



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**DENSIDADE DE ESTOCAGEM SOBRE O DESEMPENHO E  
ESTRESSE DE JUVENIS DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*)  
EM TANQUES-REDE**

ÂNGELO AUGUSTO PROCÓPIO COSTA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

BRASÍLIA/DF  
JUNHO DE 2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**DENSIDADE DE ESTOCAGEM SOBRE O DESEMPENHO E  
ESTRESSE DE JUVENIS DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*)  
EM TANQUES-REDE**

ÂNGELO AUGUSTO PROCÓPIO COSTA

ORIENTADOR: FRANCISCO ERNESTO MORENO BERNAL

CO-ORIENTADOR: RODRIGO ROUBACH

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

PUBLICAÇÃO: 108/2014

BRASÍLIA/DF  
JUNHO DE 2014

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

COSTA, A. A. P. **Densidade de estocagem sobre o desempenho e estresse de juvenis de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 48p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de Mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor e seu orientador reservam para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor ou do seu orientador. Citações são estimuladas desde que citada a fonte.

## FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA, A.A.P. **Densidade de estocagem sobre o desempenho e estresse de juvenis de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 46p. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais)- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília- 2014.

1.Piscicultura. 2. Tilápia do Nilo. 3. Densidade populacional.  
4.Bem-estar animal. I. Bernal, F.E.M. II. Título.

**CDD ou CDU**  
**Agris / FAO**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**DENSIDADE DE ESTOCAGEM SOBRE O DESEMPENHO E ESTRESSE DE  
JUVENIS DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) EM TANQUES-REDE**

ÂNGELO AUGUSTO PROCÓPIO COSTA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA  
AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS ANIMAIS, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO  
DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS  
ANIMAIS.

APROVADA POR:

---

Prof. Dr. FRANCISCO ERNESTO MORENO BERNAL.  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília - UnB  
(ORIENTADOR)

---

Prof. Dr. CLAYTON QUIRINO MENDES  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília - UnB  
(EXAMINADOR INTERNO)

---

Prof. Dr. EDGAR DE ALENCAR TEIXEIRA  
Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG  
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 27 de Junho de 2014.

*À “Pastiça” e à “tia Célia” que muito  
me alegraram e me inspiraram e continuam  
olhando por mim e me intuindo  
do outro lado da vida.*

## AGRADECIMENTOS

Ao grande mestre amigo e guia espiritual Jesus, que me reconforta nos momentos difíceis, e me ilumina e abençoa em todos os momentos.

A minha esposa Renatinha pelo carinho, companheirismo, dedicação, paciência e fundamental apoio para concretização de mais esta etapa.

A minha querida filha Maria Luísa por cada sorriso que me renova a energia para seguir cumprindo minha missão.

Aos meus pais, Cláudio e Amélia, pela presença constante e o apoio fundamental na minha formação como ser humano e aos meus irmãos Ana e Léo pela profunda amizade.

Ao professor Francisco Bernal, pela acolhida em um momento acadêmico difícil e principalmente pela valorosa orientação.

Ao amigo e colega Guilherme Wolff Bueno pela inestimável ajuda técnica, acadêmica e pelos diálogos, conselhos e ponderações, que me ajudaram a concretizar esta dissertação. E a seus pais, César e Mariza que me hospedaram em sua casa em Bauru-SP para realizar as coletas, onde fui tratado como um filho.

Ao grande amigo Dallago pelas diversas manhãs e tardes de ajuda para confecção deste trabalho.

Ao professor Rodrigo Roubach pela inestimável co-orientação.

Às queridas professoras Connie e Rafaella Silvestrini pela grande ajuda nos cálculos estatísticos do experimento.

Às colegas Bárbara, Hilana e a professora Luciana Hagström-Bex pela ajuda nas análises laboratoriais.

Ao grande amigo Yvonaldo pela sincera amizade, apoio e companheirismo.

Ao “Cardume” do LAQUA UFMG em especial aos professores Rômulo Cerqueira Leite, Edgar de Alencar Teixeira e Daniel Vieira Crepaldi pelo imensurável aprendizado e grande incentivo em minha vida acadêmica e profissional.

À SEAGRI-DF, que me concedeu a oportunidade de cumprir essa especialização, em especial ao amigo e colega Lincoln pela compreensão e apoio nos momentos que me exigiram maior dedicação.

À Piscicultura Cristalina, seu proprietário Mauro Nakata, ao gerente Marquinhos e todos os funcionários que colaboraram enormemente para a realização do experimento.

E a todos que não foram citados aqui, mas que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 ESPÉCIE ESTUDADA: TILÁPIA DO NILO.....	3
2.2 DENSIDADE DE ESTOCAGEM NA PRODUÇÃO DE TILÁPIAS EM TANQUES-REDE .....	3
2.3 BEM-ESTAR E ESTRESSE EM PEIXES .....	6
2.4 MODULAÇÃO NEURO-ENDÓCRINA DO ESTRESSE EM PEIXES .....	8
2.4.1 <i>Síntese do cortisol no organismo dos peixes</i> .....	10
2.4.2 <i>Atuação do cortisol no organismo dos peixes e suas consequências</i> .....	10
2.4.3 <i>Aumento da glicemia como consequência do estresse em peixes</i> .....	11
<b>CAPÍTULO ÚNICO.....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO.....	17
2.2. ANIMAIS E INSTALAÇÕES .....	18
2.3. TRATAMENTOS, ACLIMATAÇÃO E AMOSTRAGEM .....	18
2.4. ARRAÇOAMENTO DOS PEIXES .....	18
2.5. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA.....	19
2.6. BIOMETRIA, COLHEITAS DE SANGUE E ANÁLISES DE GLICOSE E CORTISOL .....	19
2.7. COMPARAÇÃO ECONÔMICA.....	20
2.8. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	21
2.9. ÉTICA NA EXPERIMENTAÇÃO .....	21
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
3.1. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA.....	22
3.2. PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS.....	23
3.2.1. <i>Peso médio final</i> .....	24
3.2.2. <i>Ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD) e comprimento padrão (CP)</i> .	24
3.2.3. <i>Conversão alimentar</i> .....	25
3.2.4. <i>Biomassa total</i> .....	25
3.2.5. <i>Sobrevivência</i> .....	26
3.3. COMPARAÇÃO ECONÔMICA.....	27
3.4. PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE ESTRESSE .....	29
3.4.1 <i>Cortisol</i> .....	29
3.4.2 <i>Glicose</i> .....	30
3.5. CORRELAÇÃO ENTRE GLICOSE, CORTISOL E OS PARÂMETROS DE DESEMPENHO .....	32
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>

## RESUMO

### DENSIDADE DE ESTOCAGEM SOBRE O DESEMPENHO E ESTRESSE DE JUVENIS DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) EM TANQUES-REDE

A produção de tilápias em tanques-rede tem como característica principal a possibilidade de submeter os peixes a altas densidades de estocagem devido a uma grande e intermitente troca de água proporcionada pelos lagos e represas em que são instalados. A determinação de uma densidade de estocagem ideal é essencial para proporcionar ao empreendimento maior lucratividade, sem ocorrer perdas por baixa biomassa nem por baixo desempenho individual decorrente de estresse e população excessiva. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e o estresse de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio inicial de 30g submetidos a três diferentes densidades de estocagem (250, 350 e 450 peixes/m<sup>3</sup>) em tanques-rede de uma piscicultura comercial no reservatório de Chavantes na bacia do rio Paranapanema. Ao final de 74 dias de cultivo, verificou-se que o aumento da densidade de estocagem gerou uma diminuição no peso final dos peixes, ganho de peso, ganho de peso diário, comprimento padrão e sobrevivência, aumentando a conversão alimentar aparente, mas não influenciando na biomassa final. As concentrações séricas de cortisol (123,65 a 246,65 ng/mL) e sanguíneos de glicose (71,87 a 105,75 mg/100mL) apontaram para um estresse fisiológico dos peixes em todos os tratamentos, porém sem sofrerem influência das diferentes densidades de estocagem estudadas, não sendo possível estabelecer uma conexão entre o baixo rendimento dos peixes submetidos às altas densidades e o bem-estar animal.

