A cura foi feita na água, durante 28 dias. Foi notado que usando este traço, o agregado graúdo ficava aparente, o que atende a proposta do projeto.

Foram preparadas as peças para posterior anexação das cantoneiras (Figura 3). Para a fixação das paredes formando as ranhuras, foi utilizado o cimento graute. Parafusos foram colocados nas laterais e fundos das peças enquanto as mesmas estavam em processo de pega. Os parafusos então seriam colocados em furos executados em cantoneiras, já colocadas no canal hidráulico.



Figura 3 – Ilustração dos cenários produzidos

Foram construídas 3 piscinas separadas por 4 anteparos (Figura 5). A numeração das mesmas seguiu a ordem da entrada da água no canal.

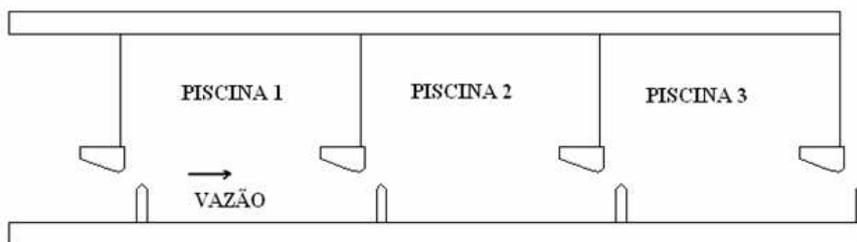


Figura 4 - Projeto da escada ranhura vertical para peixes no canal hidráulico

No caso do modelo ranhura vertical, adotou-se os critérios construtivos propostos por Rajaratnam, Van der Vinne e Katopodis (1986). A partir da largura do canal, 86 cm, foi calculada a abertura da ranhura, b_o , e o comprimento das piscinas, L (Figura 5).

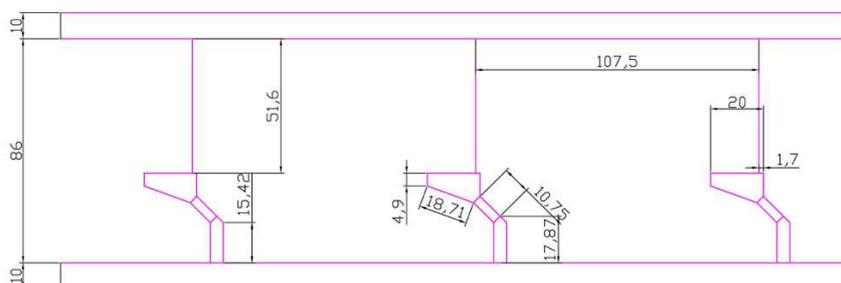


Figura 5 – Medidas em centímetro do modelo ranhura vertical

Medições Hidráulicas

Para as medições hidráulicas foi adaptado um sistema de trilhos com um carro móvel sobre o canal hidráulico (Figura. 6). O sistema permite o posicionamento nas três direções (x, y e z) da

sonda do ADV. As medidas foram feitas para 3 vazões (15, 20 e 35 l/s) nos dois cenários de rugosidade produzidos. As medições pontuais foram feitas a cada 5 centímetros (nos planos horizontais e verticais). Em cada ponto eram coletadas 100 medidas de velocidade, o que era equivalente a uma frequência de 10 Hz.

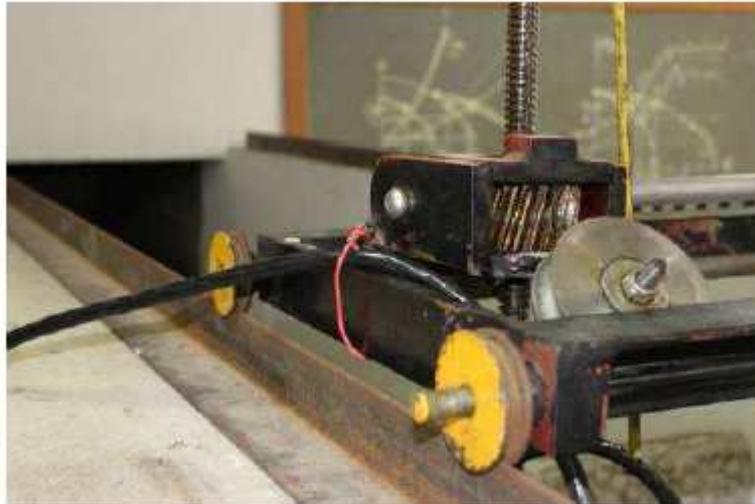


Figura 6 – Carro posicionador do ADV

Após a coleta de dados (Figura. 7) com o software Horizon da Sontek, os dados eram exportados para o excel. Esta fase foi a mais demorada da pesquisa, pois para cada ponto medido era gerado um arquivo Excel. Com os valores de velocidade nas três direções, eram calculadas as flutuações da velocidade (EQ. 1) e posteriormente a energia turbulenta (EQ. 2) e as tensões cisalhantes (EQ. 3, 4 e 5).



Figura 7 – Coleta de dados com o ADV

$$u' = u - \bar{u} \quad (\text{EQ.1})$$

Onde u' é a flutuação da velocidade (m/s), u a velocidade pontual (m/s) e \bar{u} é a média pontual (m/s) da velocidade todas na direção x.

$$K = \frac{1}{2}(u'^2 + v'^2 + w'^2) \quad (\text{EQ.2})$$

Onde k é a energia turbulenta cinética (m²/s²), u' é a flutuação da velocidade (m/s) na direção x, v' é a flutuação da velocidade (m/s) na direção y e w' é a flutuação da velocidade (m/s) na direção z.

$$\tau_{xy} = -\rho \overline{u'v'} \quad (\text{EQ.3})$$

$$\tau_{yz} = -\rho \overline{v'w'} \quad (\text{EQ.4})$$

$$\tau_{xz} = -\rho \overline{u'w'} \quad (\text{EQ.5})$$

Onde τ_{xy} é a tensão turbulenta no plano xy (kg/m.s²), τ_{yz} é a tensão turbulenta no plano yz (kg/m.s²) e a τ_{xz} é a tensão turbulenta no plano xz (kg/m.s²), ρ é a densidade da água (kg/m³) u' é a flutuação da velocidade (m/s) na direção x, v' é a flutuação da velocidade (m/s) na direção y e w' é a flutuação da velocidade (m/s) na direção z.

