



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA

Efeito do oxigênio dissolvido e da amônia na sobrevivência e crescimento de juvenis de dourado, *Salminus brasiliensis*.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Evoy Zaniboni Filho

RAPHAEL DE LEÃO SERAFINI

Florianópolis - SC  
2005

Serafini, Raphael de Leão

Efeito do oxigênio dissolvido e amônia na sobrevivência e crescimento de juvenis de dourado, *Salminus brasiliensis* / Raphael de Leão Serafini - Florianópolis, 2005. 44 f.; grafs.; tabs.

Prof. Orientador: Dr. Evoy Zaniboni Filho

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

Bibliografia.

1.CL50 2.hipóxia 3.amônia 4.efeito sub-letal 5.dourado 6.*Salminus brasiliensis*

**Efeito do oxigênio dissolvido e da amônia na sobrevivência e crescimento de juvenis de dourado, *Salminus brasiliensis***

Por

**RAPHAEL DE LEÃO SERAFINI**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM AQUICULTURA**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

---

Profa. Débora Machado Fracalossi, Dra.  
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

---

Dr. Evoy Zaniboni Filho - *Orientador*

---

Dr. Bernardo Baldisserotto

---

Dra. Débora Machado Fracalossi



Algo tão pequeno como o vôo de uma borboleta  
pode causar um tufão do outro lado do mundo

Teoria do Caos

## **Agradecimentos**

À Universidade Federal de Santa Catarina, professores, funcionários e alunos do Departamento de Aqüicultura.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor e orientador Dr. Evoy Zaniboni Filho, pela paciência, incentivo, e acompanhamento na condução deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora: Dr. Bernardo Baldisserotto, Dra. Débora Machado Fracalossi, Dr. Evoy Zaniboni Filho, Dr. Alex de Oliveira Nuñez.

Aos colegas de experimentos: Luciano, Patrícia, Oda, Camila, Pedrão, Ronaldo, Maurício, Lauro, David, Rogério, pela essencial ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais amigos e colegas do LAPAD: Samira, Samara, Grasi, Jackson, Marquito, Bê, Maude, Giuliano, Flávio, Tom, Bis e Gustavo, pelo companheirismo e alegria ao longo desta fase.

À Claudinha pela preciosa ajuda nas análises de água e coleta de tecidos.

À Andressa, pela paciência, amor e carinho até mesmo nos dias mais difíceis de experimento.

Aos meus pais, irmãos e familiares que sempre me incentivaram e me proporcionaram momentos de alegria.

A todas as pessoas que apesar de não estarem citadas aqui, colaboraram de alguma forma na conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

|  |      |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS. ....   | viii |
| LISTA DE FIGURAS. ....   | ix   |
| LISTA DE ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS. ....   | x    |
| RESUMO. ....   | xi   |
| ABSTRACT. ....   | xii  |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. ....  | 1    |
| O dourado .....  | 1    |
| Qualidade da Água .....  | 2    |
| <i>Oxigênio Dissolvido</i> .....   | 3    |
| <i>Amônia</i> .....  | 5    |
| <i>Toxicidade</i> .....  | 5    |
| <b>EFEITO DA COMBINAÇÃO DE AMÔNIA E OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DE DOURADO <i>Salminus brasiliensis</i></b> .....              | 7    |
| Resumo .....   | 7    |
| Introdução .....   | 8    |
| Materiais e Métodos .....  | 9    |
| <i>Origem dos peixe e condições experimentais</i> .....  | 9    |
| <i>Procedimento e desenho experimental</i> .....   | 9    |
| <i>Análise estatística</i> .....   | 11   |
| Resultados .....   | 11   |
| Discussão .....  | 15   |
| Referências .....  | 16   |
| <b>EFEITO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E CONSUMO DE ALIMENTO EM JUVENIS DE DOURADO, <i>Salminus brasiliensis</i></b> ..... | 19   |
| Resumo .....   | 19   |
| Introdução .....   | 20   |
| Materiais e Métodos .....  | 21   |
| <i>Análise estatística</i> .....   | 22   |
| Resultados .....   | 23   |
| Discussão .....  | 26   |
| Referências .....  | 28   |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 30   |
| REFERÊNCIAS (REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E CONSIDERAÇÕES FINAIS) .....   | 32   |

## LISTA DE TABELAS

**EFEITO DA COMBINAÇÃO DE AMÔNIA E OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DE DOURADO *Salminus brasiliensis***

- Tabela 1. Valores médios de amônia não ionizada, amônia total, oxigênio dissolvido, temperatura, pH, nitrito e alcalinidade observados ao longo das 96 horas de experimento..... 11
- Tabela 2. Valores médios de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia não ionizada, amônia total, nitrito e alcalinidade, observados ao longo das 96 horas de experimento..... 13

**EFEITO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E CONSUMO DE ALIMENTO EM JUVENIS DE DOURADO, *Salminus brasiliensis***

- Tabela 1. Valores médios diários (média±DP) da concentração de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia total e amônia não ionizada de cada tratamento..... 24

## LISTA DE FIGURAS

**EFEITO DA COMBINAÇÃO DE AMÔNIA E OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DE DOURADO *Salminus brasiliensis***

- Figura 1. Taxa média de sobrevivência (%) dos juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*) expostos a diferentes concentrações de amônia não ionizada (mg/l), ao longo do experimento. Valor médio de oxigênio dissolvido de 1,65 mg/l..... 12
- Figura 2. Valores de CL50 de amônia não ionizada para juvenis de dourado, *Salminus brasiliensis*, ao longo do tempo de exposição e os respectivos intervalos de confiança (95%). Valor médio de oxigênio dissolvido de 1,65 mg/l..... 12
- Figura 3. Taxa média de sobrevivência (%) dos juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*) expostos às diferentes concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l), ao longo do experimento. Valor médio de amônia não ionizada de 0,927 mg/l..... 14
- Figura 4. Valores de CL50 de oxigênio dissolvido para juvenis de dourado, *Salminus brasiliensis*, ao longo do tempo de exposição e os respectivos intervalos de confiança (95%). Valor médio de amônia não ionizada de 0,927 mg/l..... 14

**EFEITO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E CONSUMO DE ALIMENTO EM JUVENIS DE DOURADO, *Salminus brasiliensis***

- Figura 1. Valores médios diários da concentração de oxigênio dissolvido, medidos no decorrer do experimento para os distintos tratamentos..... 23
- Figura 2. Relação entre o consumo médio diário de ração e a conversão alimentar aparente dos juvenis de dourado de acordo com as concentrações de oxigênio dissolvido. Resultados são expressos como média e as barras de erro representam o desvio padrão..... 25
- Figura 3. Curva de crescimento em peso dos peixes submetidos a diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. Cada ponto representa o valor médio de peso de cada tratamento em um determinado intervalo de tempo..... 25
- Figura 4. Taxa de crescimento específico de juvenis de dourado submetidos a diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. À esquerda mostram os valores agrupados por períodos e à direita os valores obtidos em todo período experimental. Resultados são expressos como média  $\pm$  desvio padrão..... 26

## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

|                                  |   |   |
|----------------------------------|---|---|
| %                                | - | porcentagem   |
| ATP                              | - | adenosina trifosfato  |
| CL50                             | - | concentração letal responsável pela morte de 50% dos indivíduos |
| GTP                              | - | guanina trifosfato  |
| LAPAD                            | - | Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce        |
| mg/l                             | - | miligramas por litro  |
| mm Hg                            | - | milímetros de mercúrio  |
| NH <sub>3</sub>                  | - | amônia não ionizada   |
| NH <sub>4</sub>                  | - | amônia ionizada   |
| NH <sub>4</sub> +NH <sub>3</sub> | - | amônia total  |
| °C                               | - | graus centígrados   |
| O <sub>2</sub>                   | - | oxigênio  |

## RESUMO

O oxigênio dissolvido e a amônia representam dois dos principais parâmetros de qualidade da água capazes de limitar as densidades de estocagem de organismos aquáticos em sistemas produtivos. O dourado *Salminus brasiliensis* é uma espécie que tem se destacado na piscicultura pelo seu alto valor de mercado, porém, ainda existem poucos trabalhos avaliando as exigências para o seu cultivo em escala comercial. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de alguns parâmetros de qualidade de água na fisiologia dessa espécie. Para isso foram realizados três experimentos. O primeiro teve o intuito de analisar a concentração letal média (CL50-96h) de amônia em baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Para isso, foram testados os seguintes valores de amônia não-ionizada: 0,026 (controle) / 0,447 / 0,612 / 0,909 / 1,334 mg NH<sub>3</sub>/l e o oxigênio teve seu valor mantido próximo a 1,65 mg/l. Já no segundo experimento, os valores de oxigênio dissolvido foram: 1,64 / 1,99 / 3,33 / 4,30 / 5,10 / 7,77 mg O<sub>2</sub>/l (controle) e a concentração de amônia não-ionizada foi mantida próxima a 0,927 mg NH<sub>3</sub>/l para analisar a concentração letal média de oxigênio dissolvido em altas concentrações de amônia. Foi observada uma forte interação entre as concentrações de oxigênio dissolvido e de amônia na mortalidade dos juvenis de dourado, com valores de CL50-96h de 0,525 mg NH<sub>3</sub>/l e 4,52 mg O<sub>2</sub>/l no primeiro e no segundo testes, respectivamente. O objetivo do terceiro experimento, que durou 56 dias, foi avaliar o efeito do oxigênio dissolvido na sobrevivência, crescimento, consumo de alimento e conversão alimentar de juvenis de dourado. Foram testados os seguintes valores de oxigênio dissolvido: 1,82 / 3,42 / 5,04 / 6,29 mg O<sub>2</sub>/l (controle), mantendo a amônia não-ionizada em torno de 0,0014 mg/l. Os resultados obtidos indicam que o *Salminus brasiliensis* apresenta melhor crescimento e utilização de alimento quando cultivado em altas concentrações de oxigênio dissolvido, com valores superiores a 5,04 mg/l. Esses resultados revelam que o dourado é muito suscetível à combinação de elevada concentração de amônia com baixa concentração de oxigênio dissolvido, apresentando melhor desempenho em crescimento com elevados valores de oxigênio dissolvido.

## ABSTRACT

Dissolved oxygen and ammonia are two of the main water quality parameters that can limit the stocking density of aquatic organisms in production systems. Dourado *Salminus brasiliensis* is an emerging fish species for aquaculture due to its high commercial value. However, there are only few studies on the requirements for its commercial culture. The main objective of this work was to evaluate the influence of some water quality parameters in the physiology of dourado. For such, three experiments were carried out. The first experiment aimed at analyzing the mean lethal concentration (LC50-96h) of ammonia in a low dissolved oxygen concentration. The following non-ionized ammonia concentrations were tested: 0.026 (control) / 0.447 / 0.612 / 0.909 / 1.334 mgNH<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> and oxygen concentration was kept at about 1.65 mg l<sup>-1</sup>. In the second experiment, dissolved oxygen levels were: 1.64 / 1.99 / 3.33 / 4.30 / 5.10 / 7.77 mg l<sup>-1</sup> (control) and non-ionized ammonia concentration was about 0.927 mg l<sup>-1</sup> in order to analyze the mean lethal concentration of dissolved oxygen in high ammonia concentrations. Strong interaction between concentrations of dissolved oxygen and ammonia was observed on the mortality of dourado juveniles, with LC50-96h value of 0.525 mg NH<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> and 4.52 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> in the first and second experiments, respectively. The third experiment evaluated the effect of dissolved oxygen on the survival, growth, feed consumption and feed conversion of dourado juveniles. During 56 days the following levels of dissolved oxygen were tested: 1.82 / 3.42 / 5.04 / 6.29 mg l<sup>-1</sup> (control), keeping average non-ionized ammonia level at 0.0014 mg l<sup>-1</sup>. Results indicate that *Salminus brasiliensis* presents better growth and feed conversion when cultured in high concentrations of dissolved oxygen, above 5.04 mg l<sup>-1</sup>. This reveals that dourado is very susceptible to the combination of high ammonia concentration and low dissolved oxygen concentration, showing better growth performance in high dissolved oxygen levels.

## REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

### O Dourado

O dourado, *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816), é um Characiforme da família Characidae que apresenta ampla distribuição geográfica no território brasileiro, sendo encontrado em toda extensão da Bacia do Prata (formada pelos rios Paraná, Paraguai e Uruguai) e na Bacia do São Francisco (Morais Filho e Schubart, 1955; Paiva, 1983; Godoy, 1987; Britski et al., 1988).

O *Salminus brasiliensis* apresenta comportamento migratório e conforme seu estágio de vida (larva, juvenil ou adulto) ocupa diferentes ambientes na planície de inundação, conforme verificado em estudos realizados no alto rio Paraná (Agostinho et al., 1997). As espécies migratórias geralmente desovam em águas abertas no canal principal e tributários, seus ovos e larvas são carregados para áreas alagadas e lagoas marginais. Na fase jovem, essas espécies exploram ambientes lênticos ou semilênticos (lagoas naturais e rios tributários represados), os quais funcionam como áreas de alimentação e crescimento.

O dourado é um peixe de desova total, que elimina apenas um lote de ovócitos maduros em um intervalo de tempo relativamente curto, sendo que o lote seguinte só irá amadurecer na próxima estação reprodutiva (Vazzoler, 1996). Segundo essa autora, os fatores exógenos são responsáveis pela sinalização dos processos reprodutivos e o aumento da temperatura e da duração do dia agem como fatores preditivos, exercendo influência em diferentes fases do desenvolvimento gonadal. Através desses fatores, o período reprodutivo acaba coincidindo com dias longos e com altas temperaturas da água, associado com picos de cheias, possibilitando que as larvas resultantes da desova encontrem condições adequadas para o seu desenvolvimento, no que diz respeito a disponibilidade de alimento e presença de abrigos (Vazzoler et. al., 1997).

A maioria dos peixes de piracema não apresentam indícios de desova em cativeiro, sendo comum a estocagem de dourados por longos anos em tanques, sem que esses peixes manifestem qualquer sinal de desova (Morais Filho & Schubart, 1955). A desova do dourado em cativeiro pode ser obtida através de indutores hormonais, tais como o extrato de pituitária de carpa (EPC) (Zaniboni Filho et al., 1988). A utilização de uma dose prévia (0,25 mg EPC/Kg de peixe), 24 horas antes da dosagem convencional, apresenta resultados positivos, tanto quantitativos quanto qualitativos (Zaniboni Filho e Barbosa, 1996). Os ovos são semi-densos e devem ser mantidos em

incubadoras tipo funil que garantam uma constante movimentação dos ovos. A eclosão ocorre em torno de 15 horas após a fertilização, utilizando a temperatura de 26° C. Nesta mesma temperatura, a abertura da boca ocorre aproximadamente 25 horas após a eclosão, sendo necessário o fornecimento de alimento vivo.

Os principais fatores causadores do declínio na captura de pescados são: desmatamento da vegetação ciliar; excessivo esforço de pesca; captura de indivíduos jovens; drenagem de lagoas marginais; regulação do regime hidrológico dos rios; construção de barragens; poluição das águas; e introdução de espécies exóticas (Zaniboni Filho et al., 2000). Segundo os autores, existem previsões de maiores alterações ao longo do rio Uruguai, sendo sugeridos vinte dois barramentos em rios pertencentes a bacia hidrográfica do rio Uruguai. A transformação de rios de águas rápidas em grandes corpos de águas lânticas constitui um impacto extremamente negativo para as espécies migratórias, uma vez que estas encontram dificuldades em realizar migrações reprodutivas em rotas alternativas, como o caso do dourado, curimatá *Prochilodus lineatus*, piava *Leporinus obtusidens* e piracanjuba *Brycon orbignyanus*. Para a preservação da diversidade genética dessas espécies é necessário o desenvolvimento de programas capazes de amenizar o impacto de barragens sobre as espécies de piracema. A produção de juvenis dessas espécies nobres surge como uma alternativa para conservação das espécies, além de possibilitar o suprimento de pescado ao mercado consumidor através da piscicultura.

O dourado é um peixe que apresenta grande potencial de cultivo, possuindo elevado valor comercial em função do sabor de sua carne. Outro atributo dessa espécie é ser bastante apreciada por pescadores esportivos, sendo comum a procura de juvenis com o objetivo de povoar viveiros de piscicultura, grandes lagos e represas.

### **Qualidade da Água**

Os parâmetros de qualidade da água são extremamente importantes em aqüicultura, considerando que as características da água influenciam na sobrevivência, crescimento e reprodução dos organismos aquáticos. O conhecimento dos efeitos provocados pelas diversas variáveis de qualidade da água é essencial para adotar medidas de manejo, avaliar os possíveis impactos ambientais e manter a qualidade dos organismos cultivados (Boyd, 1998).

Dentre os parâmetros de qualidade de água, o oxigênio dissolvido e a amônia representam os principais fatores limitantes em sistemas de cultivo (Boyd e Watten, 1989; Boyd et al., 1990).

### *Oxigênio Dissolvido*

O oxigênio é um dos gases mais importante na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo que suas principais fontes para a água são provenientes da fotossíntese ou da atmosfera. A redução de sua concentração na água deve-se ao consumo, principalmente relacionado com a decomposição, respiração dos organismos aquáticos, oxidação de íons metálicos e a perda para atmosfera (Esteves, 1998).

A solubilidade do oxigênio na água doce depende de dois fatores principais: a temperatura e a pressão. Com o aumento da temperatura e/ou diminuição da pressão atmosférica, ocorre uma redução na solubilidade do oxigênio na água. A unidade que geralmente quantifica o teor absoluto de oxigênio dissolvido é mg/l, e para obter a porcentagem de saturação é necessário relacionar o valor absoluto com a temperatura e a pressão (Esteves, 1998).

A principal causa da redução do oxigênio dissolvido é o aporte de matéria orgânica no ambiente aquático, pois a oxidação deste material depende de grandes quantidades de oxigênio dissolvido. Quando a quantidade de oxigênio dissolvido necessária para a decomposição oxidativa da matéria orgânica é maior do que a taxa de suprimento de oxigênio, ocorre um decréscimo na concentração desse gás e esta redução pode influenciar a taxa de sobrevivência e as atividades vitais (crescimento, reprodução, entre outras) de peixes e de outros organismos aquáticos (Warren, 1971a *apud* Rantin e Marins, 1984).

A contínua respiração de animais e plantas também atua na redução da quantidade de oxigênio dissolvido, pois quanto maior a quantidade de organismos no ambiente, maior será o consumo de oxigênio. Em lagos com alta produtividade, é comum observar valores críticos de oxigênio dissolvido durante a noite, uma vez que, além de não haver nenhuma atividade fotossintetizante, os organismos mantêm as taxas de consumo de oxigênio (Rantin e Marins, 1984).

A flutuação do oxigênio dissolvido varia em tanques de cultivo conforme o sistema empregado, ou seja, quanto maior a densidade de estocagem em um viveiro, maior será a variação diurna do oxigênio dissolvido (Arana, 1997).

Os estudos sobre adaptação de organismos aquáticos a condições de hipóxia (baixas concentrações de oxigênio dissolvido) indicam que é muito freqüente observar mudanças morfológicas, bioquímicas e/ou fisiológicas nos organismos submetidos a tal situação, mudanças essas que otimizam a utilização do oxigênio dissolvido nestas circunstâncias. Entre as adaptações morfológicas, destaca-se a expansão dermal em torno do maxilar inferior, apresentada por alguns peixes (*Brycon* sp., *Colossoma macropomum* e *Colossoma bidens*). Quando o ambiente apresenta condições críticas de oxigênio, esses animais são capazes de desenvolver, em poucas horas, uma expansão da derme do maxilar inferior, possibilitando um melhor aproveitamento do oxigênio presente na camada superficial da água (Esteves, 1998). O aumento da ventilação branquial é uma das respostas fisiológicas mais utilizadas por esses organismos (Fernandes et al., 1999). Adaptações bioquímicas incluem a síntese de hemoglobina e a regulação de fosfatos orgânicos intra-eritrocitários como o ATP e GTP, moduladores da afinidade da hemoglobina pelo oxigênio (Rantin e Marins, 1984). Em um estudo de estresse oxidativo realizado com juvenis de piapara, *Leporinus elongatus*, foi constatado que o gasto energético com defesas antioxidantes em peixes submetidos a hipóxia foi semelhante ou até mesmo superior em relação aos peixes submetidos a valores de oxigênio próximos à saturação. Isso indica que uma fração significativa da energia disponível para piapara submetida à hipóxia é direcionada para síntese de antioxidantes (Wilhelm Filho et al., 2005).

Algumas espécies de peixes não possuem adaptações capazes de regular a respiração, fazendo com que o consumo de oxigênio pelas mesmas dependa da pressão parcial de oxigênio presente no ambiente. Estes organismos, incapazes de regular a tomada de oxigênio, são denominados de conformistas. Os animais reguladores ou não conformistas apresentam respiração independente, ou seja, quando expostos a concentrações de oxigênio superiores à pressão crítica, mantêm suas taxas metabólicas estáveis. Abaixo desta pressão crítica, a atividade metabólica e o consumo de oxigênio dependem da pressão parcial de oxigênio (Rantin e Marins, 1984; Fernandes et al., 1999).

Burleson *et al.* (2001) estabeleceram um gradiente de concentração de oxigênio de 10 a 95 % em uma câmara de 5 metros e observaram que o “largemouth bass” (*Micropterus salmoides*) evita água com valores de oxigênio inferiores a 27% de saturação. Esses resultados indicam a capacidade da espécie em perceber e evitar a hipóxia da água e assim selecionar ambientes com concentrações de oxigênio capazes de suprir suas necessidades metabólicas.

## *Amônia*

A amônia é o principal produto nitrogenado do metabolismo de proteínas de peixes teleósteos (Foster e Goldstein, 1969) sendo encontrada nas formas ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) e não ionizada ( $\text{NH}_3$ ). A forma não ionizada atravessa facilmente o epitélio branquial de acordo com o gradiente de concentração existente entre sangue e meio externo. A toxicidade da amônia em organismos aquáticos é atribuída à forma não ionizada (Thurston et al., 1981).

A alimentação de peixes, em sistemas de cultivo, apresenta altos níveis protéicos e apenas uma fração dessa proteína é assimilada e convertida em biomassa. A grande maioria do nitrogênio ingerido é eliminado na forma orgânica (fezes e uréia) e amônia (Boyd, 1998). O acúmulo de nitrogênio, em unidades de cultivo, também pode ser acentuado em função da decomposição de alimento não consumido e através da adição de fertilizantes (Baldisserotto, 2002).

A reciclagem da amônia é realizada por bactérias quimioautotróficas dos gêneros *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, as quais oxidam a amônia em nitrato e nitrito, respectivamente. A velocidade dessas reações de nitrificação aumenta nas condições de pH entre 7 e 8 e em temperaturas de 25 a 35°C (Boyd, 1979).

Com o aumento da concentração de amônia na água ocorre uma redução no gradiente de difusão entre o sangue e o meio externo, ocasionando um aumento na quantidade de amônia no sangue e tecidos, gerando sérios problemas fisiológicos (Boyd, 1998). Os principais sintomas da toxicidade aguda da amônia são a hiperatividade, convulsões, perda de equilíbrio e coma.

A amônia também causa sérios problemas na capacidade dos organismos aquáticos em transportar oxigênio aos tecidos. Entre esses problemas destacam-se os danos causados nas brânquias, redução no pH sanguíneo (diminui a capacidade do sangue em transportar oxigênio), aumento na demanda de oxigênio, danos histológicos em células sanguíneas e nos tecidos que as produzem (Colt e Armstrong, 1981).