**Palavras chave:** Piscicultura, tilápia do Nilo, densidade populacional, bem-estar animal.

## ABSTRACT

**STOCKING DENSITY ON PERFORMANCE AND STRESS OF JUVENILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IN CAGES.**

The culture of tilapia in cages have as main characteristic the possibility to submit the fish at high stocking densities due to a large and intermittent change of water provided by dams and lakes in which they are installed. The determination of an optimal stocking density is essential to provide the most financial profit without losses due to low biomass or low individual performance caused by stress and excessive population density. The objective of this study was evaluate the performance and the stress of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with an average initial weight of 30g subjected to three different stocking densities (250, 350 and 450 fish/m<sup>3</sup>) in cages in a commercial fish farm located at reservoir Chavantes of the Paranapanema river basin, Brazil. At the end of 74 days of cultivation, it was found that the increase of storage density caused a decrease in final weight of fish, weight gain, daily gain of weight, standard length and survival, and increased feed conversion but did not affect the final biomass. Serum cortisol (123.65 to 246.65 ng/mL) and blood glucose (71.87 to 105.75 mg/100mL) pointed to a physiological stress of the fish in all treatments but without suffering the influence of different stocking densities studied. It was not possible to establish a connection between low income of the fish subjected to high densities and animal welfare.

**Keyword:** Fish-farming, tilapiculture, population density, animal welfare

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Modulação neuroendócrina do estresse em peixes.. .....	9
Figura 2. Síntese do cortisol em peixes. ....	10
Figura 3. Local do experimento, reservatório de Chavantes - São Paulo, Brasil. ....	17
Figura 4. Mortalidade em relação ao tempo. ....	27
Figura 5. Lucratividade do cultivo em relação à densidade de estocagem (peixes/m <sup>3</sup> ). 29	
Figura 6. Evolução dos níveis séricos de cortisol por tratamento ao longo do experimento. ....	30
Figura 7. Evolução da glicemia por tratamento ao longo do experimento.....	32
Figura 8. Correlação entre a evolução de Cortisol, Comprimento Padrão (CP) e Peso em relação ao tempo.....	33

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Composição bromatológica da ração fornecida aos peixes durante o experimento. ....	19
Tabela 2. Composição físico-química da água.....	23
Tabela 3. Desempenho dos juvenis de <i>Oreochromis niloticus</i> submetidos a três densidades de estocagem por 74 dias. ....	23
Tabela 4. Valores de Biomassa total por tanque em relação ao tratamento ao final de 74 dias.....	26
Tabela 5. Dados econômicos da engorda de juvenis de <i>Oreochromis niloticus</i> submetidos a três densidades de estocagem por 74 dias. ....	28
Tabela 6. Concentração sérica de cortisol ao longo do experimento. ....	30
Tabela 7. Concentrações sanguíneas de glicose ao longo do experimento. ....	31
Tabela 8. Correlação entre Glicose, Cortisol e os parâmetros de desempenho.....	32

## 1. INTRODUÇÃO

A população mundial ultrapassa sete bilhões de habitantes dos quais aproximadamente 870 milhões são subnutridos. Estima-se que em menos de quarenta anos (2050) o planeta chegue a nove bilhões de pessoas (FAO, 2013). Para alimentar esse contingente será necessário aumentar significativamente a produção de alimentos sem, contudo, aumentar os impactos ambientais dos sistemas agrícolas e evitando manejos desumanos e estressantes aos animais.

Nesse contexto, a aquicultura é a principal atividade que poderá proporcionar a produção de alimentos e o Brasil reúne condições extremamente favoráveis para suprir essa demanda devido ao seu grande potencial hídrico. São mais de cinco milhões de hectares de água doce em reservatórios naturais e artificiais que poderão ser aproveitados na produção de organismos aquáticos (ANEEL, 2011). Se 1% dessa área fosse utilizada para produção intensiva de peixes (150 kg/m<sup>2</sup>/ano com dois ciclos anuais) teríamos como resultado uma produção total de 82,5 milhões de toneladas de pescado. Esse valor colocaria o Brasil como segundo maior produtor aquícola do planeta ficando atrás apenas da China (Bueno *et al.*, 2011).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é um dos peixes teleósteos de água doce mais estudados e utilizados na aquicultura brasileira, sendo produzidas mais de 150 mil toneladas deste peixe no Brasil anualmente (MPA, 2011). É a segunda espécie mais produzida no mundo com produção superior a 4 milhões de toneladas (FAO, 2013). Estas são criadas em diferentes latitudes, sob os mais diversos sistemas de produção, abrangendo diferentes níveis tecnológicos (Kubitza, 2000; Mc Andrew, 2000). Essa espécie de peixe tem como características a rusticidade ao manejo, carne saborosa, eficiência zootécnica e excelente aceitação pelo mercado consumidor (Boscolo *et al.*, 2001; Vieira, 2005; Leonhart *et al.*, 2006).

No entanto, a prática da aquicultura deve levar em consideração conceitos de boas práticas no manejo e bem-estar animal, pois a crescente preocupação mundial no sentido de que a produção de alimentos seja feita em moldes humanitários e ambientalmente sustentáveis, exige uma maneira diferente de pensar e, principalmente, de agir. Essa tendência é ainda mais evidente nos casos em que a produção envolve diretamente os ambientes aquáticos continentais, principalmente em se tratando do recurso água, o qual é limitado e finito (Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010).

Geralmente, em sistemas aquícolas intensivos com tanques-rede, utiliza-se de 30 até valores superiores a 300 kg de peixe por m<sup>3</sup> (Kubitza, 2000). Muitas vezes essa biomassa produtiva não é dimensionada de acordo com o limite aceitável pelos animais e o ambiente aquático, causando desequilíbrio no sistema de cultivo, prejuízos econômicos e poluição do ecossistema (Cyrino *et al.*, 2010; Bueno *et al.*, 2011).

Diante disso, o funcionamento orgânico e a higidez são os aspectos fundamentais para se desenvolver um cultivo com bem-estar animal. Doenças, ferimentos, malformações e má nutrição são as principais ameaças ao equilíbrio orgânico dos animais. Principalmente nas primeiras fases de crescimento em tanques rede, quando os peixes acabam de sair de sistemas semi-intensivos de criação na alevinagem, geralmente em viveiros escavados, onde a densidade de estocagem é bem menor e há alimento natural disponível. Nessa fase, chamada de crescimento, alguns produtores geralmente preferem trabalhar com densidades de estocagem menores (40 kg de peixe por m<sup>3</sup> de água) para melhorar o desempenho dos juvenis, porém ainda não há na literatura muitos estudos específicos sobre a correlação do bem-estar animal neste quesito.

Em geral, os sinais positivos de saúde provêm de um bom aspecto físico, alimentação regular, taxas de crescimento e reprodução normais, boa longevidade e taxas de mortalidade reduzidas (Duncan & Fraser, 1997). Estes fatores implicam diretamente sobre o manejo da densidade de estocagem dos peixes no sistema de cultivo. Portanto, é de extrema importância que seja avaliada esta questão, pois, em muitos casos, qualquer mudança no ambiente de cultivo se torna um fator de risco para todo o empreendimento e pode comprometer a viabilidade econômica do negócio.

O objetivo desta dissertação é avaliar diferentes densidades de estocagem de juvenis de tilápias em tanques-rede verificando se há influência sobre o desempenho dos peixes e sobre o estresse metabólico destes e qual a mais adequada do ponto de vista econômico.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Espécie estudada: Tilápia do Nilo

Tilápia é o nome aplicado a peixes teleósteos da família Cichlidae pertencentes aos gêneros *Tilapia*, *Sarotherodon* e *Oreochromis* (Popma & Masser, 1999; Watanabe *et al.*, 2002) sendo este último de grande importância na aquicultura mundial (Kubitza, 2000; Mc Andrew, 2000).

Utilizou-se a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para este experimento por ser a espécie de tilápia mais produzida mundialmente e no Brasil (Massago, 2007), devido às suas características de rusticidade (Hilsdorf, 1995), alto desempenho zootécnico (Popma & Masser, 1999) e alta prolificidade (Tavares-Dias *et al.* 2010). Somado a isso, apresenta grande aceitação comercial (Kubitza, 2000, Leonhart *et al.*, 2006) por ter uma carne branca, com sabor suave e sem espinhos na musculatura lateral (Zanoni *et al.*, 2000; Boscolo *et al.*, 2001; Vieira, 2005).