Testes com peixes

Os testes foram realizados com a espécie *Pimelodus maculatus* no canal hidráulico construído em concreto armado no laboratório de mecânica do CEFET campus II em Belo Horizonte, Minas Gerais.

A espécie *Pimelodus maculatus*, popularmente conhecido como mandi-amarelo, possui ampla distribuição geográfica e é abundante nas principais bacias brasileiras. Possui hábito alimentar onívoro e apresenta ampla plasticidade da dieta. O comportamento migratório desta espécie ainda não é bem conhecido (Vazzoler, 1996; Vazzoler *et al.*, 1997 ; Agostinho *et al.*, 1999; Agostinho e Júlio, 1999). Entretanto, a presença de grandes cardumes nas proximidades dos principais barramentos do sudeste brasileiro, torna o estudo do comportamento do mandi amarelo uma necessidade.

A espécie *Pimelodus maculatus* é bentopelágica (nadam ao fundo e próximo dos cantos) e potamódroma (vivem e desovam em água doce). É considerada de pequeno a médio porte (Paiva, 2002).

Todos os peixes testados foram coletados no Rio São Francisco na proximidade de Três Marias (Minas Gerais).

Para os testes com peixes foram ensaiadas duas vazões: 15 L/s e 20 L/s. Em cada teste foram colocados 2 peixes. As piscinas utilizadas para os testes com peixes foram a dois (2) e três (3). Para cada vazão foram realizados 8 testes, totalizando 16 indivíduos testados por vazão.

O chão das piscinas, que foram utilizadas pelos peixes, possuíam quadrados pintados, cuja dimensão era de 10 cm por 10 cm. Isto permitiu localizar os peixes durante o teste, que foi registrado por duas filmadoras suspensas em uma barra de metalon. Utilizou-se iluminação vermelha para filmagem que penetrava no canal pela parte superior. Os testes foram realizados no período da noite, a partir das 19:00 hora e possuíam duração de 2 horas. Após o termino de cada teste, os peixes foram pesados e medidos.

Os filmes foram analisados por frames a cada dois (2) minutos. Nessa análise, identificou-se a posição dos dois peixes baseado nas filmagens das duas câmeras. Posteriormente, foi calculada a moda estatística (a posição mais freqüente durante cada ensaio) por piscina utilizada.

Com o termino das análises do filmes, cada filme originou uma planilha no Excel onde se analisou: (1) a posição mais freqüente a cada dois minutos, (2) a posição na hora da passagem e (3) o sucesso na passagem em porcentagem.

RESULTADOS

Testes com peixes

Análise biométrica

Os peixes foram pesados e medidos após cada teste (Figuras. 8 a 11). Tanto o comprimento como o peso foram divididos em classes de acordo com VONO *et. al.* 2002. Em ambas as vazões os peixes apresentaram tamanho e peso com distribuição próxima a normal. Entretanto, nos testes para vazão de 20l/s alguns indivíduos testados apresentaram comprimento total maior que os indivíduos utilizados nos testes de 15l/s.

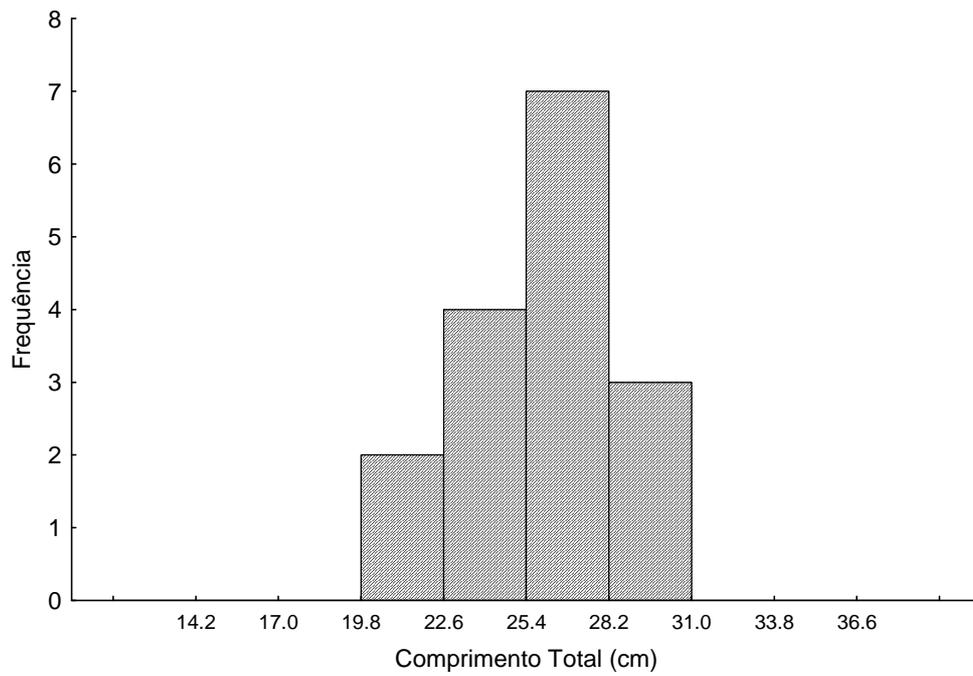


Figura 8 – Comprimento Total Dos Peixes Testados na Vazão de 15 L/s.