## **Toxicidade**

Existem várias substâncias que podem ser tóxicas aos organismos aquáticos, mas as causas mais comuns de toxicidade em viveiros de aquicultura são baixas concentrações de oxigênio

dissolvido, baixos ou altos valores de pH e elevadas concentrações de metabólitos como amônia, nitrito e dióxido de carbono (Boyd, 1998).

Em testes de toxicidade, os organismos são expostos a diferentes concentrações de agentes tóxicos sob condições controladas de laboratório, com duração geralmente não superior a 96 horas. Deve-se conhecer a origem dos organismos utilizados nesses testes, uma vez que indivíduos da mesma espécie e de diferentes procedências podem responder distintamente aos agentes tóxicos (Boyd, 1998).

Os dados obtidos nesses testes são analisados estatisticamente, resultando em estimativas de toxicidade aguda. A estimativa mais utilizada em testes de toxicidade é o valor de CL50 (concentração responsável pela morte de 50% dos organismos). Baixos valores de CL50 indicam que mesmo em baixas concentrações dessa toxina pode ocorrer uma grande mortalidade de organismos, mostrando a ampla toxidez de tal substância. Para o oxigênio dissolvido, a interpretação é contrária, na qual baixos valores de CL50 representam que o organismo é bastante resistente a esse parâmetro de qualidade de água.

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar os efeitos ocasionados pela amônia e oxigênio dissolvido na sobrevivência e crescimento de alevinos de dourado. Para isso, foram realizados três experimentos: no primeiro avaliou-se a toxicidade aguda de amônia em baixos valores de oxigênio dissolvido; no segundo, foi calculada a concentração letal média de oxigênio dissolvido sob elevadas concentrações de amônia. No terceiro teste, avaliou-se o efeito crônico do oxigênio dissolvido na sobrevivência, crescimento e utilização de alimento.

O artigo apresentado está de acordo com as normas da Revista “Aquaculture” (Editora Elsevier).

## EFEITO DA COMBINAÇÃO DE AMÔNIA E OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DE DOURADO *Salminus brasiliensis*

### Resumo

O oxigênio dissolvido e a amônia representam os dois principais parâmetros de qualidade da água capazes de limitar as densidades de estocagem de organismos aquáticos em sistemas produtivos. O dourado é uma espécie que tem se destacado na piscicultura pelo seu alto valor de mercado, porém ainda existem poucos trabalhos avaliando as exigências para o seu cultivo em escala comercial. O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração letal média de oxigênio dissolvido em altas concentrações de amônia e avaliar a influência de baixos valores de oxigênio dissolvido na toxicidade da mesma. Para isso, foram realizados dois experimentos de 96 horas, utilizando juvenis de dourado com peso médio de  $3,77 \pm 1,24$  g e comprimento médio total de  $7,0 \pm 0,8$  cm. No primeiro experimento, testaram-se os seguintes valores de amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$ ): 0,026 (controle) / 0,447 / 0,612 / 0,909 / 1,334 mg/l de  $\text{NH}_3$ . Os valores de oxigênio dissolvido foram mantidos próximos a 1,65 mg/l. No segundo experimento, testaram-se os seguintes valores de oxigênio dissolvido: 1,64 / 1,99 / 3,33 / 5,10 / 7,77 mg/l. Os valores de amônia não ionizada foram mantidos próximos a 0,927 mg/l. As concentrações letais médias para amônia não ionizada variaram de 0,584 a 0,577 mg/l, indicando que os valores de CL50 são poucos influenciados pelo tempo de exposição. As estimativas de CL50 de oxigênio dissolvido variaram de 4,02 a 5,02 mg/l, indicando um leve acréscimo nas concentrações letais médias à medida que aumenta o tempo de exposição. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a interação entre esses dois parâmetros avaliados causa acentuada taxa de mortalidade, sugerindo que o dourado é muito suscetível à combinação de elevadas concentrações de amônia com baixos valores de oxigênio dissolvido.

## 1. Introdução

O oxigênio dissolvido e a amônia na água representam os principais fatores limitantes em sistemas de cultivo (Boyd et al., 1990; Boyd e Watten, 1989). A amônia é o principal produto nitrogenado do metabolismo de peixes teleósteos (Foster e Goldstein, 1969) e é encontrada em águas naturais sob as formas: ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) e não-ionizada ( $\text{NH}_3$ ). A toxicidade da amônia em organismos aquáticos é atribuída, principalmente, à forma não ionizada (Thurston et al., 1981a). O equilíbrio entre as formas de amônia é bastante dependente do pH da água, sendo menos influenciado pela temperatura e salinidade. Outros fatores que interferem no equilíbrio aquoso também afetam a toxicidade da amônia.

Existem vários trabalhos avaliando a toxicidade da amônia em peixes (Haywood, 1983; EPA, 1984; Meade, 1985; Person-Le Ruyet et al., 1995), porém estes testes foram conduzidos em condições de oxigênio dissolvido próximo à saturação. Alguns estudos com peixes de água doce indicam que reduções nos níveis de oxigênio dissolvido aumentam a toxicidade da amônia (Lloyd, 1961; Alabaster et al., 1979; Thurston et al., 1981b; Wajsbrodt et al., 1991). O oxigênio dissolvido apresenta uma ampla variação diurna em viveiros de aquicultura, sendo muito comum encontrar valores extremamente baixos ao amanhecer. Ampla mortalidade de peixes vem sendo atribuída à combinação de elevadas concentrações de amônia com baixos valores de oxigênio dissolvido (Krom et al., 1985).

Para juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*), as concentrações letais médias de amônia tóxica e oxigênio dissolvido foram estimadas separadamente por Gazzola (2003), observando um valor de CL50-96h de 0,75 mg/l para o oxigênio dissolvido e 1,83 mg/l para amônia tóxica.

A maior parte dos trabalhos avaliando a toxicidade da amônia não consideram a influência do oxigênio dissolvido na concentração letal da amônia, embora as águas poluídas geralmente apresentam baixas concentrações de oxigênio. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de baixos níveis de oxigênio na toxicidade da amônia e a influência de altas concentrações de  $\text{NH}_3$  na concentração letal de oxigênio dissolvido.

## **2. Materiais e Métodos**

### *2.1. Origem dos peixes e condições experimentais*

Os juvenis de dourado foram produzidos na Estação de Piscicultura de São Carlos (SC) a partir de reprodutores selvagens capturados no alto rio Uruguai. Os peixes foram transportados até o Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce da Universidade Federal de Santa Catarina, onde foram mantidos em tanques de 1000 litros por um período de adaptação. Durante este período, os peixes eram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial (40% proteína bruta).

Após esta fase de aclimação, 10 peixes com peso médio de  $3,77 \pm 1,24$  g (média  $\pm$  desvio padrão) e comprimento médio de  $7,0 \pm 0,8$  cm foram transferidos para cada uma das unidades experimentais. Os tanques utilizados eram retangulares com volume útil de 90 litros. A última alimentação fornecida aos peixes foi efetuada 16 horas antes do início do experimento, permanecendo sem o fornecimento de ração ao longo das 96 horas de duração do teste.

### *2.2. Procedimento e desenho experimental*

A concentração de oxigênio dissolvido foi monitorada a cada três horas com um oxímetro digital (YSI – 55) e quando necessário foi regulada a entrada de ar comprimido ou nitrogênio para manutenção da concentração de oxigênio dissolvido nos valores pré-determinados para cada tratamento. Os valores de amônia total, pH e temperatura foram medidos a cada seis horas utilizando-se uma sonda multiparâmetros (YSI – 6600). Nesse momento, o pH era ajustado através da adição de soluções de ácido sulfúrico (10%) ou de hidróxido de sódio (10%) para acidificar ou alcalinizar, respectivamente, garantindo a manutenção da concentração de amônia não ionizada nos valores pré-determinados para os distintos tratamentos. A cada seis horas os peixes mortos foram retirados, quantificados e realizada a coleta de água para posterior análise em laboratório da amônia total, pelo método do indofenol (Koroleff, 1975), cujos valores foram utilizados para calcular a concentração letal de amônia. A análise de nitrito e alcalinidade foi realizada apenas no início do experimento utilizando o método descrito por Golterman et al. (1978) e titulação direta, respectivamente.

O cálculo da fração de amônia não ionizada foi realizado através da fórmula de Emerson et al. (1975).

$$\%NH_3 = 100 / [1 + 10^{(\log K_1 - pH)}]$$

com

$$\log K_1 = -0,467 + 2,887,9 \times T^{-1}$$

onde  $K_1$  representa a constante de dissociação e  $T$  a temperatura ( $^{\circ}K$ ).

Diariamente, foi realizada uma renovação de 50% de água em cada uma das unidades experimentais, utilizando-se água previamente tratada com bicarbonato de sódio e cloreto de amônia com objetivo de manter as características dos parâmetros de qualidade de água. Foram utilizadas quatro repetições para cada tratamento.

*Experimento 1: Determinação da concentração letal média (CL50-96 h) de amônia em baixos níveis de oxigênio dissolvido*

As concentrações de amônia não ionizada testadas foram: 0,026 (controle) / 0,447 / 0,612 / 0,909 / 1,334 mg/l  $NH_3$ . Os tratamentos testes correspondem a 20,1 / 27,5 / 40,9 / 60,0 % do valor de CL50-96 horas definido no trabalho de Gazzola, 2003. A água foi preparada em reservatórios de 1000 litros, onde foi adicionado 100 gramas de bicarbonato de sódio ( $NaHCO_3$ ) para aumentar a alcalinidade e manter o pH estável, e cloreto de amônia ( $NH_4Cl$ ) para atingir os valores de  $NH_3$  pré-estabelecidos. Para manter a concentração de oxigênio dissolvido próximo a 1,65 mg/l, foi injetado nitrogênio gasoso ( $N_2$ ) quando necessário.

*Experimento 2: Determinação da concentração letal média (CL50-96 h) de oxigênio dissolvido em altos níveis de amônia*

As concentrações de oxigênio dissolvido testadas foram: 1,64 / 1,99 / 3,33 / 5,10 / 7,77 mg/l, correspondendo a 219 / 265 / 444 / 680 / 1036 % do valor de CL50-96 horas definido no trabalho de Gazzola, 2003. A água utilizada foi preparada da mesma maneira que no primeiro experimento e buscou-se manter os valores de amônia não ionizada próximos a 0,927 mg/l. Apenas nos

tratamentos 1,64 e 1,99 mg/l foi necessária a utilização de nitrogênio gasoso para atingir a concentração de oxigênio dissolvido desejada.

### 2.3. Análise estatística

As concentrações letais médias (CL50) de amônia não ionizada e de oxigênio dissolvido foram calculadas através do programa Probit desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA). As diferenças entre os parâmetros de qualidade de água dos tratamentos foram verificadas através da análise de variância e do teste Tukey.