Essa espécie adaptou-se às condições de cultivo intensivo em todo o mundo por apresentar resistência a altas densidades populacionais (Yi *et al.*, 1996). No Brasil, é a espécie de peixe mais produzida (155.450 toneladas em 2010) (MPA, 2011) e a que melhor se adaptou ao sistema de tanques-rede instalados em grandes reservatórios (Bueno *et al.*, 2013).

### 2.2 Densidade de estocagem na produção de tilápias em tanques-rede

A utilização de tanques-rede para a engorda de tilápias é uma modalidade da piscicultura que possibilita a intensificação da produção e o aproveitamento de ambientes aquáticos já existentes como represas, lagos e os reservatórios de usinas hidroelétricas onde a

prática da piscicultura convencional não é viável (Schmittou, 1993; Ono & Kubitza, 1999; Marengoni, 2006).

A produção de peixes em tanques-rede apresenta algumas vantagens como ser de fácil e baixo investimento inicial. Possibilita maior controle nutricional dos peixes e fácil manejo quando comparado a outras modalidades de piscicultura (Ono & Kubitza, 1999), além da possibilidade de submeter os peixes a altas densidades de estocagem, garantindo maior biomassa produzida (Marengoni, 2006).

Em sistemas intensivos de produção de peixes, a densidade de estocagem exerce grande influência para se alcançar níveis ótimos de produtividade, sendo considerada um dos primeiros passos no desenvolvimento de uma tecnologia de produção (Brandão *et al.*, 2004) por ser um dos fatores mais críticos na piscicultura e no bem-estar dos animais (Oliveira & Galhardo, 2007). Deste modo, se torna essencial a determinação de uma correta densidade para uma ótima exploração e rápida expansão da piscicultura (Gomes & Schlindwein, 2000).

Segundo Gomes & Schlindwein (2000) existem diversos fatores de produção que são influenciados pelo controle da densidade de peixes. O comportamento dos peixes relacionado a interações sociais como a determinação de hierarquia, territorialismo e estresse pode ser alterado de acordo com a densidade, influenciando diretamente o crescimento dos peixes e o consumo de alimentos (Lambert & Dutil, 2001).

A determinação da densidade de estocagem ideal indica a maior quantidade de peixes que pode ser produzida de maneira eficiente em um dado volume de tanque (Gomes & Schlindwein, 2000) e determina o máximo aproveitamento do espaço ocupado pelo peixe, otimizando os custos de produção em relação ao capital investido (Hengsawat *et al.*, 1997). Segundo Schmittou (1997), produção eficiente não significa necessariamente o peso máximo que pode ser produzido, mas sim o peso aceito pelo mercado consumidor que pode ser atingido com uma conversão alimentar adequada num período razoavelmente curto.

Quando a densidade de estocagem é aprimorada, a agressividade dos peixes pode ser reduzida, pois ao invés de investir a energia adquirida em defesa do território, os peixes a canalizam para o crescimento (Jobling *et al.*, 1993). Isto ocorre principalmente em sistemas de cultivo em que os peixes estão expostos a correntezas moderadas da água (que é o caso dos tanques-rede), uma vez que nesta situação os peixes são estimulados a nadar ativamente e a formar cardumes (locomoção sincronizada) diminuindo os comportamentos territoriais e melhorando o ambiente social, o que permite o consumo mais homogêneo do alimento, refletindo em taxas de crescimento mais uniformes (Jobling, 1994).

As características comportamentais de cada espécie de peixe como a tendência para formar cardumes ou a territorialidade dos animais influencia primordialmente na determinação da densidade de um sistema de cultivo (Oliveira & Galhardo, 2007). Esse é um dos motivos da existência de informações discrepantes na literatura com relação à densidade ótima para criação (Hengsawat *et al.*, 1997).

O excesso de peixes em um pequeno espaço influencia negativamente na qualidade da água (Schwedler & Johnson, 2000) devido à concentração de excreção nitrogenada no ambiente, principalmente no caso de espécies carnívoras (Jobling, 1994). Diversos autores afirmam que uma densidade de estocagem excessiva pode gerar diminuição no crescimento e no desempenho dos peixes (Vijayan *et al.*, 1990; Jobling, 1994; Arbeláez-Rojas, 2009). Isso se deve a diversos fatores como competição por alimento (Schwedler & Johnson, 2000; Kestemont & Baras, 2001), práticas inapropriadas de manejo alimentar (Kestemont & Baras, 2001), e falta de espaço para nadar (Schwedler & Johnson, 2000).

Segundo Vijayan *et al.* (1990), em elevadas densidades de estocagem ocorre uma severa demanda metabólica nos peixes, mobilizando reservas energéticas, em especial os lipídios, o que pode alterar a composição corporal dos peixes, com subsequente perda de peso. Ellis *et al.* (2002) observaram redução das taxas de conversão e crescimento, redução da condição física, além de erosão das barbatanas dorsais em trutas submetidas ao excesso populacional prolongado.

Diversos autores apontam o estresse como um dos causadores da diminuição de desempenho em peixes submetidos a densidades populacionais excessivas (Jobling, 1994, Schwedler & Johnson, 2000; Silva, 2010; Sanches, 2013). Segundo Barton (2002), ambientes em que os peixes são submetidos a condições de superpopulação podem ocasionar estresse crônico, no entanto, Ellis *et al.* (2002) referem nem sempre existir evidência de estresse em condições de densidade elevada.

Densidades elevadas são utilizadas em sistemas intensivos de produção de peixes, visando maximizar tanto o uso da água, quanto do espaço em prol de maior produtividade e rentabilidade (Papst *et al.*, 1992).

Embora diversos autores tenham demonstrado que densidades excessivas geram efeito prejudicial sobre o crescimento dos peixes, isto depende do comportamento da espécie e de suas características de interação social em condições de ambientes de adensamento e espaços reduzidos (Bhujel, 2000; Ellis *et al.*, 2002). Em espécies territorialistas, como as tilápias, densidades elevadas parecem diminuir os níveis de agressividade (Bhujel, 2000). Esse também é o caso de espécies como o salvelino-ártico e o peixe-gato (FSBI, 2002).

Diversos autores relataram que o aumento das densidades causa uma melhora nos índices de conversão alimentar, diminuição na heterogeneidade entre os peixes, e aumento da biomassa total (Watanabe *et al.*, 1996a; Bozano *et al.*, 1999; Salaro *et al.*, 2003; Ayroza *et al.*, 2011). Segundo Hengsawat *et al.* (1997), altas densidades de estocagem determinam um maior retorno sobre os investimentos em estruturas e equipamentos.

De maneira semelhante, densidades muito baixas geram comportamento de territorialismo e podem promover a agressividade entre as tilápias, diminuindo a produtividade (Schwedler & Johnson, 2000). Essa relação também ocorre em outras espécies, como as trutas, devido às hierarquias sociais que se estabelecem em condições de baixa densidade populacional podendo inclusive gerar subnutrição crônica nos peixes subordinados (FSBI, 2002).

Deste modo, no caso da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), existe um ótimo populacional, pois densidades baixas promovem agressividade entre machos, e densidades excessivas geram efeitos negativos na produtividade (Bhujel, 2000).

### **2.3 Bem-estar e estresse em peixes**

Segundo Oliveira & Galhardo (2007), há evidências de que existe percepção da dor nos peixes (senciência), respostas psicológicas a agentes estressores e da sua complexidade cognitiva, o que legitima a aplicação do conceito de bem-estar em peixes.

Moberg (1985) dividiu a resposta ao estresse em três fases: primeiramente ocorre o desequilíbrio na homeostase; em seguida, o organismo reage em resposta ao estresse e, por último, ocorrem as consequências fisiológicas e comportamentais. Cada fase gera diversos efeitos no organismo do peixe que se iniciam no sistema nervoso e são mediadas pelo sistema neuroendócrino e geralmente direcionadas à mobilização de energia para o organismo escapar ou combater o estressor (Pickering, 1981). As consequências são dependentes da condição biológica do peixe e se a alteração na homeostasia foi severa ou persistente (Moberg, 1985).

Já Silva *et al.* (2010), dividiram a reação aos estressores nos peixes em dois momentos: primeiro os efeitos que ameaçam ou perturbam o equilíbrio homeostático e, em seguida, o desencadeamento de diversas respostas fisiológicas compensatórias e adaptativas, visando a superação das ameaças.