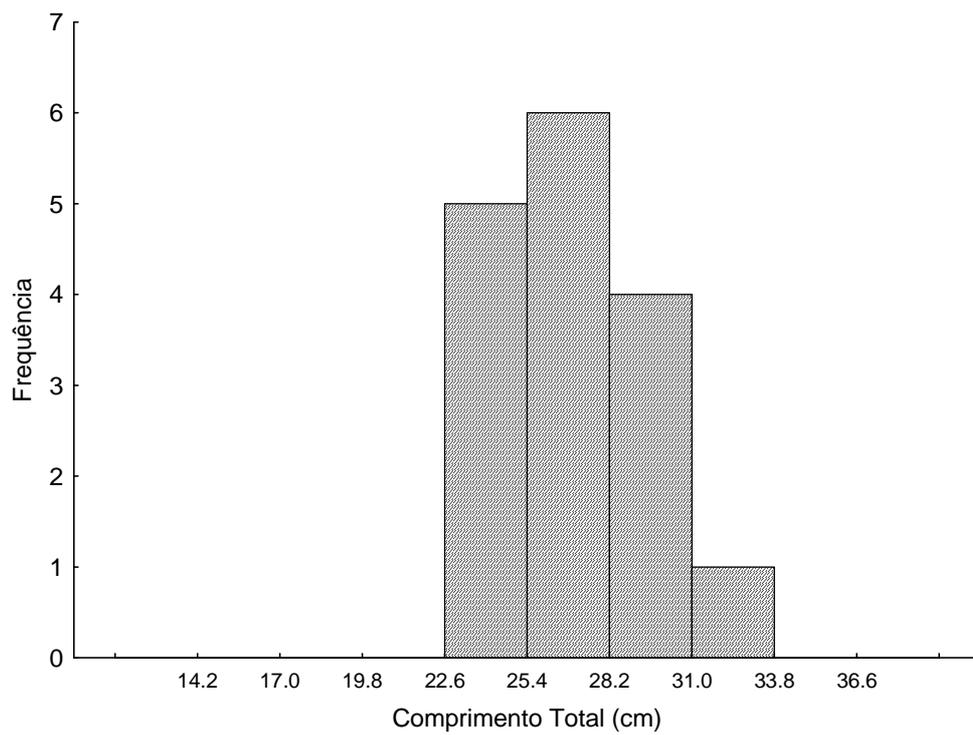


Figura 9 – Comprimento Total Dos Peixes Testados na Vazão de 20L/s com 2 peixes.

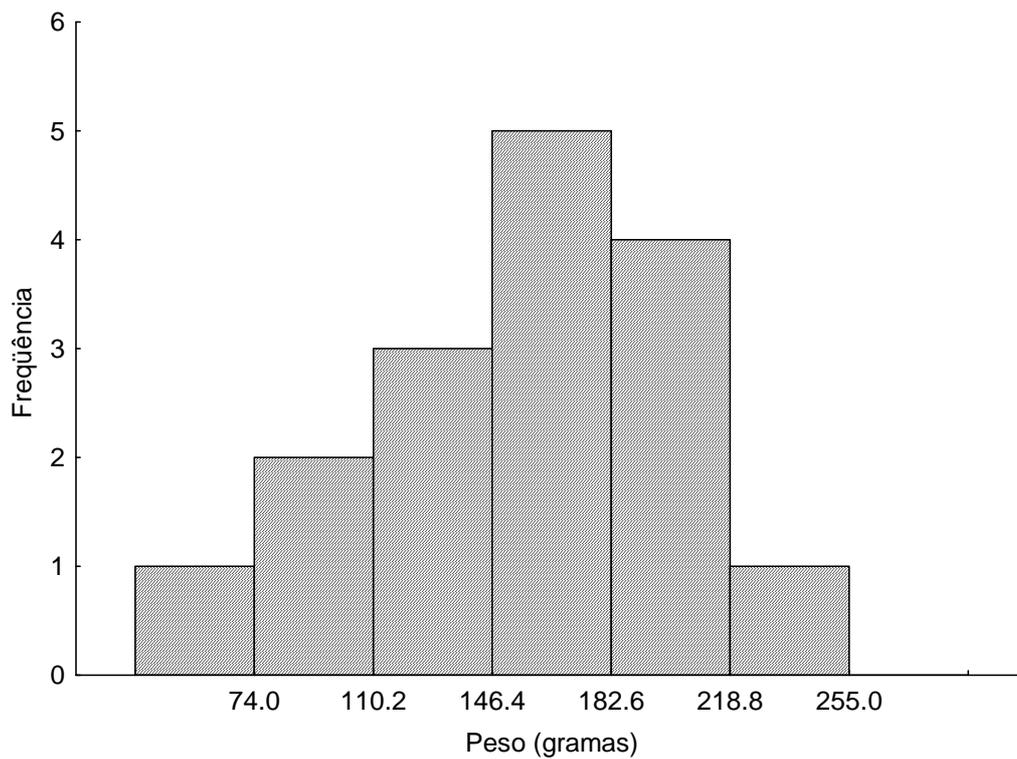


Figura 10 - Peso dos Peixes Testados na Vazão de 15 L/s.

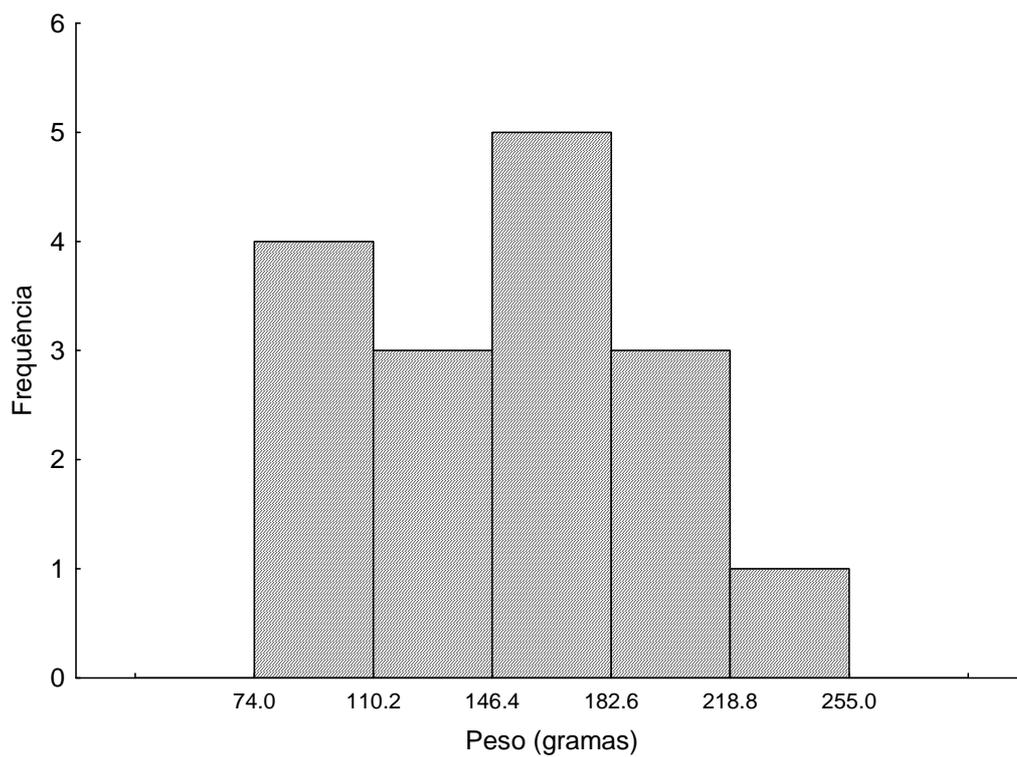


Figura 11 - Peso dos Peixes Testados na Vazão de 20 L/s com 2 peixes.