## 3. Resultados

### *Experimento 1: Determinação da concentração letal média (CL50-96 h) de amônia em baixos níveis de oxigênio dissolvido*

Os valores de oxigênio dissolvido, temperatura, pH e alcalinidade foram semelhantes entre os diferentes tratamentos com valor médio de 1,65 mg/l, 25,2 °C, 8,00 e 78,5 mg/l, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de amônia não ionizada, amônia total, oxigênio dissolvido, temperatura, pH, nitrito e alcalinidade observados ao longo das 96 horas de experimento.

| <b>NH<sub>3</sub></b><br><b>(mg/l)</b>        | <b>NH<sub>4</sub>+NH<sub>3</sub></b><br><b>(mg/l)</b> | <b>OD</b><br><b>(mg/l)</b>               | <b>Temperatura</b><br><b>(°C)</b>      | <b>pH</b>                                | <b>Nitrito</b><br><b>(mg/l)</b> | <b>Alcalinidade</b><br><b>(mg/l)</b> |
|---|---|--|--|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| <b>0,026±0,011 a</b><br>(0,011-0,059)<br>n=97 | <b>0,42±0,07 a</b><br>(0,29 - 0,59)<br>n=67           | <b>1,67±0,53</b><br>(0,72-3,37)<br>n=116 | <b>25,2±0,2</b><br>(25,4-25,6)<br>n=68 | <b>8,00±0,16</b><br>(7,65-8,36)<br>n=98  | <b>0,0020</b>                   | <b>74,67</b>                         |
| <b>0,447±0,089 b</b><br>(0,077-0,656)<br>n=93 | <b>7,22±1,48 b</b><br>(5,84-10,25)<br>n=60            | <b>1,65±0,52</b><br>(0,47-3,91)<br>n=116 | <b>25,3±0,2</b><br>(24,8-25,7)<br>n=67 | <b>8,05±0,10</b><br>(7,86-8,29)<br>n=104 | <b>0,0020</b>                   | <b>77,59</b>                         |
| <b>0,612±0,098 c</b><br>(0,363-0,829)<br>n=95 | <b>9,70±0,67 c</b><br>(7,92-10,99)<br>n=59            | <b>1,73±0,48</b><br>(0,75-4,28)<br>n=100 | <b>25,1±0,2</b><br>(24,5-25,4)<br>n=59 | <b>8,05±0,07</b><br>(7,88-8,20)<br>n=96  | <b>0,0015</b>                   | <b>74,67</b>                         |
| <b>0,909±0,080 d</b><br>(0,901-0,919)<br>n=4  | <b>12,13±0,19 d</b><br>(11,88-12,30)<br>n=4           | <b>1,64±0,06</b><br>(1,59-1,70)<br>n=4   | <b>25,3±0,0</b><br>(25,3-25,3)<br>n=4  | <b>8,12±0,01</b><br>(8,12-8,13)<br>n=4   | <b>0,0014</b>                   | <b>76,13</b>                         |
| <b>1,334±0,068 e</b><br>(1,232-1,375)<br>n=4  | <b>19,32±0,19 e</b><br>(19,15-19,58)<br>n=4           | <b>1,55±0,04</b><br>(1,51-1,60)<br>n=4   | <b>25,3±0,0</b><br>(25,2-25,3)<br>n=4  | <b>8,09±0,02</b><br>(8,05-8,10)<br>n=4   | <b>0,0015</b>                   | <b>89,51</b>                         |

Resultados são expressos como média ± desvio padrão, (mínimo-máximo) e “n” representa o número de medidas realizadas. As diferentes letras nas colunas representam diferenças significativas (Tukey, P<0,05)

Todos os peixes submetidos às concentrações de 0,909 e 1,334 mg/l  $\text{NH}_3$  morreram nas primeiras seis horas de exposição. A sobrevivência ao final de 96 horas de exposição dos peixes submetidos à concentração de 0,447 mg/l foi de  $90,2 \pm 14,1$  %, semelhante à observada no tratamento controle contendo 0,026 mg  $\text{NH}_3$ /l ( $95,0 \pm 5,8$ %). Os peixes mantidos na concentração de 0,612 mg/l apresentaram uma sobrevivência de  $17,5 \pm 15,0$ % ao final do experimento (Figura 1).

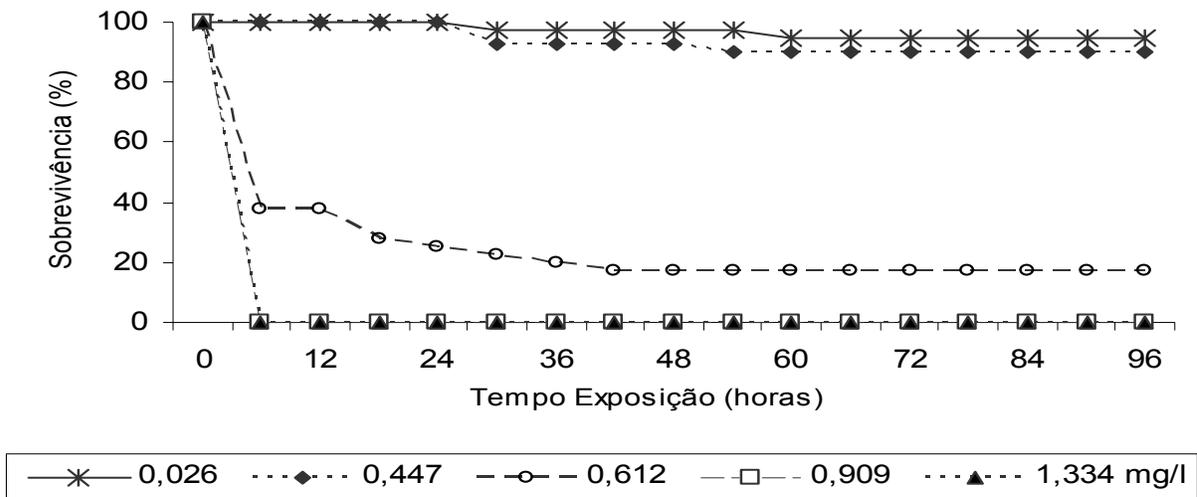


Figura 1. Taxa média de sobrevivência (%) dos juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*) expostos a diferentes concentrações de amônia não ionizada (mg/l), ao longo do experimento. Valor médio de oxigênio dissolvido de 1,65 mg/l.

Os valores de CL50 variaram de 0,584 mg/l a 0,577 mg/l, indicando que a concentração letal média de amônia não ionizada é pouco influenciada pelo tempo de exposição. Os valores estimados de CL50 e os seus respectivos intervalos de confiança estão expressos na figura 2.

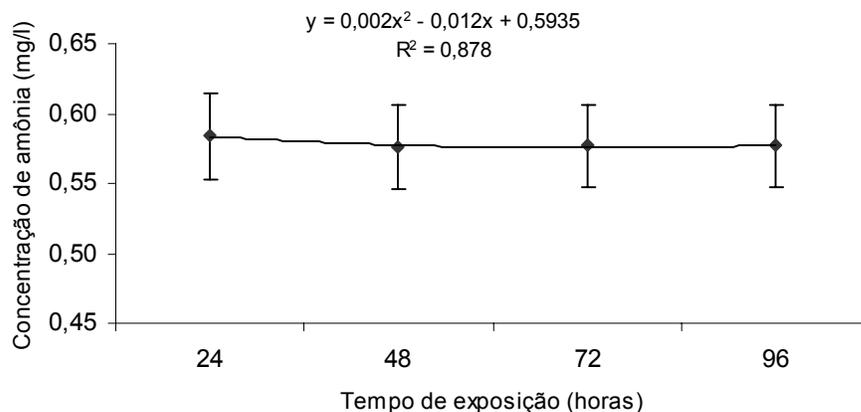


Figura 2. Valores de CL50 de amônia não ionizada para juvenis de dourado, *Salminus brasiliensis*, ao longo do tempo de exposição e os respectivos intervalos de confiança (95%). Valor médio de oxigênio dissolvido de 1,65 mg/l.

*Experimento 2: Determinação da concentração letal média (CL50-96 h) de oxigênio dissolvido em altos níveis de amônia*

Os valores de temperatura, pH e amônia não ionizada da água foram semelhantes entre os diferentes tratamentos, com valores médios de 25,2 °C, 8,10 e 0,920 mg/l, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia não ionizada, amônia total, nitrito e alcalinidade observados ao longo das 96 horas de experimento.

| <b>OD<br/>(mg/l)</b>                       | <b>Temperatura<br/>(°C)</b>            | <b>pH</b>                                | <b>NH<sub>3</sub><br/>(mg/l)</b>             | <b>NH<sub>4</sub>+NH<sub>3</sub><br/>(mg/l)</b> | <b>Nitrito<br/>(mg/l)</b> | <b>Alcalinidade<br/>(mg/l)</b> |
|--|--|--|--|---|---------------------------|--------------------------------|
| <b>1,64±0,06 a</b><br>(1,59-1,70)<br>n=4   | <b>25,3±0,0</b><br>(25,3-25,3)<br>n=4  | <b>8,12±0,01</b><br>(8,12-8,13)<br>n=4   | <b>0,909±0,008</b><br>(0,901-0,919)<br>n=4   | <b>12,13±0,19</b><br>(11,88-12,30)<br>n=4       | <b>0,0014</b>             | <b>76,13</b>                   |
| <b>1,99±0,10 a</b><br>(1,89-2,08)<br>n=4   | <b>25,4±0,0</b><br>(25,3-25,4)<br>n=4  | <b>8,07±0,03</b><br>(8,02-8,10)<br>n=4   | <b>0,827±0,058</b><br>(0,746-0,881)<br>n=4   | <b>12,32±0,04</b><br>(12,28-12,38)<br>n=4       | <b>0,0015</b>             | <b>75,65</b>                   |
| <b>3,33±0,33 b</b><br>(2,57-4,17)<br>n=68  | <b>25,2±0,2</b><br>(24,9-25,6)<br>n=25 | <b>8,09±0,08</b><br>(7,92-8,29)<br>n=54  | <b>0,903±0,146</b><br>(0,611-1,513)<br>n=52  | <b>12,69±1,01</b><br>(11,41-14,87)<br>n=39      | <b>0,0018</b>             | <b>76,62</b>                   |
| <b>5,10±0,61 c</b><br>(3,72-7,18)<br>n=116 | <b>25,1±0,3</b><br>(24,5-25,6)<br>n=68 | <b>8,07±0,12</b><br>(7,93-8,40)<br>n=113 | <b>0,923±0,132</b><br>(0,716-1,663)<br>n=113 | <b>14,20±1,55</b><br>(12,39-16,67)<br>n=68      | <b>0,0021</b>             | <b>76,86</b>                   |
| <b>7,77±0,34 d</b><br>(5,91-8,44)<br>n=116 | <b>25,2±0,2</b><br>(24,0-25,6)<br>n=68 | <b>8,17±0,06</b><br>(8,00-8,31)<br>n=78  | <b>1,027±0,109</b><br>(0,814-1,277)<br>n=74  | <b>12,42±1,20</b><br>(10,06-15,10)<br>n=64      | <b>0,0017</b>             | <b>75,14</b>                   |

Resultados são expressos como média ± D.P., (mínimo-máximo) e “n” representa o número de medidas realizadas. As diferentes letras nas colunas representam diferenças significativas (Tukey, P<0,05).

A sobrevivência foi bastante influenciada pelos níveis de oxigênio dissolvido testados (Figura 3). Os peixes submetidos aos valores de 1,64 e 1,99 mg/l de oxigênio dissolvido morreram nas primeiras seis horas de experimento. Os tratamentos intermediários, mantidos com valores de oxigênio dissolvido de 3,33 e 5,10 mg/l apresentaram taxas de sobrevivência final de 12,5% e 55,0%, respectivamente. A taxa de sobrevivência final no tratamento submetido à concentrações de oxigênio de 7,77 mg/l foi de 86,3%. A figura 3 representa as taxas de sobrevivência obtidas nos diferentes grupos experimentais ao longo das 96 horas de duração do experimento.