Barton (1997) classificou a origem dos agentes de estresse em peixes em três tipos: a) de natureza física, como o transporte, o confinamento e o manejo; b) de natureza química,

como os contaminantes, o baixo teor de oxigênio, oscilações no pH e concentração elevada de amônia (Moraes *et al.*, 2004) e nitrito (Costa *et al.*, 2004), além dos fatores decorrentes da degradação da matéria orgânica que consequentemente resultam em poluentes orgânicos e inorgânicos (Castro & Fernandes, 2009) e c) os percebidos pelos animais, como a presença de predadores (FSBI, 2002), de coespecíficos dominantes ou coespecíficos não-familiares, também denominado de estresse social (Fernandes & Volpato, 1993; Chandroo *et al.*, 2004).

Assim, a simples percepção da presença de indivíduos dominantes no ambiente de confinamento gera um estado de estresse em peixes subordinados que provavelmente envolve o estado de medo e inibe a expressão do comportamento natural (Chandroo *et al.*, 2004). Neste contexto, diversos autores consideram o próprio contexto social em que os peixes vivem como a principal fonte de estresse devido ao estabelecimento de hierarquias, territorialidade, acasalamento, entre outros (Oliveira & Galhardo, 2007; OBA, 2009).

Deste modo pode-se considerar que qualquer resposta não específica, ou o conjunto dessas, que ameacem o equilíbrio orgânico pode ser considerado estresse (Barton, 2002; FSBI, 2002). Ou seja, o estresse pode ser referido como o somatório das mudanças que ocorrem no organismo de um peixe frente a um desafio, junto com a tentativa fisiológica de reestabelecer a homeostase (Wedemeyer *et al.*, 1990; Wenderlaar Bonga, 1997).

Segundo Oliveira & Galhardo (2007), a exposição aos agentes estressores pode ter diferentes intensidades dependendo de vários fatores como espécie, animais nascidos em meio natural ou em cativeiro, condições ambientais, carga genética e também pode ter duração variável. Desta forma, a exposição moderada a fatores estressantes costuma gerar nos peixes uma resposta adaptativa, restituindo o equilíbrio da homeostase.

No entanto, caso seja um estresse intenso ou prolongado, o peixe não consegue se reestabelecer, podendo ocasionar consequências negativas para o seu estado de saúde (Barton, 2002). Exposições prologadas a agentes estressores, que inicialmente não parecem problemáticos, podem se acumular havendo o risco de se tornarem letais para os indivíduos (Barton & Iwama, 1991; Conte, 2004).

A distinção entre o estresse agudo e o estresse crônico é de extrema importância. Segundo Iwama (1993), o primeiro geralmente ocorre durante o manejo dos animais ou pela ocorrência de contatos repentinos com situações estressantes que levem os peixes a um estresse rápido. Este, geralmente cessa com o final do estímulo e os peixes se reestabelecem. O estresse crônico, manifesta-se em condições as quais os peixes mantêm-se estressados permanentes e, como consequência, geralmente há queda no rendimento produtivo e/ou

diminuição da resistência imunológica podendo inclusive gerar doenças e mortalidade (Barton & Iwama, 1991; Silva, 2010; Sanches, 2013). As relações de dominância dentro do ambiente de confinamento geram o estresse social que geralmente se inicia agudo na fase de determinação de hierarquias devido às brigas entre os animais e se torna crônico quando a dominância e submissão são definidas (Fernandes & Volpato, 1993).

Em sistemas intensivos de criação de peixes, as técnicas de manejo utilizadas sempre provocam algum tipo de estresse (Iwama, 1993), principalmente quando se trata de peixes sociais, ou seja, que se organizam em territórios e estabelecem uma hierarquia de dominância (Zayan, 1991; Silva, 2010). Deste modo, o indivíduo dominante fica tendo acesso prioritário aos principais recursos tais como alimento, território e parceiro sexual. Assim, variações ambientais e no tamanho do grupo geram necessidade de redefinição da hierarquia, o que ocorre por meio de brigas, afetando os níveis de estresse social do grupo (Sigismondi & Weber, 1988; Huntingford & Chellappa, 2006; Johnsson *et al.*, 2006).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) define hierarquia de dominância por meio de confrontos agressivos gerando estresse social, sendo os submissos mais afetados pelo estresse que os dominantes (Corrêa *et al.*, 2003). Como consequência disto, pode haver redução do crescimento do submisso devido ao aumento da taxa metabólica (Fernandes & Volpato, 1993; Volpato & Fernandes, 1994), aumentando a heterogeneidade do lote (Volpato *et al.*, 1989).

Diversos estudos recentes têm dedicado atenção à densidade de estocagem como um dos fatores responsáveis pelo estresse em peixes (Ellis *et al.*, 2002; North *et al.*, 2006; Barreto, 2011).

## **2.4 Modulação neuro-endócrina do estresse em peixes**

O peixe ao entrar em contato com um agente estressor, ativa dois eixos neuroendócrinos imediatamente (Figura 1), o eixo hipotálamo-sistema nervoso simpático-células cromafins (HSC) que induz a produção e liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) no sangue pelas células cromafins do rim anterior (também denominado de rim cefálico); e o eixo hipotálamo-hipófise-interrenal (HHI), que induz a produção e liberação de corticosteroides (cortisol e cortisona) no sangue pelas células interrenais também do rim anterior, dos quais o principal é o cortisol (Oba *et al.*, 2009; Silva, 2010).

Deste modo, o eixo HHI funciona a partir do hipotálamo, que, ao ser estimulado, secreta o hormônio liberador de corticotropina (CRH) induzindo a síntese e liberação do

hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) pela hipófise. Este, por sua vez, atua diretamente no tecido interrenal do rim anterior dos peixes, induzindo a produção e liberação do cortisol no sangue (Nandi, 1962; Donaldson, 1981; Oba *et al.*, 2009).