Na vazão de 15 L/s, os peixes se posicionaram mais na região central da piscina 3 (figura 12) enquanto na piscina 2 localizavam mais próximos das paredes (figura 13). Ocorreu grande passagem de indivíduos durante os testes da piscina de jusante para a montante.

Durantes os testes da vazão de 20 L/s, tanto na piscina 2 (figura 14) quanto na 3 (figura 15), os peixes localizavam-se na região central de cada piscina. Esta vazão se mostrou menos favorável aos peixes à passagem dos peixes.

Comparando as piscinas com diferentes vazões, percebe-se que na piscina mais a jusante a maior vazão provoca uma maior concentração de peixes neste local além do posicionamento dos mesmos no meio do escoamento. Mesmo na piscina mais a montante, com a maior vazão, os peixes que transpuseram a ranhura se concentram no meio do escoamento (Figura 13 a 16).

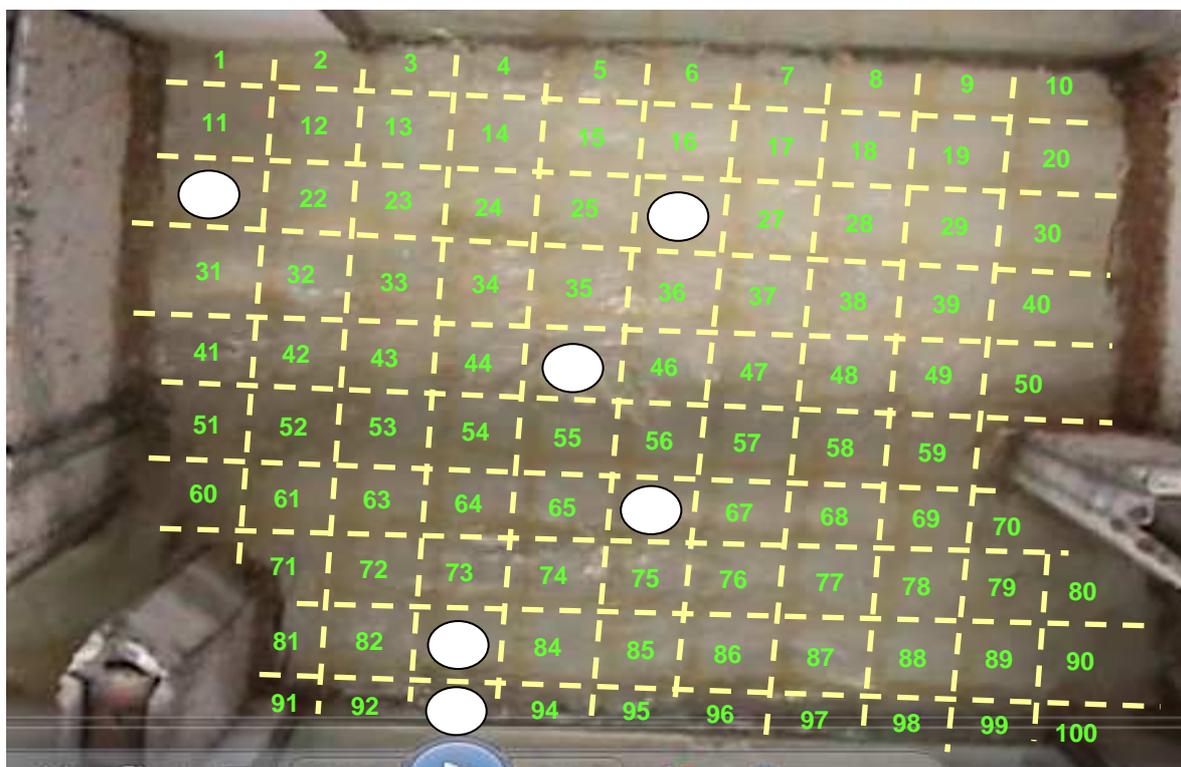


Figura 12 – Fundo da piscina 3 Para a vazão de 15 L/s. Cada ponto branco corresponde à moda do posicionamento de um peixe durante um ensaio.

