

## NÍVEIS DE OXIGÊNIO EM MODELO REDUZIDO PARA MANDI AMARELO (*Pimelodus maculatus*) NA USINA HIDRELÉTRICA DO FUNIL

Viviane de Oliveira FELIZARDO <sup>1</sup>; Raquel Andrade MELLO <sup>2</sup>; Estefânia de Souza ANDRADE <sup>2</sup>; Daniella Aparecida de Jesus PAULA <sup>2</sup>; Michelle Sampaio PAULINO <sup>2</sup>; Luis David Solis MURGAS <sup>1</sup>

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar fontes e níveis de oxigênio em modelo reduzido do canal de sucção (local onde os peixes estão submetidos em condições de alta densidade e sem fontes alternativas de oxigênio) para mandi amarelo (*Pimelodus maculatus*), provenientes da Usina Hidrelétrica do Funil, no município de Perdões, MG, Brasil. Foram pesados três montantes de dez a quinze quilos de mandi, acondicionados em caixas de água. Os tratamentos consistiram em testar a introdução de oito litros de água a cada seis minutos, juntamente com um litro de ar comprimido na água, e a introdução de água, sem utilização de ar, sobre os níveis de oxigênio em modelo reduzido a cada vinte minutos de exposição. O grupo controle não recebeu a introdução de água e ar. Para avaliação da resistência dos peixes quanto à ausência de oxigênio, foram utilizados 5, 10 e 15 kg de mandi. Os níveis de oxigênio foram observados a cada minuto, até que os peixes apresentassem sintomas de hipóxia. Os tratamentos testados e o grupo controle apresentaram um efeito não linear decrescente nos níveis de oxigênio dissolvido com o aumento do tempo de exposição. O peso influenciou na diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido. O mandi suporta uma concentração mínima de oxigênio dissolvido na água de até  $1,93 \pm 0,03 \text{ mg L}^{-1}$ , podendo ser considerado como resistentes à condições de hipóxia.

**Palavras-chave:** Hipóxia; mortalidade; peixes, reservatórios

## LEVELS OF OXYGEN AT REDUCED MODEL FOR SMALL YELLOW MANDI (*Pimelodus maculatus*) IN THE FUNIL HYDROELECTRIC PLANT

### ABSTRACT

The aim of this study was to verify sources and levels of oxygen in the reduced model of the suction channel (place where the fish are subjected to conditions of high density and without alternative sources of oxygen) to yellow mandi (*Pimelodus maculatus*) from the Funil dam in the city of Perdões, MG, Brazil. Were weighed three amounts of ten and fifteen kg of mandi, who were referred to boxes of water. The treatments consisted in testing the introduction of eight liters of water every six minutes with a liter of air in the water, and the introduction of water without the use of air, in levels of oxygen in reduced model in the weight range of 10 and 15 kg of mandi to twenty minutes of exposure. The group control did not receive the introduction of water and air. To evaluate the resistance of the fish and the absence of oxygen were used 5, 10 and 15 kg of mandi. Oxygen levels were observed every minute until that the fish showed symptoms of hypoxia. The treatments and the control group showed a linear effect in dissolved oxygen levels with increasing exposure time. The full weight influenced the decreased levels of dissolved oxygen. The mandi support a concentration minimum of oxygen dissolved in the water of  $1.93 \pm 0.03 \text{ mg L}^{-1}$  may be considered as resistant to hypoxic conditions.

**Key words:** Hypoxia; fish; mortality; reservoirs

---

**Artigo Científico:** Recebido em: 18/05/2010 – Aprovado em: 30/12/2010

<sup>1</sup>Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras – UFLA. e-mail: viviofbio@yahoo.com.br; lsmurgas@ufla.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras – UFLA. e-mail: raquel.amello@hotmail.com; esandrade@bol.com.br; daniufila2002@yahoo.com.br; michellesampaio paulino@gmail.com  
Endereço/Address: Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras – UFLA - CEP: 37.200-000 Lavras - MG - Brasil

## INTRODUÇÃO

A região neotropical contém a maior diversidade de peixes de água doce, incluindo aproximadamente 6.000 das 13.000 espécies existentes no mundo (REIS *et al.*, 2003). No entanto, a diversidade desta região está ameaçada por atividades antropogênicas, como a construção de barragens nas principais bacias hidrográficas, para fins de abastecimento humano, irrigação e, principalmente, geração de energia elétrica (AGOSTINHO *et al.*, 2007).