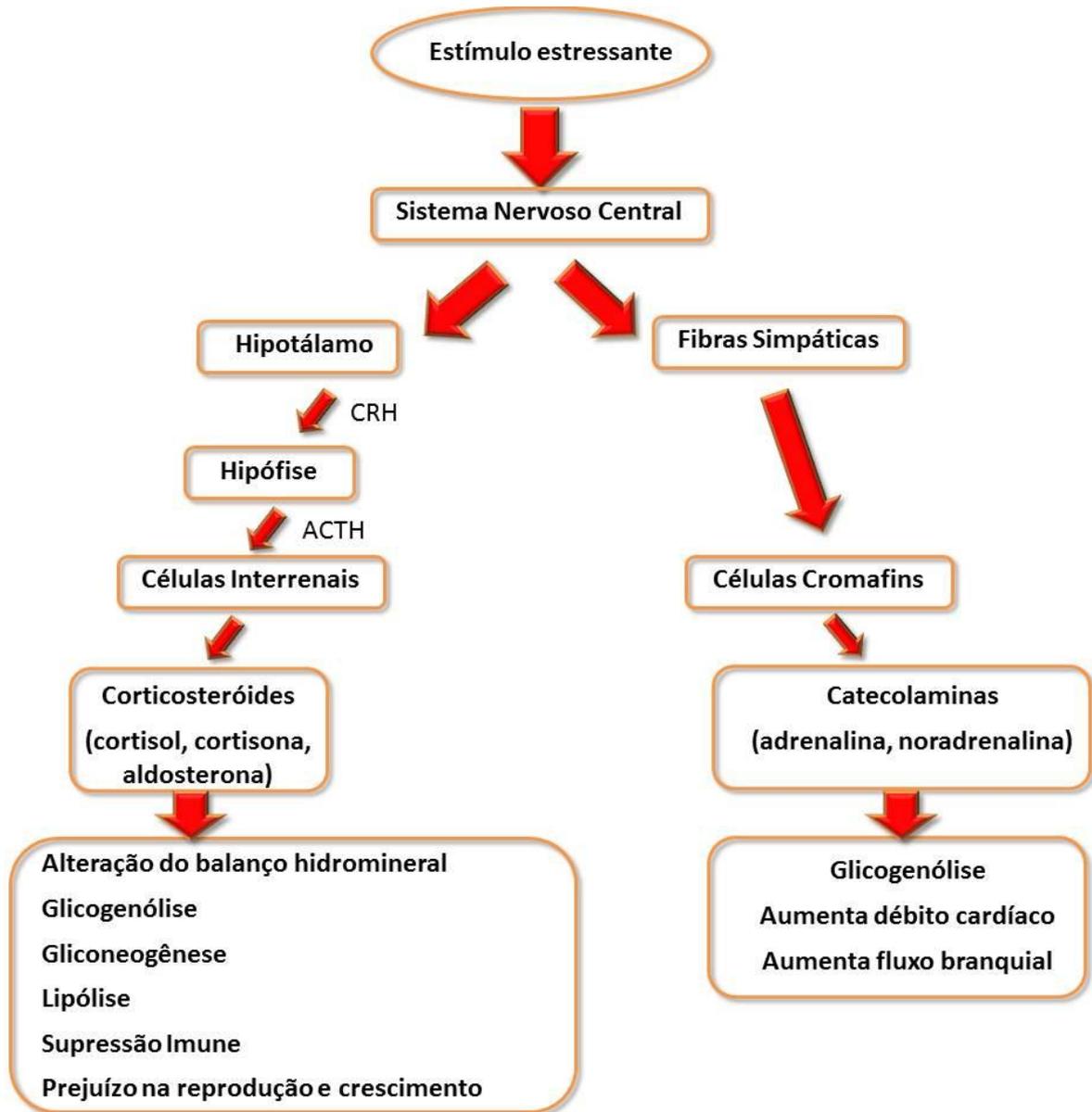


Figura 1. Modulação neuroendócrina do estresse em peixes. Fonte: adaptado de Wendelaar Bonga, (1997).

Sendo assim, as primeiras alterações fisiológicas em um peixe sob condição estressante consiste no aumento das concentrações sanguíneas de catecolaminas e corticosteroides. Dentre esses indicadores, o cortisol plasmático é o mais largamente utilizado em peixes, qualquer que seja o seu estágio de desenvolvimento (Wendelaar Bonga, 1997).

### 2.4.1 Síntese do cortisol no organismo dos peixes

O cortisol é sintetizado em nível mitocondrial pelas células inter-renais a partir da pregnelonona que é biotransformada em 17- $\alpha$ -hidroxipregnenolona pela ação redutora da enzima 17- $\alpha$ -hidroxilase. A 17- $\alpha$ -hidroxipregnenolona é reduzida a 17- $\alpha$ -hidroxiprogesterona pela ação da 3- $\beta$ -hidroxiesteroide desidrogenase e novamente reduzida a 11-desoxicortisol pela enzima 21- $\beta$ -hidroxilase e, finalmente, transformada em cortisol pela ação da 11- $\beta$ -hidroxilase (Bizarro, 2013) (Figura 2).

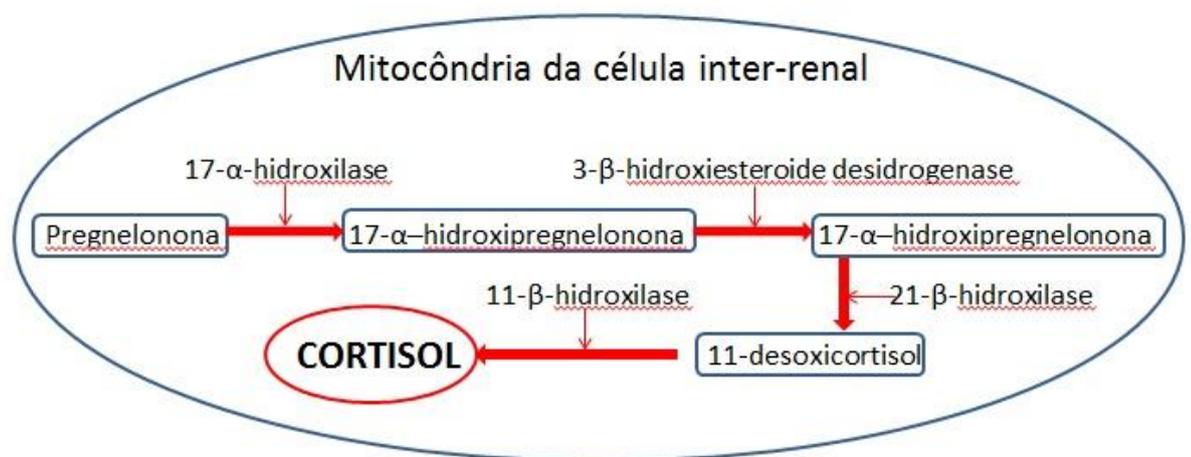


Figura 2. Síntese do cortisol em peixes. Fonte: Adaptado de Bizarro, 2013.

### 2.4.2 Atuação do cortisol no organismo dos peixes e suas consequências

A ação do cortisol no organismo dos peixes gera alterações bioquímicas e fisiológicas (Silva, 2010) por meio de suas funções mineralocorticoide e glicocorticoide (Pickering, 1981).

Atuando como mineralocorticoide, o cortisol altera a regulação osmótica e iônica causando um desequilíbrio iônico em peixes estressados. Este desequilíbrio é gerado pela captação de íons pelas brânquias induzida pelo cortisol (Laurent & Perry, 1989) alterando o balanço hidromineral dos peixes. Este processo ocorre por meio da diferenciação de células de cloreto nas brânquias dos peixes e pela atividade da enzima sódiopotássio

adenosinatrifosfatase ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$  - ATPase) que participa no transporte ativo de íons sódio e cloreto (Wendelaar Bonga, 1997).

Atuando como corticosteroide, o cortisol induz ao aumento dos níveis de glicose no sangue (hiperglicemia) isto ocorre pela atividade de dois mecanismos: o estímulo da hidrólise das reservas de glicogênio no fígado (glicogenólise) (Pickering, 1981); e a indução do organismo a sintetizar glicose a partir de precursores não-carboidratos convertendo em piruvato e compostos relacionados entre três e quatro carbonos em glicose (gliconeogênese) (Pickering, 1981; Vijayan *et al.*, 1991; Wendelaar Bonga, 1997; Castro & Fernandes, 2009).

Outra consequência da ação do cortisol como glicocorticoide é a lipólise, que quebra lipídeos, aumentando os níveis de ácidos graxos livres no sangue (Sheridan, 1994). Esta ocorrência, juntamente com a gliconeogênese, pode contribuir para a perda de peso durante um estresse crônico (Oba *et al.*, 2009). Além disso, esta mobilização energética também pode resultar em efeitos deletérios na reprodução e redução no crescimento dos peixes (Duston *et al.*, 2003).

O cortisol atua no sistema imunológico e na reação inflamatória em peixes. O sistema imunológico é deprimido pela ação do cortisol, pois este diminui a produção de interleucinas e reduz a mobilização de leucócitos e linfócitos circulantes (Oba *et al.*, 2009). Quanto a resposta inflamatória em peixes, o cortisol inibe a formação de ácido araquidônico diminuindo a síntese de prostaglandinas pela via das cicloxigenases, suprimindo a indução de inflamação (Bizarro, 2013).

#### **2.4.3 Aumento da glicemia como consequência do estresse em peixes**

Em situações de estresse, as concentrações de glicose sanguínea nos peixes aumentam rapidamente como mecanismo fisiológico de defesa, uma vez que o organismo se prepara para uma fuga ou combate, necessitando de uma fonte de energia de fácil metabolização e imediata utilização. As principais responsáveis pela hiperglicemia em teleósteos estressados são as catecolaminas adrenalina e noradrenalina (Barton & Iwama, 1991). Essas substâncias induzem o organismo dos peixes a quebrar o glicogênio do fígado (glicogenólise) disponibilizando a glicose no sangue (Nolan, 2000; Castro & Fernandes, 2009).

Além disso, o cortisol também induz a glicogenólise (Pickering, 1981) e eleva a glicemia pela via da gliconeogênese (Pickering, 1981; Vijayan *et al.*, 1991; Wendelaar Bonga, 1997; Castro & Fernandes, 2009). Assim a glicose tem sido empregada rotineiramente para

diagnosticar a ocorrência de estresse fisiológico em peixes teleósteos (Wedemeyer *et al.*, 1990; Silva *et al.*, 2009) sendo considerada um bom indicador de estresse, pois as alterações são facilmente detectáveis e sua avaliação pode ser realizada com medidores de glicose de simples utilização (Gomes *et al.*, 2005; Simões & Gomes, 2009).