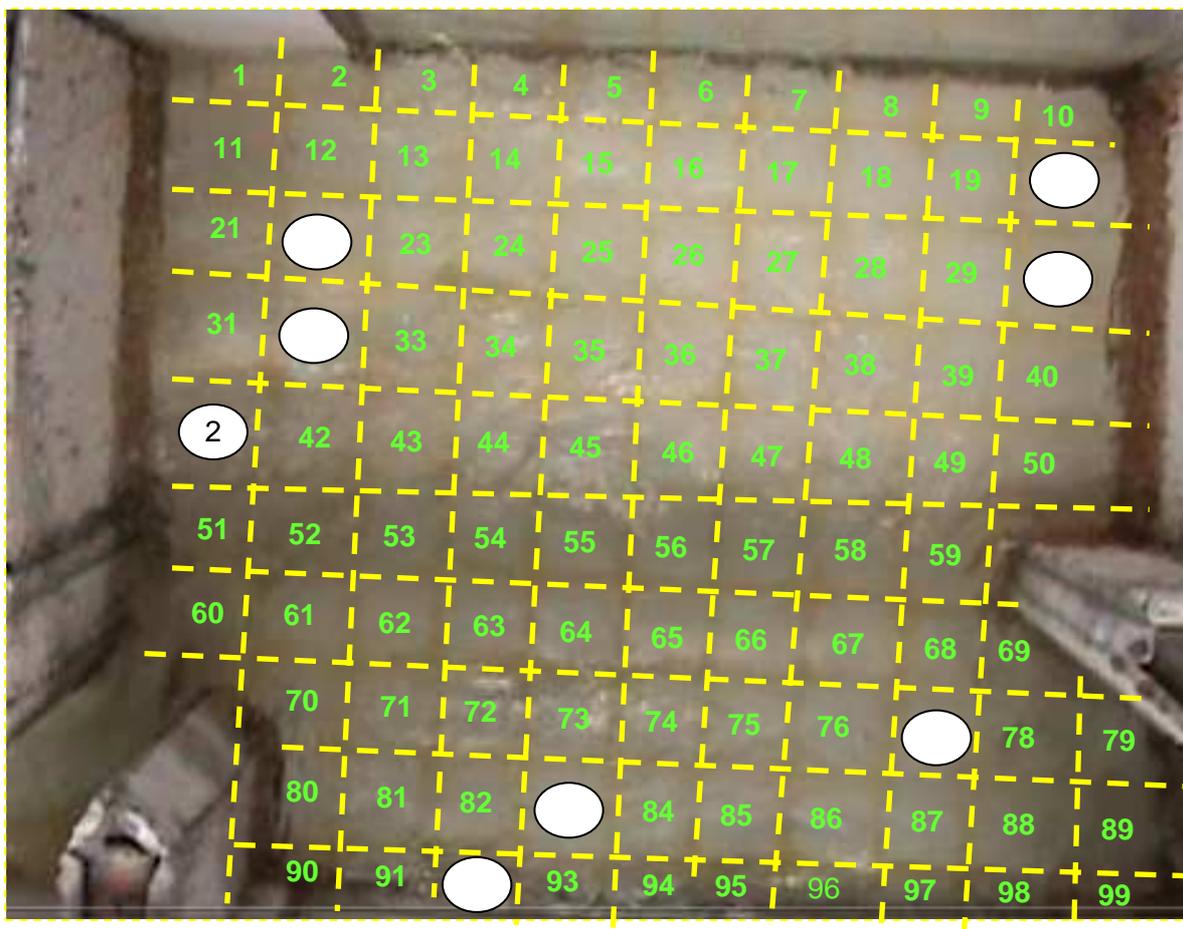


Figura 13– Fundo da piscina 2 Para a vazão de 15 L/s. Cada ponto branco corresponde à moda do posicionamento de um peixe durante um ensaio.

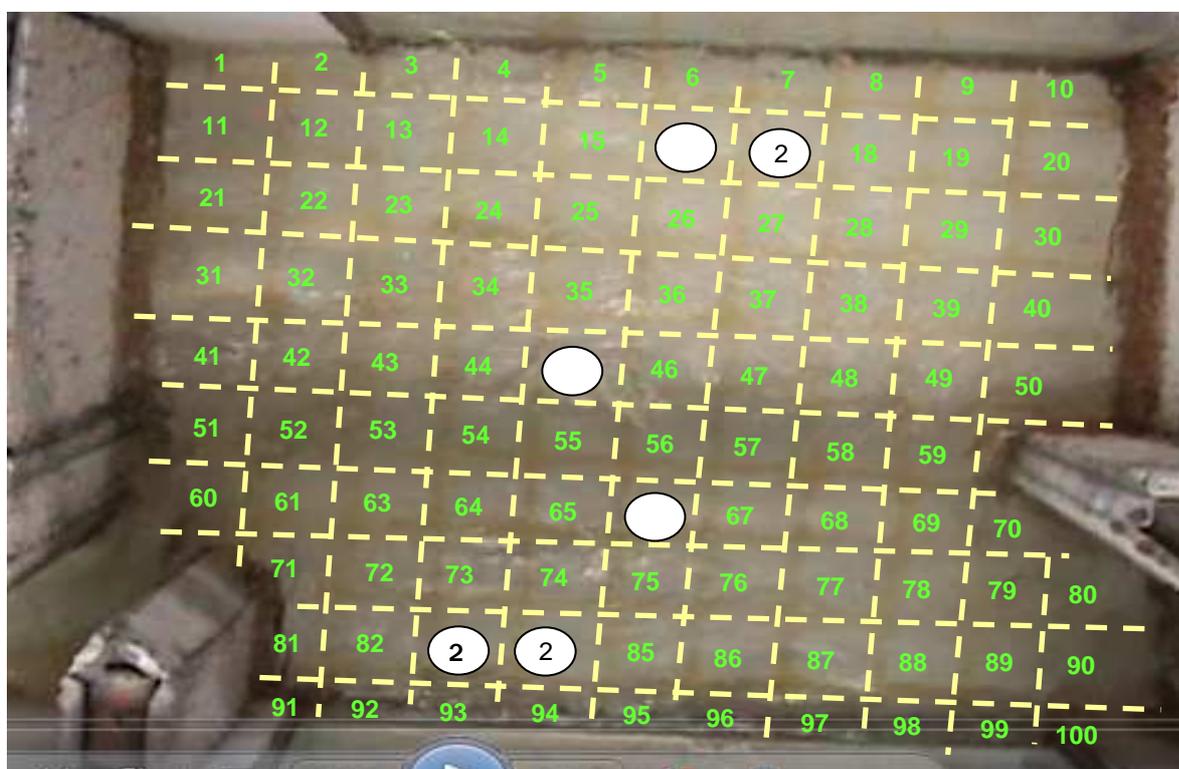


Figura 14 – Fundo da piscina 3 Para a vazão de 20 L/s. Cada ponto branco corresponde à moda do posicionamento de um peixe durante um ensaio.