Apesar de serem importantes para o desenvolvimento econômico, os barramentos causam vários impactos sobre os peixes e seu habitat, por se tornarem uma barreira intransponível durante a piracema, levando a um bloqueio ou retardo do movimento de peixes para as partes superiores da bacia (MCMAHON e MATTER, 2006). Outro impacto observado pela construção de barragens é a tendência da formação de acúmulo de peixes no sopé das barragens, devido à interrupção da rota migratória das espécies reofílicas. Este acúmulo acaba desencadeando outros impactos, tais como a mortalidade de peixes em turbinas hidráulicas e vertedouros (AGOSTINHO, 1993).

Este evento ocorre principalmente durante as manobras de parada de máquinas para manutenção. A mortalidade, neste caso, encontra-se associada à entrada de cardumes de peixes no interior dos tubos de sucção, durante a parada do funcionamento das turbinas (SILVA *et al.*, 2006). Essa entrada dos animais pode levar a um impacto negativo direto, resultando em estresse que ocorre quando os animais colidem em estruturas da barragem, do leito e das margens do rio, e supersaturação de gases (nitrogênio), de acordo com THERRIEN e BOURGEOIS (2000). O reinício do funcionamento das turbinas também pode ocasionar a morte de peixes, tanto por danos mecânicos quanto por variações bruscas de pressão (LARINIER e TRAVADE, 2002).

As hidrelétricas, ao provocar danos à fauna de peixes, estão sujeitas à penalidades previstas em lei, pela legislação federal (Lei de Crimes Ambientais, Lei 9.605 de 13/02/98) e pela legislação estadual (Lei da Pesca de Minas Gerais, Lei 14.181 de 17/01/2002). Com isso, diversos empreendedores vêm buscando, constantemente,

medidas que visem mitigar esses impactos, de modo a evitar desastres ambientais.

Buscando formas de solucionar este problema e impedir a entrada dos peixes em áreas de risco nas usinas hidrelétricas, tem-se iniciado o uso de sistemas de proteção e direcionamento, como alternativa para a proteção de cardumes de peixes que tentam passar pelas barragens existentes (COUTANT, 2001). No entanto, tendo em vista questões hidráulicas de operação dos grupos geradores, esses sistemas não se constituem de barreiras físicas a serem instaladas nos empreendimentos, e sim, barreiras comportamentais, que visam alterar o comportamento das espécies de peixes, fazendo com que evitem uma determinada área (SILVA *et al.*, 2008).

Porém, a implementação destas soluções são de difícil execução, devido à dimensão das centrais ou de eficácia limitada destas barreiras em face da diversidade comportamental apresentada pelas diferentes espécies da ictiofauna (BARBOSA *et al.*, 2008). As usinas usam sistema de drenagem para resgate de peixes que estão dentro do canal de sucção, mas durante esse procedimento, a quantidade de oxigênio disponível deve ser monitorada para garantir a sobrevivência dos peixes.

O mandi (*Pimelodus lineatus*) é um peixe migrador de hábito noturno, com ampla distribuição em reservatórios do Brasil (BIZZOTO *et al.*, 2009). Tem sido citado por entrar com frequência em tubos de sucção de turbinas hidrelétricas (LOLIS e ANDRIA, 1996). Por ser uma das espécies mais abundantes encontradas na Usina Hidrelétrica do Funil (UHF), em 2004, houve uma grande mortalidade de mandi (nove toneladas) durante operações de manutenção da turbina nesta hidrelétrica (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2004).