## CAPÍTULO ÚNICO

### INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM NO DESEMPENHO E ESTRESSE EM JUVENIS DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) EM TANQUES-REDE

Ângelo Augusto Procópio Costa<sup>1</sup>, Rodrigo Roubach<sup>2</sup>, Guilherme Wolff Bueno<sup>1</sup>, Bruno Stéfano Lima Dallago<sup>1</sup>, Concepta Margaret McManus Pimentel<sup>1</sup>, Francisco Ernesto Moreno Bernal<sup>1</sup>

- 1- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília
- 2- Ministério da Pesca e Aquicultura

### RESUMO

A intensificação da produção de tilápias pode ocasionar implicações negativas no desempenho e no bem-estar dos animais de modo que é essencial a determinação de uma correta densidade para uma ótima produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e o bem-estar animal de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio inicial de 30g submetidos a três diferentes densidades de estocagem em tanques-rede instalados no reservatório de Chavantes no município de Fartura, São Paulo, Brasil. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia com ração comercial extrusada contendo 32% de proteína bruta durante 74 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 3 tratamentos (D-250=250 peixes/m<sup>3</sup>, D-350=350 peixes/m<sup>3</sup> e D-450=450 peixes/m<sup>3</sup>) e 4 repetições. Os parâmetros físico-químicos como oxigênio dissolvido, amônia não ionizada, pH e temperatura foram monitorados durante todo o experimento. Verificou-se que o

aumento da densidade de estocagem promoveu diminuição no peso final dos peixes (D-250=150,43g; D-350=102,52g; D-450=84,25g), ganho de peso (D-250=129,5g; D-350=78,13g; D-450=53,55g), ganho de peso diário (D-250=1,75g; D-350=1,05g; D-450=0,72g), comprimento padrão (D-250=16,00cm; D-350=14,56cm; D-450=13,75cm) e sobrevivência (D-250=98,07%; D-350=96,98%; D-450=95,60%) e um aumento na conversão alimentar aparente (D-250=1,17; D-350=1,58; D-450=1,83). Não houve influência da densidade de estocagem sobre a biomassa final, glicose e cortisol. As médias da concentração de cortisol sérico oscilaram entre 123,65 e 246,65 ng/mL sem diferença entre os tratamentos e as médias da concentração de glicose sanguínea entre 68,86 e 105,75 mg/100mL com o tratamento D-350 apresentando os menores valores. Em ambos os parâmetros, os níveis indicam estresse fisiológico e aumentaram ao final do experimento. Conclui-se que o aumento da densidade de estocagem comprometeu o desenvolvimento e a sobrevivência dos peixes ( $P>0,05$ ), mas não influenciou nos parâmetros fisiológicos de estresse que se mantiveram altos em todos os tratamentos sendo o mais indicado do ponto de vista econômico o tratamento D-250.

**Palavra chave:** Piscicultura, tilápia do Nilo, densidade populacional, bem-estar animal.

## ABSTRACT

The intensification of tilapia production can cause negative implications on performance and animal welfare so it is essential to determine a correct density for optimal production. Therefore, the aim of this work was to evaluate the performance and animal welfare of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with average initial weight of 30g under three different stocking densities in cages located in the reservoir Chavantes, São Paulo, Brazil. The fish were fed three times a day with commercial feed containing 32% CP for 74 days. The experimental design was completely randomized with 3 treatments (250, 350 and 450 fish/m<sup>3</sup>) and 4 replications. The physico-chemical parameters of water such as dissolved oxygen, toxic ammonia, pH and temperature were monitored throughout the experiment. It was found that increasing stocking density impaired final weight of fish 78.55% weight gain (65.74%) , daily weight gain (66.66%) , standard length (9 89%) and survival (2.58%) and an increased the feed conversion (35.71%). There was no influence of stocking density on the final biomass, glucose and cortisol. The mean serum cortisol concentration ranged between 123.65 and 246.65 ng/mL and the mean blood glucose concentration was between 71.87 and 105.75 mg/100mL. Both parameters indicated physiological stress levels and increased at the end of the experiment. Thus, the increase of stocking density undertook the development and survival of fish ( $P>0.05$ ), but did not influence the physiological parameters of stress which remained high in all treatments.

**Keyword:** Fish farming, Nile tilapia, population density, animal welfare

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de tilápias em tanques-rede é um sistema de cultivo que apresenta como característica a possibilidade de intensificar a produção, submetendo os peixes a altas densidades de estocagem (chegando a valores superiores a 300 kg/m<sup>3</sup>) enquanto em sistemas tradicionais de viveiros de terra dificilmente ultrapassa 3 kg/m<sup>3</sup>. Isto visa maximizar tanto o uso da água, quanto do espaço em prol de maior produtividade e rentabilidade (Papst *et al.*, 1992). Porém, diversos autores apontam o estresse como um dos causadores da diminuição de desempenho em peixes submetidos a densidades populacionais excessivas (Jobling, 1994, Schwedler & Johnson, 2000; Silva, 2010; Barreto, 2011; Sanches, 2013). Segundo Barton (2002), o excesso populacional pode desencadear em uma alteração da homeostase dos peixes de forma crônica culminando em desequilíbrio nas funções bioquímicas e fisiológicas. No entanto, Ellis *et al.* (2002) relataram que as condições de densidade elevada nem sempre são evidência de estresse. Deste modo, a determinação da densidade de estocagem ideal torna-se imprescindível tanto para otimizar os custos de produção em relação ao capital investido (Hengsawat *et al.*, 1997) quanto para evitar perdas produtivas decorrentes do estresse (Barreto, 2011).

Visto o exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho e parâmetros fisiológicos de estresse (cortisol e glicose) de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas em tanques-rede em diferentes densidades de estocagem.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Local do experimento

O trabalho foi conduzido em uma piscicultura particular de tilápias em sistema intensivo de tanques-rede localizada no reservatório de Chavantes, no rio Paranapanema, entre os estados de São Paulo e Paraná, no município de Fartura-SP no período de novembro de 2012 a janeiro de 2013 (Figura 3).



Figura 3. Local do experimento, reservatório de Chavantes - São Paulo, Brasil.  
Fonte: Arquivo pessoal (2012).

## **2.2. Animais e instalações**

Foram utilizados 48.600 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) linhagem chitralada pertencentes ao plantel da piscicultura onde foi realizado o experimento. Cada peixe possuía  $30 \pm 7,15$  g de peso vivo médio e foram avaliados durante 74 dias que é o período utilizado pela piscicultura para retirada dos peixes dos tanques-rede para padronização e mudança para tanques de maior volume. Os peixes foram distribuídos em 12 tanques-rede de 9m<sup>3</sup> de volume útil (3,00m x 2,00m x 1,50m), com malha  $\frac{3}{4}$  de polegada de arame galvanizado revestido, cobertos com o mesmo material para evitar fugas e ação de predadores. Os tanques foram alinhados transversais ao fluxo de água do reservatório em local com profundidade média de 12 metros.

## **2.3. Tratamentos, aclimação e amostragem**

Os 48.600 peixes foram distribuídos em 12 tanques-rede em um delineamento com três tratamentos contendo diferentes densidades de estocagem (D-250: 250 peixes/m<sup>3</sup>; D-350: 350 peixes/m<sup>3</sup> e D-450: 450 peixes/m<sup>3</sup>) e quatro repetições.

Realizou-se biometrias (dias 0, 35 e 74) de 10% de cada tanque-rede para avaliação dos parâmetros de desempenho. Posteriormente, coletaram-se quatro peixes por tanque-rede totalizando  $n=16$  por período amostral para cada tratamento para avaliação dos parâmetros sanguíneos. Os juvenis foram avaliados até o 74º dia de cultivo pois nesta etapa (após atingirem média de 100g de peso) eles são padronizados e realocados em tanques de 36m<sup>3</sup> até o final de cultivo (cerca de 180 dias).

## **2.4 Arraçoamento dos peixes**

Os peixes foram alimentados três vezes ao dia com ração comercial específica para engorda de juvenis de tilápias contendo 35% de Proteína Bruta. A taxa de arraçoamento foi calculada com base em porcentagem diária da biomassa média de cada tanque iniciando-se com 6% e chegando a 3,5% por dia ao final do experimento, sendo ajustado de acordo com a pesagem dos peixes durante as coletas. O arraçoamento foi realizado manualmente e o acesso aos tanques-rede ocorreu com uso de barco. A análise bromatológica da ração foi feita de

acordo com as técnicas preconizadas por AOAC (2010) e os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica da ração fornecida aos peixes durante o experimento.