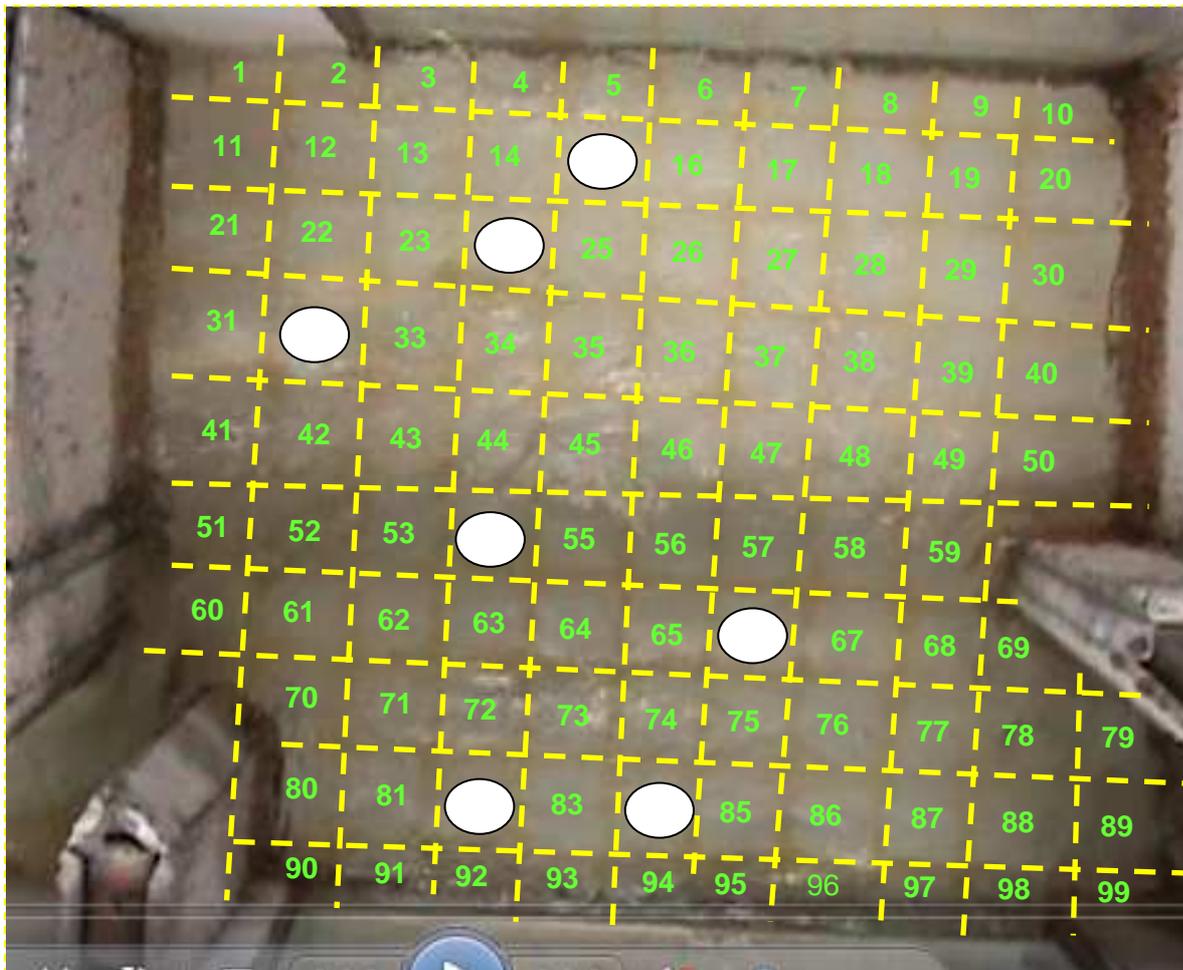


Figura 15 – Fundo da piscina 2 Para a vazão de 20 L/s. Cada ponto branco corresponde à moda do posicionamento de um peixe durante um ensaio.

Testes hidráulicos

Os testes hidráulicos permitiram a obtenção de campos de velocidade para diferentes vazões. Com base nas velocidades pontuais foram calculadas turbulência e a tensão cisalhante no plano horizontal (xy) três planos. Os gráficos foram produzidos em Matlab (Figuras 16 a 21).

Em geral, não ocorreram diferenças significativas em os valores médios de velocidade obtidos nas duas vazões testadas. O mesmo não com a tensão cisalhante no plano xy e com a turbulência.

A mudança de vazão provoca alterações pontuais como aumento da velocidade no jato principal da escada. Conseqüentemente, estas alterações também são observadas nos valores de turbulência e tensão cisalhante. Com relação a turbulência, verifica-se que o jato principal gerado pelas ranhuras apresenta altos valores.

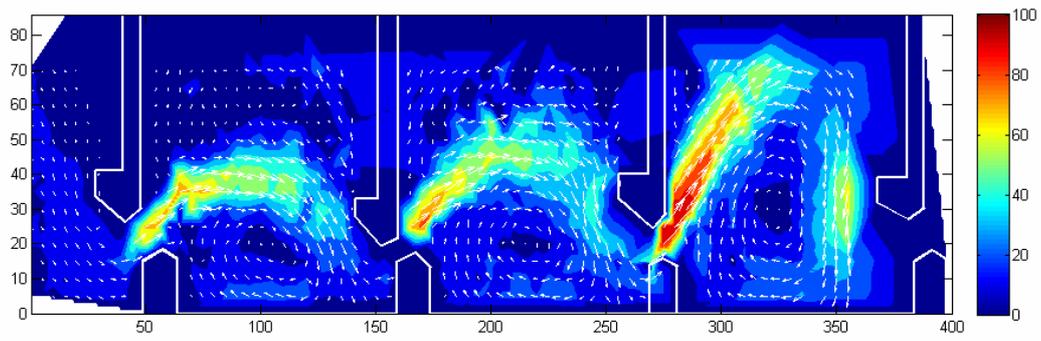


Figura 16 – Velocidade média pontual (cm/s) para as três piscinas na vazão de 15 l/s na profundidade de 10 cm

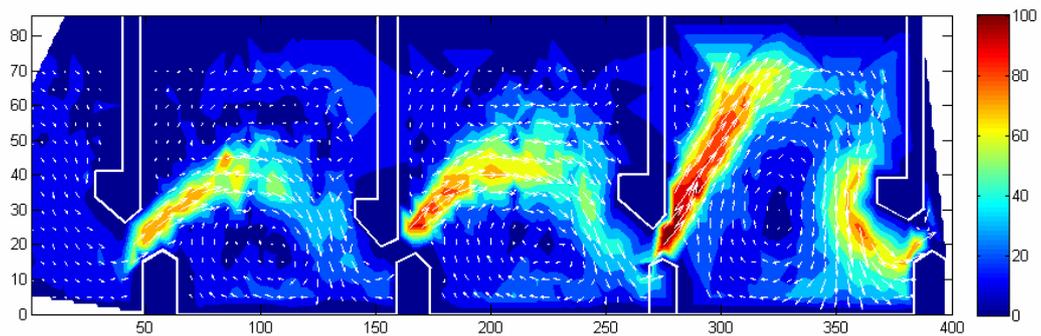


Figura 17 – Velocidade média pontual (cm/s) para as três piscinas na vazão de 20 l/s na profundidade de 10 cm