Alguns estudos focando a hipóxia em peixes têm sido realizados (SHOUBRIDGE e HOCHACHKA, 1983; CLAIREAUX e DUTIL, 1992; SÉBERT *et al.*, 1993; ALMEIDA-VAL *et al.*, 1995). No entanto, nenhum estudo foi realizado verificando a resistência do mandi em níveis decrescentes de oxigênio. Assim, este trabalho teve como objetivo verificar fontes e níveis de oxigênio em modelo reduzido do canal de sucção (local

onde os peixes estão submetidos em condições de alta densidade e sem fontes alternativas de oxigênio) para mandi amarelo (*Pimelodus maculatus*), provenientes da Usina Hidrelétrica do Funil, no município de Perdões, MG, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Usina Hidrelétrica do Funil (UHF), localizada no rio Grande (Lat 44° 55' Long 21° 05'), entre os municípios de Perdões e Lavras (MG), a 950 Km de sua foz. Possui um volume útil de  $258,4 \times 10^6$  m<sup>3</sup> e uma área inundada de aproximadamente 38,32 km<sup>2</sup>. A turbina utilizada é a do tipo Kaplan, com potência e vazão unitária nominal de 61,5 MW e 191 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, respectivamente. A UHF possui um Sistema de Transposição de Peixes (STP), que foi implantado com a finalidade de permitir a continuidade do processo de migração e reprodução, de jusante para montante da barragem, de várias espécies de peixes provenientes do rio Grande.

Os peixes foram capturados na saída da caçamba do sistema de transposição existente nesta usina, que é do tipo elevador, com auxílio de puçá. Os exemplares apresentavam comprimento padrão e peso variando de 11 a 32 cm e 17 a 912 g, respectivamente.

### *Fontes e níveis de oxigênio em modelo reduzido*

Foram pesados três montantes de dez (1 kg/0,04 m<sup>3</sup>) e quinze (15 kg/0,03 m<sup>3</sup>) quilos de mandi, totalizando 197 exemplares utilizados, que foram encaminhados para caixas de fibra com capacidade para 1.000 litros de água, contendo 400 litros de água coletada do reservatório, sendo mantidos em fotoperíodo natural, para serem utilizados no 1° e 2° ensaios + controle, com uma repetição por ensaio. Os peixes foram mantidos por um período de vinte quatro horas nas caixas, contendo aeração e com renovação constante de água corrente para aclimação antes do início dos experimentos.

Para a realização dos dois ensaios e do controle, foram retiradas todas as fontes de oxigênio externas das caixas e os tratamentos consistiram em testar: 1°ensaio: a introdução de oito litros de água do reservatório a cada seis minutos, totalizando 24 litros de água, com a concentração de oxigênio de 6 mg L<sup>-1</sup>, juntamente

com um litro de ar comprimido constante na água; 2°ensaio: somente a introdução de água, sem utilização de ar; e o grupo controle, sem a introdução de ar e água.

A temperatura da água durante o experimento foi de  $24,8 \pm 0,2$ °C. A variação dos níveis de oxigênio da água durante os ensaios foi mensurada utilizando um oxímetro da Bernaud, sendo os níveis de oxigênio registrados a cada minuto e avaliados por um período de vinte minutos. A concentração de oxigênio dissolvido na água das caixas, no início do experimento, foi de  $6,05 \pm 0,3$  mg L<sup>-1</sup>; os demais parâmetros de qualidade de água se apresentaram dentro dos limites recomendados para peixes.

### *Teste de resistência dos peixes quanto a ausência de oxigênio*

Para verificar a resistência do mandi à queda dos níveis de oxigênio dissolvido na água foi realizado um segundo experimento, onde foram utilizados 5, 10 e 15 kg de peixe, totalizando 89 exemplares. Os animais foram encaminhados para caixas contendo 400 litros de água, perfazendo uma densidade de 1 kg de mandi para cada 80, 40 e 26 litros de água, respectivamente. Durante o experimento não foi realizada a introdução de nenhuma fonte de oxigênio na água onde os peixes foram mantidos.

Os níveis de oxigênio foram registrados a cada minuto e foi observado até que os peixes começaram apresentar sintomas de hipóxia (perda de equilíbrio e busca da superfície da água), sendo possível, assim, determinar a concentração mínima de oxigênio na água que o mandi suporta sem morrer. Após o início do período de hipóxia, os peixes foram transferidos para tanques contendo troca de água constante, para recuperação.