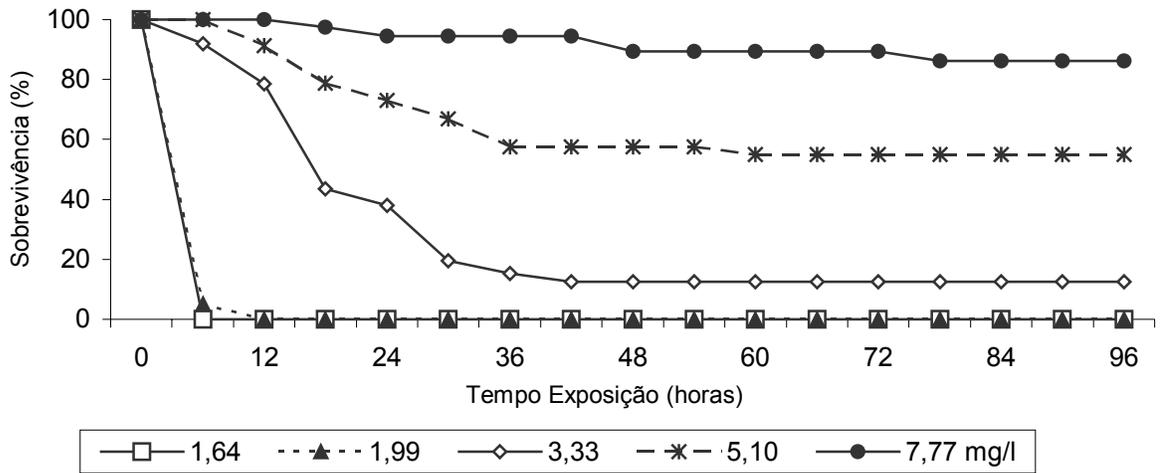


Figura 3. Taxa média de sobrevivência (%) dos juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*) expostos às diferentes concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l), ao longo do experimento. Valor médio de amônia não ionizada de 0,927 mg/l.

Os valores de CL50 variaram de 4,02 a 5,02 mg/l ao longo do experimento, indicando um leve acréscimo nas concentrações letais médias à medida que aumenta o tempo de exposição a essas condições. A figura 4 representa os valores de CL50 de oxigênio dissolvido obtidos ao longo do experimento.

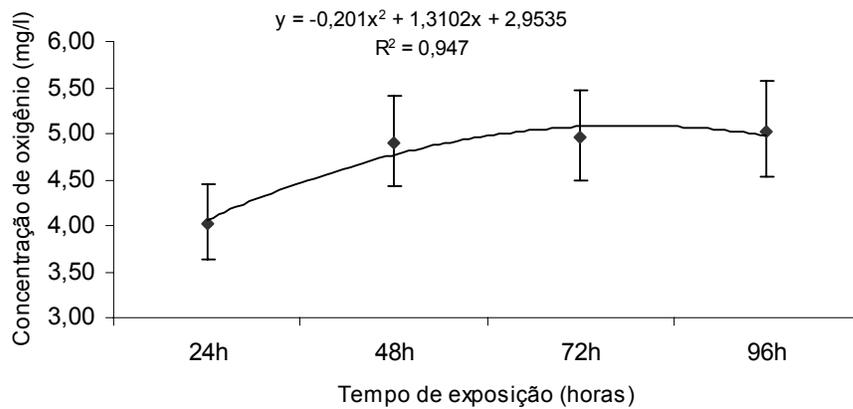


Figura 4. Valores de CL50 de oxigênio dissolvido para juvenis de dourado, *Salminus brasiliensis*, ao longo do tempo de exposição e os respectivos intervalos de confiança (95%). Valor médio de amônia não ionizada de 0,927 mg/l.

#### 4. Discussão

O aumento dos níveis de amônia presente na água promove uma redução nas taxas de excreção de amônia na maioria dos animais aquáticos, o que acaba elevando a concentração de amônia no sangue e nos tecidos (Colt e Armstrong, 1981). Altas concentrações corpóreas de amônia podem induzir uma série de efeitos deletérios (Ip et al., 2001).

Os efeitos ocasionados pela amônia no transporte de oxigênio acabam prejudicando a capacidade das espécies em fornecer oxigênio aos tecidos. Entre esses efeitos, incluem-se possíveis danos às brânquias, redução na capacidade do transporte de oxigênio devido à redução no pH sanguíneo (Sousa e Meade, 1977), aumento na demanda de oxigênio e danos histológicos nos eritrócitos e nos tecidos que os produzem (Colt e Armstrong, 1981). A exposição de truta arco-íris a níveis letais de amônia resulta no aumento do consumo de oxigênio em aproximadamente três vezes (Smart, 1978).

Os valores de CL50 obtidos neste trabalho para amônia foram bastante inferiores aos registrados por Gazzola (2003) para juvenis de *Salminus brasiliensis* mantidos em condições próximas à saturação de oxigênio dissolvido. O valor registrado no presente trabalho foi 71,3% menor quando a concentração de oxigênio passou de 6,74 mg/l para 1,65 mg/l. Essa diferença era esperada uma vez que a toxicidade da amônia pode aumentar 2,5 vezes com a redução da concentração de oxigênio dissolvido de 100 para 40% de saturação (Lloyd, 1961). Em um trabalho com truta arco-íris (*Salmo gairdneri*), Thurston et al., 1981b conduziram 15 testes de CL50-96h para amônia não ionizada em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido (2,6 – 8,6 mg/l) obtendo uma correlação linear positiva entre a concentração letal média e a concentração de oxigênio dissolvido.

O valor letal de oxigênio dissolvido para juvenis de *S. brasiliensis* mantidos em condição de mínima concentração de amônia, obtido por Gazzola (2003) foi superior ao valor observado neste trabalho. Dessa forma, quando a concentração de amônia não-ionizada passou de 0,003 mg/l para 0,927 mg/l o valor de CL50 elevou de 0,75 mg/l de oxigênio dissolvido (Gazzola, 2003) para 4,52 mg/l de OD obtido neste trabalho.

O conhecimento dos limites de tolerância de uma espécie a determinados parâmetros de qualidade de água é de extrema importância para o sucesso do cultivo em cativeiro. Em viveiros de aquicultura é muito comum observar variações diurnas nos valores de oxigênio dissolvido

(Madenjian et al., 1987). Durante a noite, podem ocorrer crises de hipóxia, que associadas a elevadas concentrações de amônia, resultam em grande mortalidade de peixes. Quando se constata que os níveis de amônia encontram-se elevados, deve-se ficar atento a outros parâmetros de qualidade de água, tais como, o oxigênio dissolvido e o pH. Para elevar os níveis de oxigênio pode ser utilizado aerador mecânico e/ou aumentar a taxa de renovação de água. Caso a água possua baixa alcalinidade, pode ocorrer uma ampla variação de pH ao longo do dia, apresentando altos valores de pH no período da tarde. Com o aumento do pH eleva-se a fração não ionizada de amônia o que pode acentuar bastante a toxicidade deste parâmetro. O conhecimento da dinâmica da qualidade da água dos viveiros de cultivo e das possibilidades de manejo, associado ao estabelecimento dos limites de tolerância da espécie cultivada, são informações necessárias para o sucesso da produção.

O presente trabalho indica que o efeito sinérgico do oxigênio dissolvido e da amônia é extremamente letal aos juvenis de dourado, demonstrando a importância do monitoramento destes parâmetros de qualidade da água para possibilitar um manejo adequado nas unidades de cultivo.

### **Referências**

- Alabaster, J.S., Shurben, D.G. and Knowles, G., 1979. The effect of dissolved oxygen and salinity on the toxicity of ammonia to smolts of salmon, *Salmo salar* L. J. Fish Biol. 15, 705-712.
- Beaumont, M.W., Taylor, E.W., Butler, P.J., 2000. The resting membrane potential of white muscle from brown trout (*Salmo trutta*) exposed to copper in soft, acid water. J. Exp. Biol. 203, 2229-2236.
- Boyd, C.E., 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co. Alabama. 482pp.
- Boyd, C.E., Watten, B.J., 1989. Aeration systems in aquaculture. Reviews Aquatic Sciences 1 (3), 425-472.
- Colt, J.E., Armstrong, D.A., 1981. Nitrogen toxicity to crustaceans, fish and mollusks. In: L. Allen and E. Kinney, eds. Proceedings of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture. Fish Culture Section of the American Fisheries Society, Bethesda, Maryland USA. 34-47.

- Emerson, K., Russo, R.C., Lund, R.E., and Thurston, R.V., 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Board Can.* 32 (12), 2379-2388.
- Environmental Protection Agency, 1984. Ambient water quality criteria for ammonia-1984. National Technical Information Service, Springfield, VA.
- Foster, R.P. and Goldstein, L., 1969. Formation of excretory products. In: W.S. Hoar e D.J. Randall (editors), *Fish Physiology*, 1. Academic Press, New York, NY, 313-350.
- Gazzola, A.C., 2003. Efeito da amônia e do oxigênio dissolvido na sobrevivência de alevinos de dourado, *Salminus brasiliensis*. (MSc Dissertation). Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Golterman, H., Clymo, R.S., Ohnstad, M.A.M., 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh water. Blackwell Scientific Publication. Oxford, 213pp.
- Haywood, G.P., 1983. Ammonia toxicity in teleost fishes: a review. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 1177, 1-35.
- Ip, Y.K., Chew, S.F., Randall, D.J., 2001. Ammonia toxicity, tolerance, and excretion. In: Wright, P.A., Anderson, P.M. eds., *Fish Physiology*, v. 20, Academic Press, New York, 109-148,
- Krom, M.D., Porter, C. and Gordin, H., 1985. Causes of fish mortalities in semi-intensively operated seawater ponds in Eilat, Israel. *Aquaculture* 49, 159-177.
- Lloyd, R., 1961. Effect of dissolved oxygen concentration on the toxicity of several poisons to rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *J. Exp. Biol.* 38 (2), 447-455.
- Madenjian, C.P., Rogers, G.L., Fast, A.W. 1987. Predicting night time dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii: part I. Evaluation of traditional methods. *Aquacult. Eng.* 6, 191-208.
- Meade, J.W., 1985. Allowable ammonia for fish culture. *Prog. Fish Cultur.*, 47, 135-145.
- Person-Le Ruyet, J., Chartois, H., Quemener, L., 1995. Comparative acute ammonia toxicity in marine fish and plasma ammonia response. *Aquaculture* 136, 181-194.
- Randall, D.J. and Tsui, T.K.N., 2002. Ammonia toxicity in fish. *Mar. Pollut. Bull.* 45, 17-23.
- Smart, G.R., 1978. Investigation of the toxic mechanisms of ammonia to fish – Gas exchange in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) exposed to acutely lethal concentrations. *J. Fish Biol.* 12 (1), 93-104.
- Sousa, R.J. and Meade, T.L., 1977. The influence of ammonia on the oxygen delivery system of the coho salmon hemoglobin. *Comp. Biochem. Physiol. A* 58 (1), 23-28.

Thurston, R.V., Russo, R.C. and Vinogradov, G.A., 1981a. Ammonia toxicity to fish. Effect of pH on the toxicity of the un-ionized ammonia species. *Environ. Sci. Technol.* 15 (7), 837-840.

Thurston, R.V., Phillips, G.R., Russo, R.C. and Hynkins, S.M., 1981b. Increased toxicity of ammonia to rainbow trout (*Salmo gairdneri*) resulting from reduced concentrations of dissolved oxygen. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38 (8), 983-988.

Wajsbrodt, N., Gasith, A., Krom, M.D., Popper, D.M., 1991. Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* under reduced oxygen levels. *Aquaculture* 92, 277-288.