Constituintes	Garantias do fabricante <sup>1</sup>	Valores aferidos <sup>2</sup>
Umidade	12% (máx.)	7,28%
Proteína bruta	32% (mín.)	35,61%
Carboidratos	-	37,83%
Extrato etéreo	7% (mín.)	6,16%
Cálcio	2% (máx.)	-
Fósforo	1% (mín.)	1,50%
Nitrogênio	-	5,70%

<sup>1</sup>Rótulo da ração comercial utilizada para os juvenis de tilápia. <sup>2</sup>Análise centesimal da ração.

## 2.5 Composição físico-química da água

A qualidade da água de cada tanque-rede foi aferida nos dias das coletas por meio de kit de análise química de água ALFAKIT<sup>®</sup> 2013 e termômetro digital, sendo aferidos: oxigênio dissolvido (mg/L), amônia não ionizada (mg/L), pH e temperatura (°C).

## 2.6. Biometria, colheitas de sangue e análises de glicose e cortisol

Os peixes foram coletados com um puçá e anestesiados em um recipiente contendo água e 50 mg/L de óleo de cravo (Soto & Burhanuddin, 1995; Simões *et al.*, 2012). O peso dos peixes e seu comprimento padrão foram aferidos individualmente por meio de balança digital e paquímetro. O ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD), biomassa média por tanque (BM) e a conversão alimentar aparente (CA) de cada tratamento foram calculados com base nos valores de peso e na quantidade de ração fornecida na dieta através das seguintes fórmulas: (GP= Peso final - Peso Inicial); (GPD= GP/74); (BM= Peso final x quantidade de peixes); (CA= Quantidade de ração/GP). A mortalidade diária foi quantificada para determinação das taxas de sobrevivência.

Para aferição das concentrações séricas de cortisol e sanguíneas de glicose, o sangue dos animais foi obtido pelo método de punção da veia branquial segundo Ishikawa *et al.* (2010) com seringa de 3 mL e agulha de 25 mm banhada em anticoagulante (EDTA 3%).

Utilizou-se uma alíquota de sangue colhido (1 gota) para quantificar a glicemia por meio de aparelho digital de glicose AccuChec Active (ref. 228835 Roche<sup>®</sup>).

O restante do sangue obtido foi depositado em tubos de ensaio de vidro, acondicionado em gelo com os tubos vertidos a 45° de inclinação para facilitar a formação do coágulo. Todos os tubos foram centrifugados a 11.000 rpm durante 02 minutos. Em seguida, o soro (sobrenadante) foi retirado com auxílio de uma pipeta digital e armazenado em microtubos de polipropileno etiquetados, para posterior análise de cortisol. As amostras de soro foram congeladas em freezer a -20°C e transportadas em caixas isotérmicas até o Laboratório de Bem-Estar Animal da UnB onde se mantiveram congeladas até a análise.

A concentração de cortisol sérico foi aferida pelo método ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) utilizando-se kit Direct ELISA kit The EIAasy Way Cortisol - BIOCHEM Canada<sup>Inc.</sup> conforme metodologia descrita por Barry *et al.* (1993).

## 2.7. Comparação econômica

Para se comparar a viabilidade econômica dos diferentes tratamentos os seguintes itens foram considerados: valor do quilograma da ração (R\$ 1,25), valor do milheiro de juvenis (R\$ 80,00), valor de venda do quilograma da tilápia na região (R\$ 4,50). Foram considerados apenas estes itens, pois o objetivo foi realizar somente uma comparação entre os tratamentos, não sendo necessário colocar nos cálculos itens de custo que não variaram entre estes (mão de obra, manutenção, depreciação, dentre outros) já que não é o foco deste trabalho realizar um estudo econômico pormenorizado. Para se determinar a lucratividade de cada tratamento, os dados do custo da ração utilizada somados ao valor de compra dos alevinos foram descontados do valor de venda da biomassa total de cada tanque, o qual variou de acordo com o peso dos peixes e mortalidade em cada tanque-rede e tratamento.

## **2.8 Delineamento experimental e análises estatísticas**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos e quatro repetições.

A análise dos dados foi feita utilizando o Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup> v.9.3 Cary, North Carolina) sendo os resultados zootécnicos e sanguíneos submetidos à análise de variância com posterior comparação de médias pelo teste de Tukey em 5% de significância.

Para se determinar as correlações entre os resultados sanguíneos e os zootécnicos, foi realizado teste de correlação utilizando-se o PROC CORR, sendo consideradas fortes aquelas correlações com probabilidade de significância ( $P < 0,001$ ).

Os resultados econômicos foram submetidos à análise de regressão polinomial, enquanto os dados referentes à sobrevivência foram analisados utilizando-se o PROC LIFETEST.

## **2.9 Ética na experimentação**

Este experimento foi submetido à avaliação pelo Comitê de Ética no Uso Animal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília e aprovado sob protocolo – CEUA/UnB (57208/2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição físico-química da água

A temperatura da água manteve-se entre 25,5 °C e 28,0 °C (Tabela 2), aproximando-se dos limites adequados para o conforto térmico das espécies de peixes tropicais (entre 26 e 30 °C) segundo Galli *et al.* (1999).

A concentração de oxigênio dissolvido na água oscilou entre 5,9 a 6,3 mg/L (Tabela 2), de acordo com o observado por Pomari (2010) em piscicultura no reservatório de Chavantes (entre 5,83 e 8,81 mg/L) ficando dentro do nível considerado ótimo (acima de 4,0 mg/L) para a produção de *Oreochromis sp.* (Milstein *et al.*, 1992).

O pH oscilou ao longo do experimento entre 6,5 a 6,8 (Tabela 2), corroborando com Esteves (1998) que considera valores ótimos de pH entre 6,0 e 8,0 para cultivo de peixes em corpos d'água continentais e com Resende *et al.* (1985), Graef *et al.* (1987) e Merola & Souza (1988) que obtiveram bons resultados cultivando peixes com pH variando de 4,9 a 8,3 indicando que a variação de pH encontrada neste estudo não é um fator limitante para criação de peixes.

Os valores de amônia não ionizada mantiveram-se entre 0,0 a 0,003 mg/L (Tabela 2), de acordo com o observado por Watanabe *et al.* (2003) (0,0 a 0,25 mg/L) e Maeda *et al.* (2010) (0,0 a 0,003) mg/L. Segundo Watanabe *et al.* (2003) a tilápia é capaz de suportar níveis até 3,4 mg/L de amônia não ionizada dissolvida na água.

Deste modo, todos os parâmetros de qualidade de água nesse experimento foram adequados aos limites de conforto para *Oreochromis sp.*, não exercendo influência negativa significativa no desempenho e parâmetros de estresse dos peixes.

Tabela 2. Composição físico-química da água

Parâmetros	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	Média
	Dia 0	Dia 35	Dia 74	
Temperatura (°C)	25,5	28,0	27,2	26,9
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,3	6,0	5,9	6,1
Amônia (mg/L)	0,0	0,0	0,003	0,001
pH	6,5	6,5	6,8	6,6

### 3.2. Parâmetros zootécnicos

Os resultados referentes aos parâmetros zootécnicos de *Oreochromis niloticus* ao final do experimento demonstram que o aumento da densidade de estocagem provocou uma diminuição no desempenho dos peixes em relação aos parâmetros de peso, ganho de peso, ganho de peso diário, comprimento padrão, sobrevivência e conversão alimentar e não apresentou diferenças em relação à biomassa (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho dos juvenis de *Oreochromis niloticus* submetidos a três densidades de estocagem por 74 dias.