Os níveis de oxigênio para os diferentes tratamentos foram estimados por um modelo de regressão não-linear, definido por  $Y = \alpha e^{\beta}$ . O software utilizado foi o R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2003), com auxílio da library (nls).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

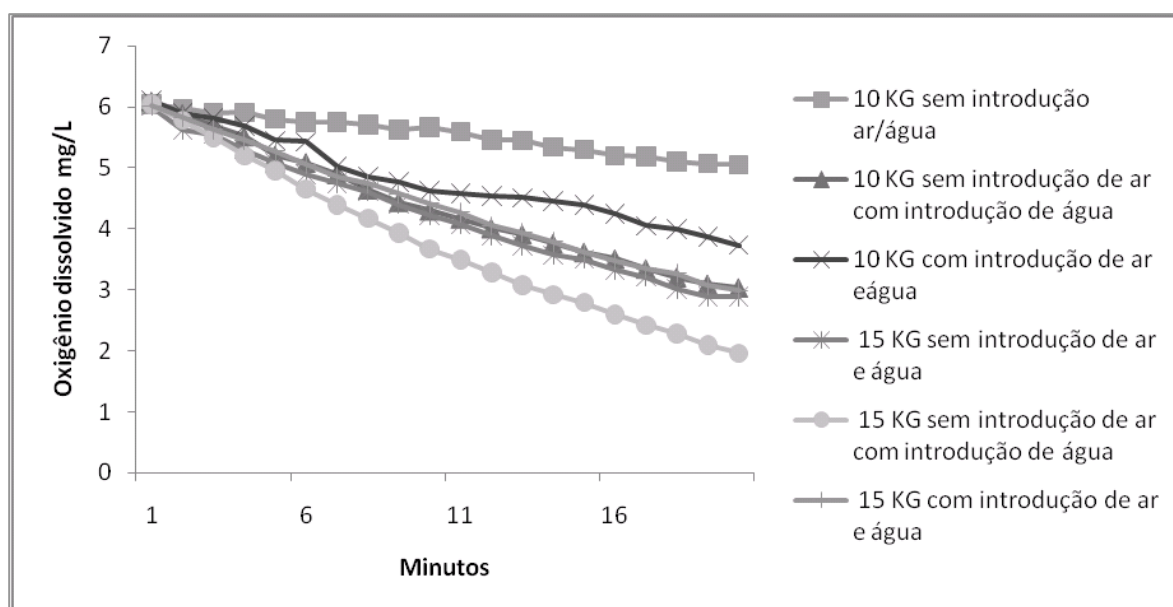
As equações da regressão não-linear dos tratamentos avaliados estão apresentadas na

Tabela 1. Todos os tratamentos testados apresentaram um efeito decrescente nos níveis de

oxigênio dissolvido de acordo com o aumento do tempo de exposição dos peixes (Figura 1).

**Tabela 1.** Equações de regressão não-linear dos níveis de oxigênio nos tratamentos avaliados em mandi-amarelo (*Pimelodus lineatus*)

Tratamento	Equação
10 Kg sem introdução de ar/água do reservatório	$Y = 6,12 * \exp(0,0096 * x)$
10 Kg sem introdução de ar/com água do reservatório	$Y = 6,32 * \exp(0,03 * x)$
10 Kg com introdução de ar/água do reservatório	$Y = 6,17 * \exp(0,02 * x)$
15 Kg sem introdução de ar/água do reservatório	$Y = 6,20 * \exp(0,04 * x)$
15 Kg sem introdução de ar/com água do reservatório	$Y = 6,52 * \exp(0,05 * x)$
15 Kg com introdução de ar/água do reservatório	$Y = 6,30 * \exp(0,03 * x)$



**Figura 1.** Níveis de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nos diferentes tratamentos testados, com 10 e 15 kg de mandi em vinte minutos de exposição

Os tratamentos com 15 kg de mandi, no ensaio sem ar e com a introdução de oito litros de água a cada seis minutos, apresentaram uma diminuição rápida nos níveis de oxigênio dissolvido na água em relação aos demais ensaios testados, chegando a concentração de  $1,96 \text{ mg L}^{-1}$  de oxigênio dissolvido aos vinte minutos de exposição. Níveis de oxigênio dissolvido na água abaixo de  $2 \text{ mg L}^{-1}$ , são considerados condição de hipóxia para os peixes, podendo ser fatais em caso de contínua exposição à essa condição (HASSELL *et al.*, 2009).