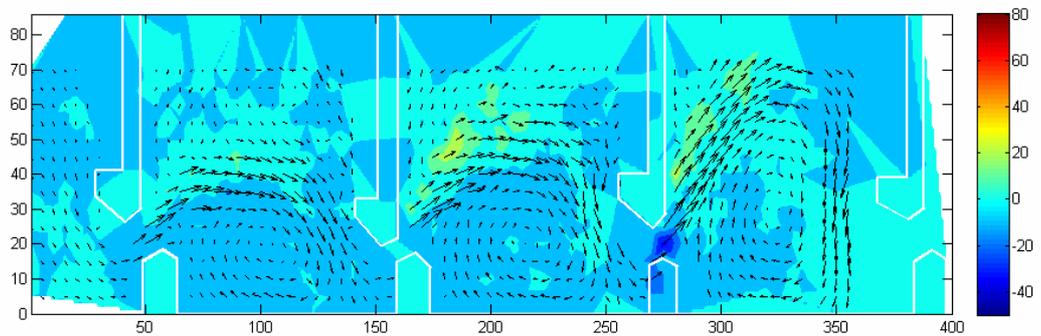


Figura 18 – Tensão cisalhante no plano xy (kg/ms²) para as três piscinas na vazão de 15 l/s na profundidade de 10 cm

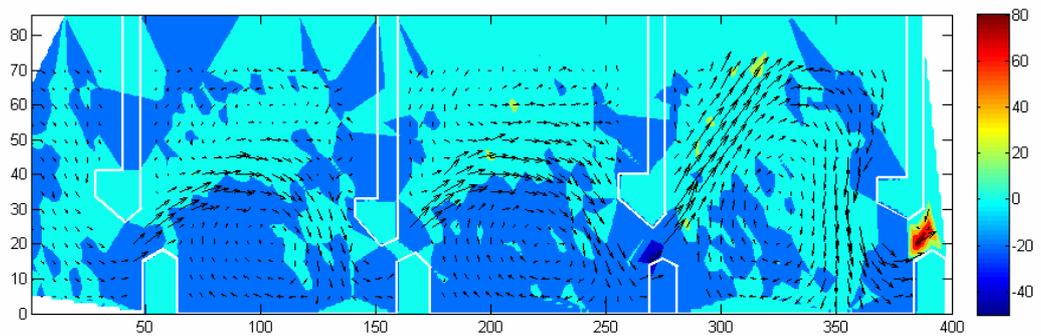


Figura 19 – Tensão cisalhante no plano xy (kg/ms²) para as três piscinas na vazão de 20 l/s na profundidade de 10 cm

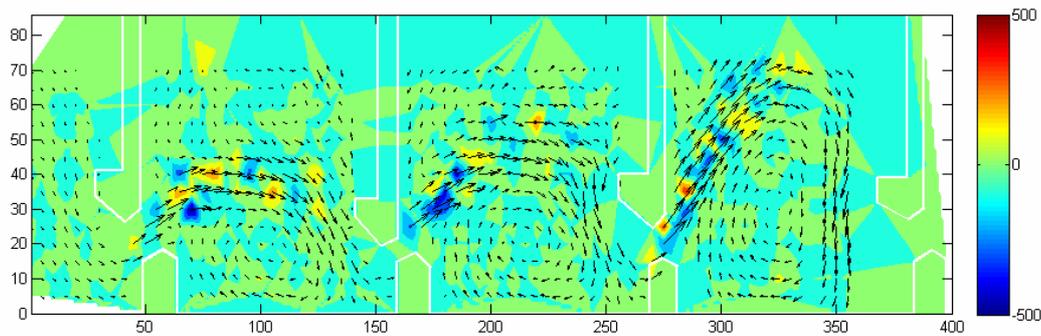


Figura 20 – Turbulência (u') x 10^{16} (m/s) para as três piscinas na vazão de 15 l/s na profundidade de 10 cm

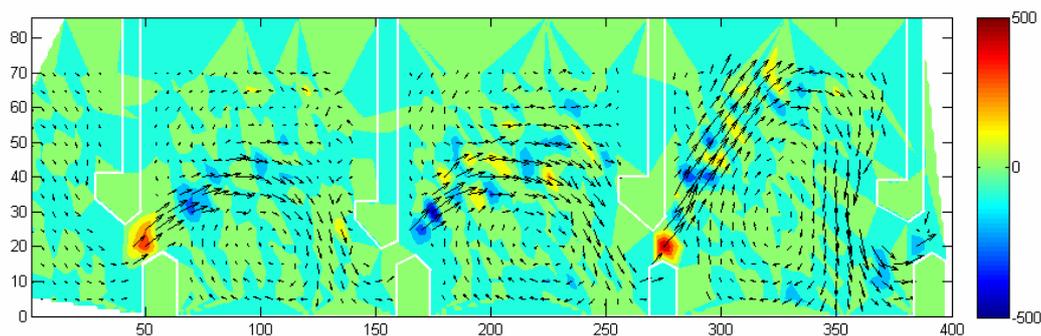


Figura 21 – Turbulência (u') x 10^{16} (m/s) para as três piscinas na vazão de 20 l/s na profundidade de 10 cm

Análise conjunta dos dados biológicos e hidráulicos

Analisando a posição dos peixes, percebeu que os mesmos ficaram, na vazão de 15l/s, em pontos de velocidade com valores próximos à 30 cm/s. Isto ocorreu nas duas piscinas. Entretanto, na piscina 2, uma das posições mais ocupadas por peixes durante o teste, apresentavam alta velocidade (40cm/s).

Nos testes de 15l/s, os peixes ocuparam posições no campo de turbulência cujos valores se aproximavam de zero (ou em áreas cuja turbulência teve valores negativos baixos -100×10^{16} m/s). Inclusive o ponto de alta velocidade, freqüentado por peixes durante na vazão de 15l/s, apresentou turbulência próximo a zero.

Na vazão de 20l/s, os peixes tiveram comportamentos parecidos com os testes da vazão de 15l/s. Foram ocupados locais de baixa de velocidade (0 a 20cm/s) e baixa turbulência (-300 a 0×10^{16} m/s).