## **EFEITO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E CONSUMO DE ALIMENTO EM JUVENIS DE DOURADO, *Salminus brasiliensis***

### **Resumo**

A falta de conhecimento sobre a influência de parâmetros de qualidade da água na fisiologia de peixes nativos do Brasil vem limitando a produção destas espécies em escala comercial, sendo que o oxigênio dissolvido é um dos principais fatores limitantes para a piscicultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do oxigênio dissolvido na sobrevivência, crescimento, consumo de alimento e conversão alimentar de juvenis de dourado. O experimento teve duração de 56 dias, e os valores de oxigênio dissolvido testados foram: 1,82 / 3,43 / 5,04 / 6,29 mg/l (controle). Cada tratamento foi realizado com 4 repetições, exceto no controle que foi testado em triplicata. Foram utilizados 10 juvenis de dourado para cada uma das unidades experimentais, constituídas por tanques de fibra de vidro com volume útil de 90 litros e renovação de água de 2,4 vezes ao dia. O monitoramento do oxigênio dissolvido foi realizado três vezes ao dia, e de acordo com a necessidade regulava-se a entrada de ar. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia com duração de aproximadamente 3 horas para cada alimentação. A cada duas semanas foi avaliada a sobrevivência e realizadas medições individuais a fim de avaliar dados de crescimento. Diariamente pesava-se a quantidade de alimento ingerido para estimar o consumo médio diário e a conversão alimentar aparente. A sobrevivência final não apresentou diferença significativa entre os valores de oxigênio dissolvido testados, embora no tratamento com 1,82 mg/l tenha ocorrido 10 % de mortalidade. O peso médio e o consumo de alimento foram afetados pelas concentrações de oxigênio testadas. A taxa de crescimento específico variou conforme o período experimental, apresentando-se crescente em relação aos valores de oxigênio dissolvido. As taxas de crescimento específico foram de 0,127 / 0,530 / 0,714 / 0,863 % para os tratamentos contendo 1,82 / 3,43 / 5,04 / 6,29 mg/l de oxigênio, respectivamente. Estes resultados indicam que o dourado apresenta melhor desempenho de crescimento e utilização de alimento quando cultivado em altas concentrações de oxigênio dissolvido, e que valores superiores a 5,04 mg/l de oxigênio dissolvido melhora a produção desta espécie.

## Introdução

Dentre os parâmetros de qualidade da água, o oxigênio dissolvido é um dos mais importantes na caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo que as principais fontes de oxigênio para água são obtidas através da fotossíntese e da atmosfera. Por outro lado, as reduções de oxigênio devem-se ao consumo na decomposição de matéria orgânica, perdas para atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (Esteves, 1998).

Problemas relacionados com baixos valores de oxigênio dissolvido na água são muito comuns em viveiros fertilizados, principalmente naqueles eutróficos (Boyd, 1982). O conhecimento sobre as variações diurnas na taxa de consumo de oxigênio pode ser muito importante para escolher o modelo de produção e o cálculo das taxas de renovação necessárias ao sistema de cultivo (Fivelstad e Smith, 1991).

O consumo de oxigênio em peixes varia conforme a espécie, tamanho, atividade, temperatura, status nutricional entre outros fatores (Boyd, 1982). A maioria dos peixes exige níveis de oxigênio próximos a 5-6 mg/l, enquanto os valores inferiores a 3 mg/l podem causar estresse e os níveis menores que 1 mg/l podem ser letais (Baldisserotto, 2002).

O dourado, *Salminus brasiliensis* (= *S. maxillosus*), é um teleósteo migrador ativo encontrado em águas lóticis. Estudos relacionados a sua ecofisiologia relatam uma pressão crítica de oxigênio de 42 mmHg (a 27°C, corresponde a 2,08 mg/l de OD), sendo que em períodos de hipóxia acentuada (pressão parcial oxigênio inferior a 42mmHg), os mecanismos compensatórios de ventilação e respostas cardiovasculares são insuficientes para manter o transporte de oxigênio adequado, sugerindo que o dourado é uma espécie muito vulnerável à hipóxia (Souza *et al.*, 2001).

A despeito do crescente interesse no cultivo de espécies nativas na piscicultura brasileira, há carência de informações confiáveis sobre as exigências de cada espécie aos parâmetros de qualidade da água. Gazzola (2003) trabalhando com o dourado (*Salminus brasiliensis*) constatou que esta espécie é bastante resistente a baixos valores de oxigênio dissolvido, observando que peixes submetidos a 1,0 mg/l durante 96 horas apresentaram sobrevivência de 96,7 %.

Existem trabalhos sobre a influência do oxigênio dissolvido na fisiologia e sobrevivência do dourado, os quais além de apresentarem alguns resultados conflitantes, foram obtidos em

testes de curto prazo. Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito crônico do oxigênio dissolvido no crescimento e na utilização de alimento por juvenis de dourado.

## **Materiais e Métodos**

Os juvenis de dourado foram produzidos na Estação de Piscicultura de São Carlos (SC), a partir de reprodutores selvagens oriundos do alto rio Uruguai.

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD), do Departamento de Aqüicultura, da Universidade Federal de Santa Catarina, durante os meses de julho a setembro de 2004. Antes de iniciar o experimento, os peixes foram estocados em tanques de 1000 litros (volume útil de 800 litros), acoplados a um sistema de recirculação de água, equipado com filtro mecânico e biológico. Durante esse período os peixes eram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial (40% de proteína bruta) e a temperatura da água mantida próxima a 23 °C, através de aquecedores elétricos acoplados a termostatos.

Após esse período de quarentena, um lote de peixes foi selecionado para manter um grupo com tamanho homogêneo (peso médio de  $31,84 \pm 2,45$  g e comprimento total médio de  $150,4 \pm 3,6$  mm). Desse grupo foram separados aleatoriamente 10 exemplares e estocados em cada uma das unidades experimentais, onde permaneceram por um período de adaptação de uma semana. Durante esta semana os peixes foram mantidos em condições normais de oxigênio dissolvido (próximo a 7 mg/l), sendo alimentados duas vezes ao dia.

As unidades experimentais consistiram de tanques retangulares com volume útil de 90 litros, mantidos com renovação de água de aproximadamente 2,4 vezes ao dia. A água utilizada na renovação, além de ajustada com o teor de oxigênio de cada tratamento, era pré-aquecida, garantindo a temperatura homogênea nas unidades experimentais. Cada uma das unidades experimentais foi coberta com plástico a fim de evitar as trocas gasosas entre o tanque e a atmosfera. A luminosidade foi reduzida e o fotoperíodo utilizado foi de 14 horas luz e 10 horas escuro. Foram incluídos oito abrigos em cada unidade experimental, os quais, em um pré-teste, mostraram-se eficientes na redução do comportamento agressivo e do canibalismo.

Foram utilizados quatro diferentes concentrações de oxigênio dissolvido, sendo: 1,82 mg/l; 3,42 mg/l; 5,04 mg/l; 6,29 mg/l, com quatro repetições para os tratamentos teste e três

repetições no tratamento 6,29 mg/l de OD. O experimento teve duração de oito semanas (56 dias).

No início do experimento, o oxigênio dissolvido na água foi medido e ajustado a cada duas horas. Ao final de 24 horas, quando foi observada uma estabilização das concentrações de oxigênio pré-estabelecidas para cada tratamento, esse parâmetro passou a ser medido, juntamente com a temperatura, três vezes ao dia (8:00, 13:30 e 17:30 horas). Dessa forma, a representação da concentração diária de cada tratamento foi composta por 12 medições nos tratamentos teste e nove no controle. As medidas foram realizadas através de um oxímetro digital (YSI – 55) e quando necessário era regulada a entrada de ar. Os valores de pH e amônia foram medidos diariamente, através de uma sonda multiparâmetros (YSI – 6600).

A alimentação era fornecida até a saciedade aparente, duas vezes ao dia. Passados 20 minutos de cada alimentação, o consumo foi analisado em cada tanque, sendo fornecido mais alimento quando não eram observadas sobras de ração. Esse procedimento durava cerca de três horas a cada alimentação. Ao final de cada alimentação era quantificado o alimento consumido. Para esse fim foi calculado o peso médio de cada grão de ração (média de quatro estimativas de 250 pellets), havendo um desconto equivalente dos pellets não ingeridos. O consumo diário foi calculado através da soma do alimento ingerido nas duas alimentações diárias.

### *Análise Estatística*

Em intervalos de duas semanas foi realizada uma medição individual de peso e comprimento total de todas as unidades experimentais. Os peixes eram anestesiados com óleo de cravo (eugenol) na concentração de 0,025 ml/l por cerca de 3 minutos, e pesados em uma balança analítica com precisão de 0,01 gramas. O desempenho dos peixes foi medido através dos parâmetros de crescimento, sobrevivência e consumo de alimento avaliado, entre eles:

- Taxa de crescimento específico (SGR): calculada de acordo com a fórmula de Jobling (1994):  $SGR = 100(\ln W_2 - \ln W_1)(t_2 - t_1)^{-1}$ , onde  $W_2$  e  $W_1$  são peso médio no dia  $t_2$  e  $t_1$  respectivamente.
- Sobrevivência: porcentagem de sobrevivência final.
- Conversão alimentar aparente: (alimento consumido) / (biomassa final-biomassa inicial).

- Consumo médio diário: quantidade de ração consumida por dia, em cada unidade experimental.

O delineamento experimental foi totalmente casualizado. Os parâmetros de qualidade de água foram submetidos ao teste ANOVA fator único, seguido por um teste de comparação múltipla de médias (Tukey). O consumo médio diário, conversão alimentar aparente, crescimento em peso, ganho de peso e sobrevivência foram submetidos à análise de regressão. O nível de significância utilizado foi de 5 % ( $P < 0,05$ ).

## Resultados

### *Qualidade de Água*

Durante todo o período experimental, os parâmetros de qualidade da água foram semelhantes entre os distintos tratamentos. A concentração de oxigênio dissolvido de cada tratamento está representada na Figura 1, através dos valores médios diários. A temperatura, amônia total e amônia não ionizada apresentaram valores médios de  $27,0 \pm 1,0$  °C,  $125 \pm 76$  µg/l e  $1,4 \pm 0,8$  µg/l, respectivamente, enquanto os valores de pH variaram entre 7,14 e 7,36 (Tabela 1).

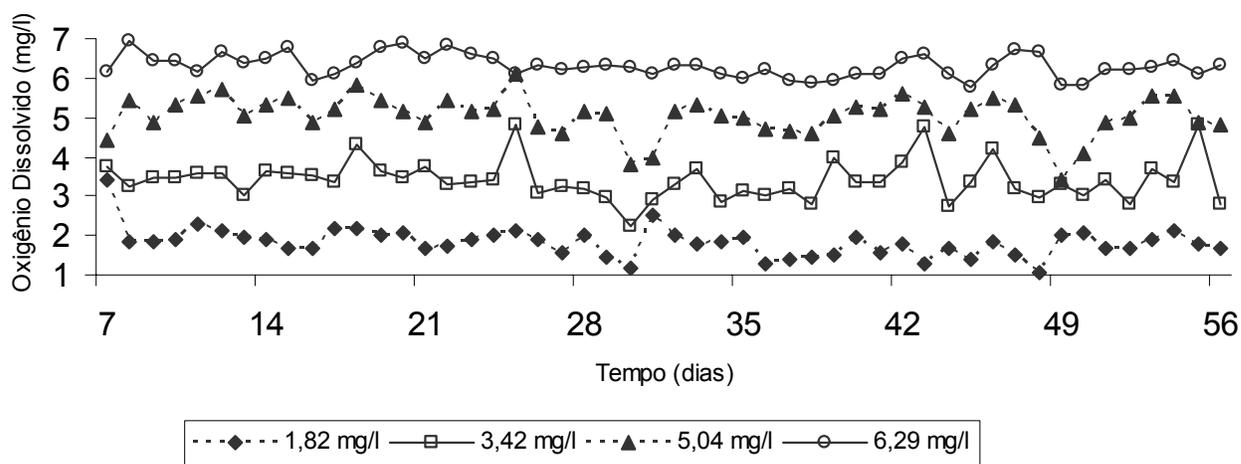


Figura 1. Valores médios diários da concentração de oxigênio dissolvido, medidos no decorrer do experimento para os distintos tratamentos.