O tratamento com 10 kg de mandi no tratamento controle, ensaio sem a introdução de ar e água, apresentou uma diminuição lenta nos níveis de oxigênio dissolvido na água em relação aos demais ensaios; com vinte minutos de exposição consumiu apenas  $0,99 \text{ mg L}^{-1}$  do oxigênio disponível. Os demais ensaios apresentaram níveis de oxigênio dissolvido na água após os vinte minutos de exposição, variando de  $2,89$  a  $3,73 \text{ mg L}^{-1}$ . Estes valores estão entre os ideais de oxigênio disponível de  $2$  a  $7 \text{ mg L}^{-1}$  (SILVEIRA *et al.*, 2009).

Nos ensaios testados, a biomassa influenciou na redução da concentração dos níveis de oxigênio dissolvido, sendo verificado que a faixa de biomassa de 10 kg apresentou uma diminuição mais lenta nos níveis de oxigênio em relação à faixa de de 15 kg de mandi (Figura 1). No ensaio controle, aos vinte minutos de exposição, o tratamento com 10 kg possuía 3,09 mg L<sup>-1</sup> de oxigênio dissolvido a mais em relação à de 15 kg. Este resultado pode ser justificado pelo fato de que uma maior biomassa leva a uma maior densidade de peixes, o que proporciona um maior consumo de oxigênio disponível (MARQUES *et al.*, 2004), contribuindo assim, para uma redução rápida nos níveis de oxigênio dissolvido na água.

O tratamento de 10 Kg de mandi, acompanhados dos tratamentos que receberam a introdução de alguma fonte externa de oxigênio, não mantiveram a concentração de oxigênio dissolvido na água; ao contrário, proporcionaram uma queda rápida nos níveis de oxigênio, em relação ao grupo controle. Durante a introdução da água a cada seis minutos foi observado um decréscimo nos níveis de oxigênio na água, demonstrando, assim, que a introdução de seis litros de água (1,5% do volume total) não é suficiente para aumentar a concentração de oxigênio na água.

A introdução de alguma fonte externa de oxigênio na água, juntamente com a presença de uma pessoa para realizar este manejo, pode ter sido um fator causador de estresse nos peixes. Esta situação conduz a um conjunto de alterações fisiológicas e bioquímicas em resposta as condições adversas impostas (DALLAVIA *et al.*, 1994). Estas incluem a diminuição da taxa metabólica, o aumento da taxa de ventilação, hematócrito e hemoglobina, aumento da afinidade por oxigênio e da respiração anaeróbica (VIRANI e REES, 2000), e podem levar os peixes a aumentar o consumo de oxigênio.

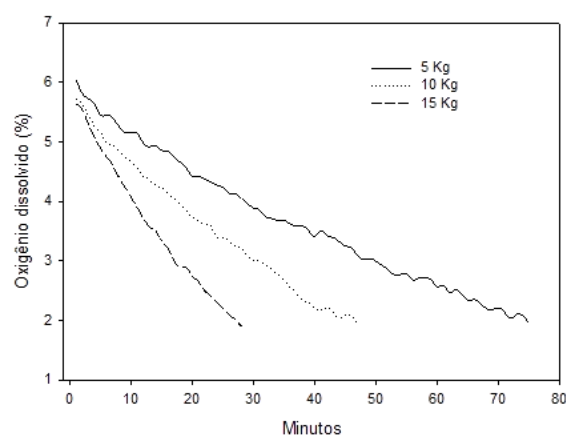
No tratamento de 15 Kg de mandi, as fontes de oxigênio externas introduzidas não foram suficientes para produzirem modificações (estabilização ou diminuição) na queda dos níveis de oxigênio dissolvido na água. O ensaio que recebeu a introdução de água e ar decresceu paralelamente ao grupo controle. Somente a introdução de água como fonte de oxigênio

provocou a diminuição rápida dos níveis de oxigênio em relação aos demais tratamentos. Efeito similar foi observado no tratamento com 10 kg.