Com relação a tensão cisalhante, os peixes ocuparam valores próximos de zero ou inferiores (-20kg/ms^2), para ambas as vazões

CONCLUSÕES

Os testes na escada de peixe do tipo ranhura vertical, reproduzida no laboratório, utilizando a espécie de peixe *Pimelodus maculatus* (mandi-amarelo) permitiu concluir que existe uma preferência por esta espécie por paredes rugosas. Entretanto, esta preferência só ocorre quando os indivíduos encontram estas paredes. Houve preferência por paredes com rugosidade 2 cm, obtida com a colocação de seixo rolado (metade dentro do concreto e metade exposto ao escoamento). Para isto, o escoamento deve possuir poucos vórtices e baixa turbulência pontual. Esta condição é encontrada em piscinas localizadas mais a montante e em vazões reduzidas (no caso do presente estudo para vazão de 15l/s). Para estas condições, além da utilização das paredes pelos indivíduos testes de mandi amarelo, verificou-se uma maior eficiência na passagem (80%). Foi observado também que o comportamento em cardume influencia a passagem de indivíduos menores para piscinas a montante, no caso da presente espécie. Entretanto, as relações biológicas percebidas não foram capazes de influenciar a escolha de locais preferenciais dentro das piscinas, indicando que as variáveis hidráulicas do escoamento são fatores importantes no posicionamento do peixe (destacando-se a tensão cisalhante de Reynolds).

A análise conjunta dos dados biológicos com os hidráulicos permitiu concluir que os indivíduos de *Pimelodus maculatus* não freqüentaram áreas de altas turbulências, que ocorrem preferencialmente no jato principal do escoamento. Este parâmetro hidráulico portanto pode estar influenciado a eficiência da escada, uma vez que os peixes tem preferência por áreas de baixa turbulência.

Finalmente, o presente trabalho permite concluir que a adoção de paredes rugosas influencia a preferência de peixes e a turbulência é o principal fator hidráulico que deve ser considerado no projeto de mecanismos de transposição.

BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO A. A.; JULIO-JR. (1999). “*Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*”. Peixes da Bacia do Alto Rio Paraná. In: R. H. Lowe - McConnell. Tradução de A. E. A. M. Vazzoler, A. A. Agostinho e P. T. M. Cunningham, EDUSP, São Paulo, 535 p.

BERNACSEK, G.M. (1984). “*Dam design and operation to optimize fish production in impounded river basins, based on a Review of the Ecological Effects of Large Dams in Africa*”. CIFA Tech. Pap. No. 11. FAO, Rome.

CLAY, C. H. (1995). “*Design of fishways and other fish facilities*”. Boca Raton: Lewis Publishers. 2ª edição. 248 p.

GODOY, M.P.D.E. (1987). “*Peixes do Estado de Santa Catarina*”. Florianópolis: Editora da UFSC, Co-Edição ELETROSUL/FURB.

JUNHO, R. A. C. (2009). “*Migrações ascendentes de peixes neotropicais e hidrelétricas: proteção a jusante de turbinas e vertedouros e sistemas de transposição*”. Tese (Doutorado) em Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 216f.

KATOPODIS, C. (1992). “*Introduction to Fishway Design*”. Winnipeg: Freshwater Institute, 67p.

LARINIER, M. (2002). “*Fishways: biological basis, design criteria and monitoring*”. Fishways-General considerations. In: LARINIER M.; TRAVADE F.; PORCHER J. P., Bulletin Fr. Pêche Piscic., nº364, cap 2, pp. 21-27.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. (1994). “*Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais*”. 1ª edição. São Paulo: PINI. 581p.

MORAVIA, W. G.; RODRIGUES, C. S.; VASCONCELOS, W. L. (2008). “*Influence of Expanded Clay Aggregates in Abrasion Resistance of Lightweight Concrete*”. In: ACI/CANMET. International Conference on High – Performance Concrete Structures and Materials. Nº 50, Manaus, AM, Brasil.

PAIVA. M.P.; ANDRADE-TUBIDO, M.F; GODOY, M.P. (2002). “*As represas e os Peixes Nativos do Rio Grande*”. Rio de Janeiro: Interciência, p.63-65.

RAJARATNAM, N., VAN DER VINNE, G. e KATOPODIS, C. (1986). “*Hydraulics of vertical slot fishways*”. Journal of Hydraulic Engineering, v. 112, p. 909-927.

SALE, M. J. (1985). “*Aquatic ecosystem response to flow modification: an overview of the issues*”. Proceedings of the Symposium on small hydropower and fisheries. p. 25-31.

SANTOS, H. A.; POMPEU, P. S.; MARTINEZ, C. B. (2009). “Estabelecimento de parâmetros hidráulicos para escadas de peixes do tipo ranhura vertical, baseados em características de espécies neotropicais”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 14, p. 99-112.

SANTOS, H. A.; POMPEU, P. S.; MARTINEZ, C. B. (2007). “Swimming performance of the migratory Neotropical fish *Leporinus reinhardtii* (Characiformes: Anostomidae)”. Neotropical Ichthyology, v.5, n. 2, p. 139-146.

SILVA, Luiz G.M. Da. (2009). “Luz estroboscópica, cortina de bolhas e substâncias de alarme como mecanismos para repulsão de peixes”. Escola de engenharia da UFMG. Tese de pós-graduação. Belo horizonte, Nov. 2009.

VAZZOLER, A. E. A. de M. *et al.* (1997). “A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos”. Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. In: VAZZOLER, A. E. A. de M. *et al.* (Ed.). Maringá: Eduem, cap. II.7, p. 249-265.

VAZZOLER, A.E.A .M. (1996). “Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática”. Maringá: EDUEM, p. 196.

VONO, V.; SILVA, L.G.M.; MAIA, B.P.; GODINHO, H.P. (2002). “Biologia reprodutiva de três espécies simpátricas de peixes neotropicais: *Pimelodus maculatus* (Siluriformes, Pimelodidae), *Leporinus amblyrhynchus* e *Schizodon nasutus* (Characiformes, Anostomidae) no recém-formado reservatório de Miranda, Alto Paraná”. Revta Bras. Zool., Curitiba, v. 19, n. 3, set., p.819-826.