Tabela 1. Valores médios diários (média±DP) da concentração de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia total e amônia não ionizada de cada tratamento.

| OD<br>(mg/l)                                      | Temperatura<br>(°C)                 | pH                                   | NH <sub>4</sub> +NH <sub>3</sub><br>(µg/l) | NH <sub>3</sub><br>(µg/l)        |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| 1,82 ± 0,37 <sup>a</sup><br>(1,05 - 3,41)<br>n=50 | 26,8 ± 0,9<br>(24,8 - 28,4)<br>n=50 | 7,22 ± 0,18<br>(6,95 - 7,58)<br>n=14 | 120 ± 73<br>(33 - 215)<br>n=14             | 1,3 ± 0,8<br>(0,4 - 3,3)<br>n=14 |
| 3,42 ± 0,52 <sup>b</sup><br>(2,24 - 4,83)<br>n=50 | 27,0 ± 1,0<br>(25,1 - 28,7)<br>n=50 | 7,14 ± 0,16<br>(6,91 - 7,49)<br>n=14 | 126 ± 76<br>(40 - 221)<br>n=14             | 1,1 ± 0,5<br>(0,4 - 1,8)<br>n=14 |
| 5,04 ± 0,51 <sup>c</sup><br>(3,40 - 6,09)<br>n=50 | 27,1 ± 1,0<br>(25,0 - 28,7)<br>n=50 | 7,21 ± 0,18<br>(6,80 - 7,54)<br>n=14 | 130 ± 84<br>(36 - 241)<br>n=14             | 1,4 ± 0,7<br>(0,4 - 2,7)<br>n=14 |
| 6,29 ± 0,33 <sup>d</sup><br>(5,65 - 6,98)<br>n=50 | 26,9 ± 0,9<br>(25,1 - 28,6)<br>n=50 | 7,36 ± 0,15<br>(7,14 - 7,64)<br>n=14 | 128 ± 80<br>(34 - 232)<br>n=14             | 1,8 ± 1,0<br>(0,5 - 4,2)<br>n=14 |

Resultados são expressos como média ± D.P., (mínimo-máximo) e “n” representa o número de medidas realizadas. As letras distintas na mesma coluna representam diferenças significativas (Tukey, P<0,05).

### *Sobrevivência*

Durante os primeiros 45 dias de experimento não foi observada mortalidade em nenhum dos tratamentos testados. Na última semana, em decorrência da redução da concentração de oxigênio dissolvido em duas unidades experimentais do tratamento T1, atingindo o valor de 1,05 mg/l, foi observada a mortalidade equivalente a 10%. Os valores de sobrevivência não apresentaram correlação com os tratamentos experimentais (regressão linear, P=0,0854).

### *Consumo de Alimento e Conversão Alimentar Aparente*

O consumo de alimento foi afetado significativamente pelos níveis de oxigênio dissolvido testados (regressão linear, P=0,0225), sendo que o consumo médio diário de ração foi de 3,08±0,52 g (média±desvio padrão), 5,58±1,12, 6,60±1,70 e 7,60±1,90 para os tratamentos contendo 1,82 mg/l, 3,42 mg/l, 5,04 mg/l e 6,29 mg/l de oxigênio dissolvido, respectivamente. A conversão alimentar aparente foi pior nos peixes submetidos a 1,82 mg/l de oxigênio, revelando uma menor eficiência desses peixes na conversão do alimento ingerido em ganho de peso (Figura 2).

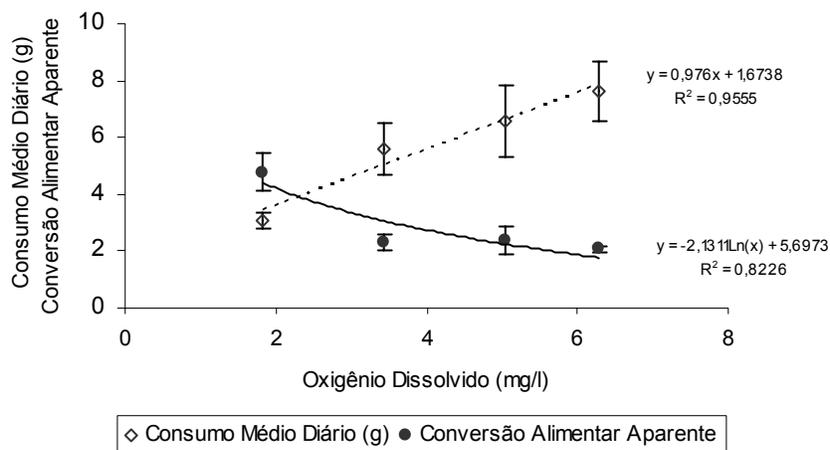


Figura 2. Relação entre o consumo médio diário de ração e a conversão alimentar aparente dos juvenis de dourado de acordo com as concentrações de oxigênio dissolvido. Resultados são expressos como média e as barras de erro representam o desvio padrão.

### Crescimento

O crescimento em peso foi inferior nos peixes submetidos à concentração de oxigênio dissolvido de 1,82 mg/l. Os peixes expostos aos valores de oxigênio dissolvido de 3,42 mg/l, 5,04 mg/l e 6,29 mg/l apresentaram peso médio final de 42,99 g, 49,40 g e 53,55 g, respectivamente (figura 3). O ganho em peso final apresentou uma forte relação com os valores de oxigênio dissolvido testados (regressão linear,  $P=0,00000262$ ), e os peixes submetidos aos valores de 1,82 mg/l, 3,42 mg/l e 5,04 mg/l apresentaram ganho de peso reduzido em 89,2%, 47,0% e 20,8%, respectivamente, quando comparado com o tratamento de 6,29 mg/l de oxigênio dissolvido.

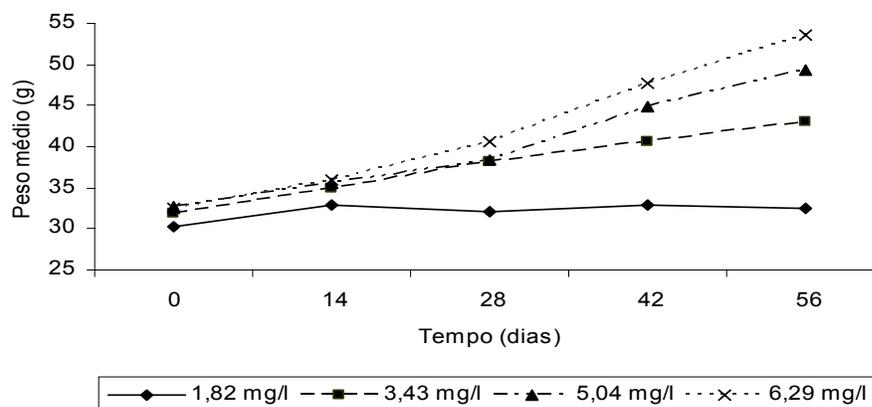


Figura 3. Curva de crescimento em peso dos peixes submetidos a diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. Cada ponto representa o valor médio de peso de cada tratamento em um determinado intervalo de tempo.

A taxa de crescimento específico foi semelhante entre os tratamentos nas primeiras duas semanas de experimento, porém após esse período foi influenciada diretamente pelas concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 4).

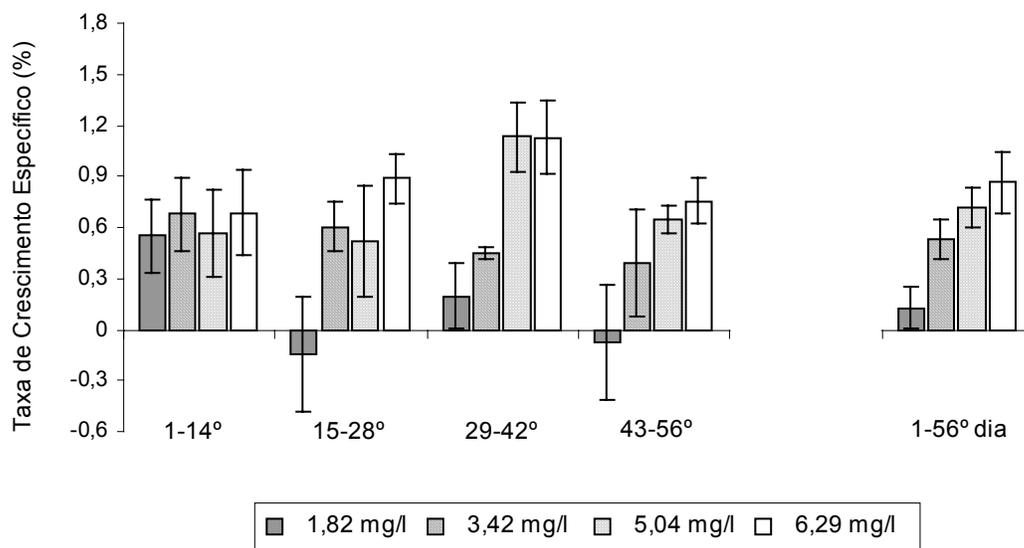


Figura 4. Taxa de crescimento específico de juvenis de dourado submetidos a diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. À esquerda mostram os valores agrupados por períodos e à direita os valores obtidos em todo período experimental. Resultados são expressos como média  $\pm$  desvio padrão.

## Discussão

Baixos valores de oxigênio dissolvido na água são conhecidos por causar modificações nas taxas de crescimento, eficiência alimentar e metabolismo de peixes (Brett, 1979; Jobling, 1994). No presente estudo foi constatada uma redução no crescimento, consumo de alimento e eficiência alimentar de juvenis de dourado submetidos a baixos níveis de oxigênio dissolvido.

Quando os peixes são submetidos à hipóxia, adotam algumas estratégias a fim de garantir o suprimento de oxigênio aos tecidos, sendo a redução da ingestão de alimento uma das primeiras respostas para diminuir a demanda de oxigênio necessária para sua digestão (Van Dam e Pauly, 1995). Alguns peixes podem adotar outros tipos de respostas fisiológicas, a fim de compensar a redução de oxigênio, entre elas destacam-se: o aumento da ventilação branquial (Fernandes et al., 1999; Rantin et al., 1984) e um aumento gradual na capacidade de transporte de oxigênio através dos moduladores de afinidade por hemoglobina, do volume sanguíneo ou da

concentração de hemoglobina (Jobling, 1994; Rantin e Marins, 1984). Wilhelm Filho et al. (2005) trabalhando com juvenis de piapara, *Leporinus elongatus*, observaram uma redução no ganho em peso e no consumo de alimento, além do aparecimento de danos celulares, nos indivíduos submetidos a baixos valores de oxigênio dissolvido. Verificaram ainda que o gasto energético para manutenção das defesas antioxidantes se manteve estável ou até mesmo superior nos peixes submetidos à hipóxia, em relação àqueles mantidos com valores de oxigênio próximos à saturação. Essa observação indica que, apesar das restrições fisiológicas impostas pela hipóxia, a piapara mantém o gasto de energia necessária para síntese de antioxidantes.

Embora os juvenis de dourado se mostrem bastante resistentes a baixas concentrações de oxigênio dissolvido, com valor de CL50 de 0,75 mg/l a 27,3 °C (Gazzola, 2003), os valores subletais testados no presente trabalho ocasionaram uma redução no crescimento, indicando uma relação positiva entre o crescimento e os valores de oxigênio dissolvido. Os dourados submetidos a 3,42 mg/l de oxigênio dissolvido apresentaram uma curva de crescimento intermediária e os peixes mantidos em concentrações de oxigênio dissolvido, maiores ou próximas a 5,04 mg/l apresentaram as maiores taxas de crescimento.

Maffezzolli (2001) observou uma gradual redução no crescimento do jundiá (*Rhamdia quelen*) com a redução dos níveis de oxigênio dissolvido, constatando que a concentração de 5,4 mg/l proporcionou melhores resultados. Em um experimento com juvenis de piapara (*Leporinus elongatus*) submetidos a diferentes concentrações de oxigênio dissolvido por 30 dias, Meurer et al. (1998) constataram a redução no consumo de ração e no ganho de peso dos peixes mantidos em concentrações inferiores a 4,2 mg/l de oxigênio, constatando que acima de 5,2 mg/l não há influência do oxigênio dissolvido nos parâmetros avaliados.