Durante a introdução de água como fonte de oxigênio, os peixes apresentaram um comportamento de maior agitação (atividade natatória), provavelmente provocado pela presença de um manuseador próximo a caixa. O aumento do consumo de oxigênio, concomitante ao aumento da atividade de natação também foi observado em *sea bass* (DUPONT-PRINET *et al.*, 2009).

#### Teste de resistência dos peixes quanto à ausência de oxigênio

As densidades utilizadas no teste de resistência apresentaram um efeito linear decrescente nos níveis de oxigênio dissolvido com o aumento no tempo de exposição (Figura 2). O mandi é capaz de suportar uma concentração mínima de oxigênio dissolvido na água de até  $1,93 \pm 0,03$ , podendo ser considerado resistente à condições de hipóxia quando comparado a peixes como a truta-arco-iris, que apresenta regime de hipóxia a uma concentração de oxigênio de  $5,7 \pm 1,4$  mg L<sup>-1</sup> (GLENCROSS, 2009).



**Figura 2.** Teste de resistência à queda dos níveis de oxigênio dissolvido na água em modelo reduzido para mandi (*Pimelodus maculatus*)

A sensibilidade dos peixes ao oxigênio é dependente da espécie. Os peixes apresentam alterações metabólicas em resposta aos fatores ambientais, como a variação na temperatura, na salinidade, no pH, na condutividade e nos níveis de CO<sub>2</sub> (BOYD, 1996). A concentração de oxigênio

na água também é influenciada pelas flutuações dos fatores ambientais (LEFEVRE *et al.*, 2008). Em particular, os salmonídeos mostraram-se entre as espécies mais sensíveis à concentração de oxigênio (DEAN e RICHARDSON, 1999). Geralmente os peixes de rios são tolerantes a hipóxia, pois a água doce possui concentração reduzida de oxigênio dissolvido (ALMEIDA-VAL *et al.*, 1995; REID *et al.*, 2005).

O tempo necessário para a redução nos níveis de oxigênio se mostra dependente da densidade de peixe exposta, como é possível verificar na Figura 2, onde as densidades de 5, 10 e 15 kg/0,4 m<sup>3</sup> de água demoraram, respectivamente 78, 47 e 28 minutos para chegarem aos níveis de 1,95 mg L<sup>-1</sup> de oxigênio dissolvido na água. A diferença no tempo de redução dos níveis de oxigênio à 1,95 mg L<sup>-1</sup> entre os grupos de menor e maior densidade foi de cinquenta minutos. Este dado é relevante para tomada de medidas de resgate de um cardume aprisionado no canal de sucção, desde que se tenha conhecimento da densidade aprisionada.

Quando um cardume se encontra aprisionado em um canal de sucção, o oxigênio é um fator extremamente limitante para os peixes. A anóxia causa a morte de indivíduos e baixas concentrações de oxigênio provocam uma ampla variedade de respostas, limitando a distribuição ou as atividades dos peixes (RANTIN e JOHANSEN, 1984).

Os resultados deste estudo demonstraram que a redução dos níveis de oxigênio é dependente da densidade de estocagem dos peixes. A introdução de oito litros de água a cada seis minutos, ou associado com um litro de oxigênio constante, não são suficientes para manterem os níveis de oxigênio da água. A presença de um manuseador próximo da caixa de manutenção pode levar a um aumento do consumo de oxigênio pelo peixes. Estes resultados podem constituir subsídios para sugerir soluções que venham a reduzir, ou mesmo evitar, a mortalidade dos peixes nos canais de sucção das usinas hidrelétricas.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao funcionário da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) Ricardo José, pelo auxílio na realização desse projeto, e aos

responsáveis da UHF, pela disponibilidade em realizar este experimento em suas dependências.

#### REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A.A. 1993 *Considerações sobre a atuação do setor Elétrico na preservação da fauna aquática e dos recursos pesqueiros*. In: COMASE. Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro: Reuniões temáticas preparatórias, 1993. Rio de Janeiro: Eletrobrás: COMASE, p.8-19. (Caderno 4: Estudos e levantamentos).
- AGOSTINHO, A.A.; PELICICE, F.M.; PETRY, A.C.; GOMES, L.C.; JÚLIO Jr., H.F. 2007 Fish diversity in the upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, Burlington, 10(2): 174-186.
- ALMEIDA-VAL, V.M.F.; FARIAS, I.P.; SILVA, M.N.P.; DUNCAN, W.P.; VAL, A. L. 1995 Biochemical adjustments to hypoxia by Amazon cichlids. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Ribeirão Preto, 28(11): 1257-1263.
- BARBOSA, A.A.; SOUZA, Z.; FILHO, G.L.T.; RIBEIRO, J.P. 2008 *Estudos sobre o comportamento dos grupos geradores de Centrais Hidrelétricas operando sob diferentes modos operativos e sua influência na ictiofauna*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 6., Belo Horizonte, 21-25/abr./2008. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <[www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/artigos/4a07cf6f74fd5ee7cb6f609b0d02c10a.pdf](http://www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/artigos/4a07cf6f74fd5ee7cb6f609b0d02c10a.pdf)> Acesso em: 14 out. 2010.
- BIZZOTO, P.M.; GODINHO, A.L.; VONO, V.; KYNARD, B.; GODINHO, H.P. 2009 Influence of seasonal, diel, lunar, and other environmental factors on upstream fish passage in the Igarapava Fish Ladder, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*, Madri, 18(3): 461-472.
- BOYD, C.E. 1996 *Water quality in pounds for aquaculture*. Hatyai: Shrimp Mart. 482p.
- CLAIREAUX, G. e DUTIL, J.D. 1992 Physiological response of the Atlantic cod (*Gadus morrhua*) to hypoxia at various environmental salinities.

- Journal of Experimental Biology*, California, 163(1): 97-118.
- COUTANT, C.C. 2001 *Behavioral technologies for fish guidance*. American Fisheries Society, Symposium 26, Bethesda, Maryland. 193p.
- DALLAVIA, G.V.D.; THILLART, O.C.; DEZWAAN, A. 1994 Influência da exposição a longo prazo hipóxia sobre o metabolismo energético dos *Solea solea*. II. Metabolismo intermediário no sangue, fígado e músculos, *Marine Ecological Progress Series*, New Jersey, 111(1): 17-27.
- DEAN, T.L. e RICHARDSON, J. 1999 Responses of seven species of native freshwater fish and a shrimp to low levels of dissolved oxygen. *Journal of Marine and Freshwater Research*, New Zealand, 33(2): 99-106.
- DUPONT-PRINET, A.; CLAIREAUX, G.; CKENZIE, D.J. 2009 Effects of feeding and hypoxia on cardiac performance and gastrointestinal blood flow during critical speed swimming in the sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*, Paris, 154(2): 233-240.
- GLENCROSS, B.D. 2009. Reduced water oxygen levels affect maximal feed intake, but not protein or energy utilization efficiency of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, Bergen, 15(1): 1-8.
- HASSELL, K.L.; COUTIN, P.C.; NUGEGODA, D. 2009 A novel approach to controlling dissolved oxygen levels in laboratory experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Amsterdam, 371(2): 147-154.
- LARINIER, M. e TRAVADE, F. 2002 Downstream migration: problems and facilities. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, Paris, 364(suplemento):: 181-201.
- LEFEVRE, F.; BUGEON, J.; AUPERIN, B.; AUBIN, J. 2008 Source Rearing oxygen level and slaughter stress effects on rainbow trout flesh quality. *Aquaculture*, Amsterdam, 284(4): 81-89.
- LEIS DE CRIMES AMBIENTAIS. 1998 Disponível em: <[www.propesca.com.br/ProPesca/Area/fique\\_sabendo/legislacao/por\\_estado/lei\\_mg\\_14181\\_2001.pdf](http://www.propesca.com.br/ProPesca/Area/fique_sabendo/legislacao/por_estado/lei_mg_14181_2001.pdf)> Acesso em: 14 out. de 2010.
- LEI DA PESCA DE MINAS GERAIS. 2002 Disponível em: <[www.ibama.gov.br/fauna/legislacao/lei\\_9605\\_98.pdf](http://www.ibama.gov.br/fauna/legislacao/lei_9605_98.pdf)> Acesso em: 14 out. 2010.
- LOLIS, A.A. e ANDRIA, I.F. 1996 Alimentação de *Pimelodus maculatus* Lacépède 1803 (Siluriformes, Pimelodidae), na planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 23(único): 187-202.
- MARQUES, N.R.; HAYASHI, C.; FURUYA, W.M.; SOARES, C.M. 2004 Influência da densidade de estocagem no cultivo de alevinos de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) em condições experimentais. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 26(1): 55-59.
- MCMAHON, T. e MATTER, W.J. 2006 Linking habitat selection, emigration, and population dynamics of freshwater fishes: a synthesis of ideas and approaches. *Ecology of Freshwater Fish*, Madri, 15(2): 200-210.
- O ESTADO DE SÃO PAULO. 2004 *Meio Ambiente - Mortandade de peixes paralisa usina de Funil* 2004 Disponível em: <[www.viaseg.com.br/noticia/2041](http://www.viaseg.com.br/noticia/2041)> Acesso em: 25 mar. 2010.
- RANTIN, F.T. e JOHANSEN, K. 1984 Responses of the teleost *Hoplias malabaricus* to hypoxia. *Environmental Biology Fishes*, Corvallis, 11(3): 221-228.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: *a language and environment for statistical computing: version 2.10.1*. 2003 Viena: Foundation for Statistical Computing, Disponível em: <<http://cran.r-project.org/doc/manuals/refman.pdf>> Acesso em: 15 out. 2009.
- REID, S.G.; SUNDIN, L.; MILSOM, W.K. 2005 The cardiorespiratory system in tropical fishes: structure, function, and control. *The physiology of tropical fishes*. New York, 21(1): 225-275.
- REIS, R.E.; KULLANDERS, S.O.; FERRARIS-JR, C.J. 2003 *Check list of the freshwater fishes os South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUC RS. 719p.

- SÉBERT, P.; SIMON, B.; BARTHELEMY, F. 1993 Hidrostatic pressure induces a state resembling histotoxic hypoxia in *Anguilla anguilla*. *Comparative Biochemical and Physiology*, Amsterdam, 105(2): 255-258.
- SHOUBRIDGE, E.A. e HOCHACHKA, P. 1983 The integration and control of metabolism in the anoxic goldfish. *Molecular Physiology*, Amsterdam, 3(4): 165-195.
- SILVA, L.G.M.; BOWEN, M.D.; HIEBERT, S.; MARTINEZ, C.B. 2008 Efeitos de luz estroboscópica sobre o delta smelt (*Hypomesus transpacificus*) em laboratório. *Experiência norte-americana e suas aplicações para espécies de peixes brasileiros*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 6., Belo Horizonte, 21-25/abr./2008. *Anais. eletrônicos...* Disponível em: <[www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/artigos/4a07cf6f74fd5ee7cb6f609b0d02c10a.pdf](http://www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/artigos/4a07cf6f74fd5ee7cb6f609b0d02c10a.pdf)> Acesso em: 14 out. 2010.
- SILVA, L.G.M.; MARTINEZ, C.B.; FORMAGIO, P.S. 2006 Uso de luz estroboscópica para repulsão de peixes de áreas de risco em usinas hidrelétricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 5., Florianópolis, 03-06/abr./2006. *Anais...* p.186.
- SILVEIRA, U.S.; LOGATO, P.V.R.; PONTES, E.C. 2009 Fatores estressantes em peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, Viçosa, 6(4): 1001-1017.
- THERRIEN, J. e BOURGEOIS, G. 2000 *Fish Passage at Small Hydro Sites*. Report by Genivar Consulting Group for CANMET Energy Technology Centre, Ottawa. 134p.
- VIRANI, N.A. e REES, B.B. 2000 Oxygen consumption, blood lactate and inter-individual variation in the gulf killifish *Fundulus grandis*, during hypoxia and recovery, *Comparative Biochemical. Physiology and Molecular Integrated Physiology*, Amsterdam, 126(1): 397-405.