A manutenção dos níveis adequados de oxigênio dissolvido em viveiros de cultivo, muitas vezes, é de difícil controle, sendo influenciada por diversos fatores como a densidade de organismos cultivados, quantidade de fitoplâncton, temperatura da água, volume da água de renovação, pressão e trocas atmosféricas, entre outros. É inevitável a redução da concentração de oxigênio dissolvido durante a noite, sendo recomendável a incorporação deste gás através da renovação da água ou aeração mecânica da coluna de água (Smith e Piedrahita, 1988). O oxigênio dissolvido é o parâmetro de qualidade da água de maior limitação em sistemas intensivos de aquicultura (Boyd e Watten, 1989), sendo que níveis baixos de oxigênio podem ocasionar estresse ou até a morte dos organismos aquáticos (Madenjian *et al.*, 1987).

O presente trabalho indica que os dourados cultivados com concentração de oxigênio dissolvido superiores a 5,04 mg/l apresentam bons resultados de crescimento, possibilitando que os produtores desta espécie manejem corretamente suas unidades de cultivo a fim de garantir a produtividade máxima. Novos trabalhos devem ser realizados avaliando a interação da concentração de oxigênio dissolvido na água com outros parâmetros que interfiram no metabolismo dos peixes.

## Referências

- Baldisserotto, B., 2002. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Ed. UFSM, Santa Maria, 212 pp.
- Brett, J.R., 1979. Environmental factors and growth. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (Eds.), Fish Physiology Vol. VIII Academic Press, New York, pp. 599-675.
- Boyd, C. E., 1982. Water quality management for pond fish culture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Elsevier, Amsterdam, 9, 318 pp.
- Boyd, C.E., Watten, B.J. 1989. Aeration systems in aquaculture. Reviews Aquatic Sciences 1(3), 425-472.
- Esteves, F. A., 1998. Fundamentos de Limnologia. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 602 pp.
- Fernandes, M.N.; Sanches, J.R.; Matsuzaki, M.; Panepucci, L.; Rantin, F.T., 1999. Aquatic respiration in facultative air-breathing fish: effects of temperature and hypoxia. In: Val, A.L.; Almeida-Val, V.M.F. Biology of tropical fishes. Manaus, INPA, 1999. p.341-352.
- Fivelstad, S., Smith, M.J., 1991. The oxygen consumption rate of atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in a single pass landbased seawater system. Aquacul. Eng. 10, 227-235.
- Gazzola, A.C., 2003. Efeito da amônia e do oxigênio dissolvido na sobrevivência de alevinos de dourado, *Salminus brasiliensis*. (MSc Dissertation). Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Madenjian, C.P., Rogers, G.L., Fast, A.W. 1987. Predicting night time dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii: part I. Evaluation of traditional methods. Aquacul. Eng. 6, 191-208.
- Maffezzoli, G. 2001. Efeito da concentração de oxigênio dissolvido sobre o desenvolvimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae). (MSc Dissertation). Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.

Meurer, S.; Weingartner, M.; Pérez, C.; Zaniboni Filho, E. 1998. Efeito de diferentes concentrações de oxigênio dissolvido sobre o crescimento de juvenis de "piapara" *Leporinus elongatus* (Cuvier & Valenciennes, 1864). In: Congresso Sul-Americano de Aquicultura, 1, Recife (PE). Resumos... p.137

Jobling, M., 1994. Fish Bioenergetics Vol. XIV Chapman & Hall, London, 309 pp.

Rantin, F.T.; Marins, M.A. 1984. Como os teleósteos respondem à hipóxia ambiental – uma revisão. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 3, 1984, São Carlos, Anais... p. 673-692.

Smith, D., Piedrahita, R. 1988. The relation between phytoplankton and dissolved oxygen in fish ponds. *Aquaculture* 68, 249-265.

Souza, R.H., Soncini, R., Glass, M.L., Sanches, J.R., Rantin, F.T. 2001. Ventilation, gill perfusion and blood gases in dourado, *Salminus maxillosus*, Valenciennes (Teleostei, Characidae), exposed to graded hypoxia. *J. Comp. Physiol. B, Biochem. Syst., and Environ. Physiol.* 171 (6), 483-489.

Van Dam, A.A., Pauly, D., 1995. Simulation of the effects of oxygen on food consumption and growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquacult. Res.* 26, 427-440.

Wilhelm Filho, D., Torres, M.A., Zaniboni Filho, E., Pedrosa, R.C., 2005. Effect of different oxygen tensions on weight gain, feed conversion, and antioxidant status in piapara, *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1847). *Aquaculture* 244, 349-357.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aqüicultura é uma atividade produtiva que vem crescendo rapidamente nos últimos anos. Segundo dados da FAO (2004), a produção aquícola mundial passou de 30,6 para 41,9 milhões de toneladas nos últimos seis anos (1998 a 2003).

O modelo tradicional de produção em aqüicultura exige grandes quantidades de água, sendo inviável essa atividade em locais com suplemento de água limitado ou com áreas reduzidas para a construção de viveiros. Sistemas de recirculação de água podem oferecer uma alternativa para o desenvolvimento da tecnologia de cultivo. A produção aquícola com a utilização de tanque e raceways, em condições controladas de tratamento de água e recirculação, vem sendo estudado há décadas (Losordo et al., 1998).

Em sistemas de recirculação deve-se ressaltar a importância no controle dos compostos nitrogenados, pois as elevadas densidades de estocagem utilizadas nestes sistemas de produção podem fazer com que os valores destes compostos atinjam níveis tóxicos.

A compreensão das exigências aos parâmetros de qualidade de água é essencial para o sucesso da atividade. O principal objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do oxigênio dissolvido e da amônia na sobrevivência e crescimento de juvenis de dourado. Essa espécie vem se destacando na piscicultura nacional por apresentar altas taxas de crescimento e aceitação de mercado, decorrente das suas qualidades já citadas anteriormente.

Os dados obtidos no primeiro trabalho indicam que os juvenis de dourado são bastante susceptíveis a combinação de elevadas concentrações de amônia em condições de baixos valores de oxigênio dissolvido. Uma vez que sejam constatadas elevadas concentrações de amônia nas unidades de cultivo, os produtores devem adotar alternativas de manejo capazes de evitar valores baixos de oxigênio, através da utilização de aeradores ou aumentando as taxas de renovação de água. Caso ocorra o efeito sinérgico desses dois parâmetros, o piscicultor poderá ter grandes prejuízos com a morte de peixes.

No segundo trabalho foi constatado que a taxa de crescimento, consumo e utilização do alimento é extremamente dependente da disponibilidade de oxigênio dissolvido na água. O cultivo de juvenis de dourado em concentrações de oxigênio superiores a 5,04 mg/l possibilita o máximo rendimento da espécie.

Apesar dos dados obtidos nesses trabalhos servirem como referência para os produtores interessados no cultivo do dourado, novos trabalhos devem ser realizados a fim de possibilitar a compreensão da interação de valores sub-letais de amônia e oxigênio dissolvido, além de averiguar os efeitos de outros parâmetros de água no desempenho da espécie.

## REFERÊNCIAS (REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E CONSIDERAÇÕES FINAIS)

- Agostinho, A.A.; Julio Junior, H.F.; Gomes L.C.; Bini, L.M.; Agostinho, C.S., 1997. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. In: Vazzoler, A.E.A. de M.; Agostinho, A.A.; Hahn, N. S. (Ed.). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: EDUEM: Nupélia, p. 179-208.
- Arana, L.V., 1997. Princípios químicos da qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: Editora da UFSC. 166 p.
- Baldisserotto, B., 2002. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Ed. UFSM, Santa Maria, Brasil. 212 pp.
- Boyd, C.E., 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co. Alabama. 482p.
- Boyd, C.E. and Tucker, C.S., 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Norwell, 700 p.
- Boyd, C.E. and Watten, B.J., 1989. Aeration systems in aquaculture. Reviews Aquatic Sciences v. 1, n. 3, p. 425-472.
- Britski, H.A; Sato, Y.; Rosa, A.Q.B.S. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco. Brasília: CODEVASF, 115 p.
- Burleson, M.L.; Wilhelm, D.R.; Smatresk, N.J., 2001. The influence of fish size on the avoidance of hypoxia and oxygen selection by largemouth bass. Fish Biology v. 59, n. 5, p. 1336-1349.
- Colt, J.E., Armstrong, D.A., 1981. Nitrogen toxicity to crustaceans, fish and mollusks. In: L. Allen and E. Kinney, eds. Proceedings of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture. Fish Culture Section of the American Fisheries Society, Bethesda, Mariland USA. 34-47.
- Esteves, F.A., 1998. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 602 p.
- FAO, 2004. The state of world fisheries and aquaculture. Publishing Management Service, Rome, Italy.
- Fernandes, M.N.; Sanches, J.R.; Matsuzaki, M.; Panepucci, L.; Rantin, F.T., 1999. Aquatic respiration in facultative air-breathing fish: effects of temperature and hypoxia. In: Val, A.L.; Almeida-Val, V.M.F. Biology of tropical fishes. Manaus, INPA, 1999. p.341-352.
- Foster, R.P. e Goldstein, L., 1969. Formation of excretory products. In: W.S. Hoar e D.J. Randall (editors), Fish Physiology, 1. Academic Press, New York, NY, pp. 313-350.

- Godoy, M.P., 1987. Peixes do estado de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, Co-Edição ELETROSUL/FURB, 572 p.
- Losordo, T.M., Masser, M.P., Rakocy, J. 1998. Recirculating aquaculture tank production systems. An overview of critical considerations. SRAC Publication 451.
- Morais Filho, M.B. e Schubart, O., 1955. Contribuição ao estudo do dourado. Ministério da Agricultura – Divisão de Caça e Pesca, São Paulo.
- Paiva, M.P., 1983. Peixes e Pescas de Águas Interiores do Brasil. Brasília: Editerra, 158 p.
- Rantin, F.T.; Marins, M.A., 1984. Como os teleósteos respondem à hipóxia ambiental – uma revisão. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 3, 1984, São Carlos, Anais... p.673-692.
- Thurston, R.V., Russo, R.C. e Vinogradov, G.A., 1981a. Ammonia toxicity to fish. Effect of pH on the toxicity of the un-ionized ammonia species. Environmental Science Technology, 15 (7): 837-840.
- Vazzoler, A.E.A.de M., 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Editora EDUEM, Maringá, PR. 169 pp.
- Vazzoler, A.E.A.de M.; Suzuki, H.I.; Marques E.E.; Lizama, M.de L.A.P. 1997. Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. In: Vazzoler, A.E.A.de M.; Agostinho, A.A.; Hahn, N.S. (Ed.). A planície de inundação do Alto Rio Paraná. UEM-Nupelia. p. 249-265
- Zaniboni Filho, E. e Barbosa, N.D.de C. 1996. Priming hormone administration to induce spawning of Brazilian migratory fish. Revista Brasileira de Biologia, 56 (4): 655-659.
- Zaniboni Filho, E.; Oliveira N.A.P.; Meurer, S.; Weingartner, M.; Reynalte, D.A.T.; Iaczinski, P.; Schutz, J.; Serafini, R.L. 2000. Relatório Final UHE-ITÁ, Monitoramento e manejo da ictiofauna do alto rio Uruguai \_ Espécies migradoras. Florianópolis – SC. 47 pp.
- Zaniboni Filho, E.; Torquato, V.C.; Barbosa, N.D.de C.; Meireles, A.D. 1988. Considerações sobre a reprodução induzida e larvicultura do dourado, *Salminus maxillosus* (VALENCIENNES, 1849). In: RESUMOS – VI Encontro Anual de Aqüicultura, 1988, Belo Horizonte – MG.
- Wilhelm Filho, D., Torres, M.A., Zaniboni Filho, E., Pedrosa, R.C., 2005. Effect of different oxygen tensions on weight gain, feed conversion, and antioxidant status in piapara, *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1847). Aquaculture 244, 349-357.