Parâmetros	Tratamento			P	CV
	D-250	D-350	D-450		
Peso final (g) <sup>1</sup>	150,43 a	102,52 b	84,25 c	<0,0001	33,05
GP (g) <sup>1</sup>	129,5 a	78,13 b	53,55 b	0,0017	23,64
GPD (g) <sup>1</sup>	1,75 a	1,05 b	0,72 b	0,0016	23,63
CP (cm) <sup>1</sup>	16,00 a	14,56 ab	13,75 b	0,0017	10,04
CA <sup>1</sup>	1,17 a	1,58 ab	1,83 b	0,0161	26,90
BF (kg/tanque) <sup>2</sup>	336,63 a	339,49 a	358,52 a	0,2740	17,58
Sobrevivência (%) <sup>1</sup>	98,07 a	96,98 b	95,60 b	-	-

GP-Ganho de peso; GPD-Ganho de peso diário; CP-Comprimento padrão; CA-Conversão alimentar aparente; BF-Biomassa final. Médias com letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente segundo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>ANOVA  $p < 0,05$ ; <sup>2</sup>ANOVA  $p > 0,05$ .

### 3.2.1. Peso médio final

Verificou-se que com o aumento da densidade de estocagem de 250 peixes/m<sup>3</sup> para 350 peixes/m<sup>3</sup> houve uma diminuição no peso médio dos peixes em 46,73% e em relação à densidade de 450 peixes/m<sup>3</sup> houve decréscimo de 78,55%, de forma que, o grupo D-250 foi estatisticamente superior ( $P < 0,05$ ) como pode ser observado na Tabela 3.

Maeda *et al.* (2010) também observaram redução (33,39%) no peso final dos peixes com o aumento da densidade de estocagem de alevinos de *Oreochromis niloticus* e Marengoni (2006) encontrou diminuição de 10,92 % no peso final de *Oreochromis niloticus* quando se aumentou a densidade de 250 para 400 peixes/m<sup>3</sup> durante 135 dias de engorda. Neste contexto, o menor crescimento dos peixes cultivados sob densidades de estocagem elevadas podem ser decorrentes de uma simples limitação física de espaço (Le Coz *et al.*, 1990; Schwedler & Johnson, 2000) ou devido às reações fisiológicas do estresse sofridas pelos peixes em más condições de bem-estar animal (Fernandes & Volpato, 1993; Ellis *et al.*, 2002; North *et al.*, 2006). Porém, alguns autores como Mainardes-Pinto (2003) testando 25, 50, 75 e 100 tilápias/m<sup>3</sup> não observaram diferença estatística em relação ao peso final assim como Sampaio & Braga (2005) testando 200, 250 e 300 tilápias/m<sup>3</sup>.

### 3.2.2. Ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD) e comprimento padrão (CP)

O tratamento D-250 obteve um ganho de peso superior 66% em relação aos outros dois tratamentos (D-250=129,5g; D-350=78,13g; D-450=53,55g) e ganho de peso diário 67% acima dos outros dois tratamentos (D-250=1,75g; D-350=1,05g; D-450=0,72g) que não diferiram entre si nem em GP nem em GPD (tabela 3). Em relação ao comprimento padrão, o tratamento D-250 (16,00cm) e D-350 (14,56cm) não diferiram entre si, porém foram superiores ao D-450 (13,75cm) (tabela 3).

Barbosa *et al.* (2004) e Marengoni (2006) também observaram valores superiores de ganho de peso e ganho de peso diário em *Oreochromis sp.* submetidas às menores densidades de estocagem (25, 235 e 200 peixes/m<sup>3</sup> respectivamente). Por outro lado, Carneiro *et al.* (1999) e Sampaio & Braga (2005) não observaram diferença estatística em relação ao ganho de peso total e diário em densidade máxima testada de 100 e 250 peixes/m<sup>3</sup> respectivamente.

### 3.2.3. Conversão alimentar

Em relação à conversão alimentar aparente (CA), o tratamento com densidade média (D-350) apresentou desempenho semelhante aos outros dois tratamentos, que por outro lado, diferiram entre si, com o de menor densidade (D-250) apresentando uma conversão de 1,17, superior (56%) ao tratamento de maior densidade (D-450) que teve média de 1,83 (Tabela 3). Os valores encontrados estão próximos daqueles recomendados por Ono & Kubitzka (1999) para tilápia em tanques-rede (1,4 a 1,8) e a diferença observada entre os tratamentos possivelmente se deve à maior competição por alimentos ocasionada pelo excesso populacional no tratamento D-450 em relação aos outros. Alta conversão alimentar implica maior custo de produção, já que a ração representa 50 a 70 % do custo total de produção (Jolly & Clonts, 1993). Marengoni (2006) também encontrou aumento (12%) da conversão alimentar em tilápias confinadas a 400 peixes/m<sup>3</sup> em relação às que se encontravam em densidade de 250 peixes/m<sup>3</sup>. Por outro lado, Watanabe (1990) e Wannigama *et al.* (1985) não relataram diferença na conversão alimentar de tilápias submetidas a diferentes densidades de estocagem (100, 200 e 300 peixes/m<sup>3</sup> e 400, 600 e 800 peixes/m<sup>3</sup> respectivamente).

### 3.2.4. Biomassa total

Os valores médios da biomassa ao final do experimento não diferiram entre si (Tabela 4). A biomassa de cada tanque-rede oscilou de 270,87 kg a 429,72 kg conforme pode ser observado na tabela 4 abaixo.

Tabela 4. Valores de Biomassa total por tanque em relação ao tratamento ao final de 74 dias

Tratamento	Tanque-rede	Biomassa por tanque-rede	Biomassa média
D-250	C3-11	411,67	336,56 <sup>a</sup>
	C3	330,61	
	C3-13	322,88	
	C3-15	281,49	
D-350	B3-04	270,88	339,49 <sup>a</sup>
	B3-06	347,32	
	B3-08	408,70	
	B3-07	331,07	
D-450	A3-06	310,54	358,52 <sup>a</sup>
	A	311,08	
	A3-2	382,77	
	A3-1	429,73	

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente segundo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). CV= 17,58.  $P = 0,2740$ .

Sampaio & Braga (2005) também não observaram influência da densidade de estocagem sobre a biomassa, em experimento com 150, 200 e 250 tilápias/m<sup>3</sup> em tanques-rede e demonstraram que, apesar do decréscimo de desempenho individual dos peixes, o peso total de cada tanque não foi afetado com o aumento populacional, o que pode significar para o produtor um dado interessante na tomada de decisão em relação a adensar ou não a sua produção. Já Marengoni (2006) (utilizando 250, 300, 350 e 400 peixes/m<sup>3</sup>); Maeda *et al.* (2006) e Maeda *et al.* (2010) (estes dois últimos testando 700, 1000 e 1300 alevinos/m<sup>3</sup>) encontraram correlação positiva entre o aumento da densidade de estocagem e a biomassa final em experimentos com *Oreochromis sp.* Entretanto, Carro-Anzalotta e McGinty (1986) observaram efeitos inibitórios de elevadas densidades de estocagem (500, 750 e 1000 peixes/m<sup>3</sup>) sobre o a biomassa final de *O. niloticus* mantidas por 169 dias em tanques-rede.

### 3.2.5. Sobrevivência

A sobrevivência variou entre 95,6%, 96,98 e 98,07%, valores recomendados (acima de 95%) para engorda de juvenis de *Oreochromis sp.* em tanques-rede (McGinty *et al.*, 1989) e próximos às médias encontradas por diversos autores (Watanabe *et al.*, 1990; Carneiro *et al.*, 1999; Garcia *et al.*, 2013) (97,9%, 96,9%, 95,98%, respectivamente) todos trabalhando com *Oreochromis sp.* criadas em tanques-rede. O tratamento com menor densidade de estocagem

D-250 resultou em maior sobrevivência (98,07%) em relação aos dois tratamentos mais adensados em que houve maior mortalidade (Tabela 3). Isto demonstra que o excesso populacional pode ter exercido influência negativa na sobrevivência dos peixes, fator que deve ser levado em consideração na escolha da melhor densidade, a qual é responsável por impacto econômico na piscicultura. Ao longo dos primeiros 50 dias de experimento, a sobrevivência de todos os tanques ficou acima de 99,0% ( $P < 0,05$ ), sendo similares aos resultados obtidos por Marengoni (2006) (98,27 a 99,06%) e De Godoy (2006) (acima de 98,7%) em tilápias criadas em tanques-rede. Porém observou-se um aumento na mortalidade a partir do 50º dia do experimento (Figura 4) o que pode ter sido ocasionado justamente pelo aumento da biomassa, diminuindo o espaço para natação o que ocasiona maior estresse nos peixes.

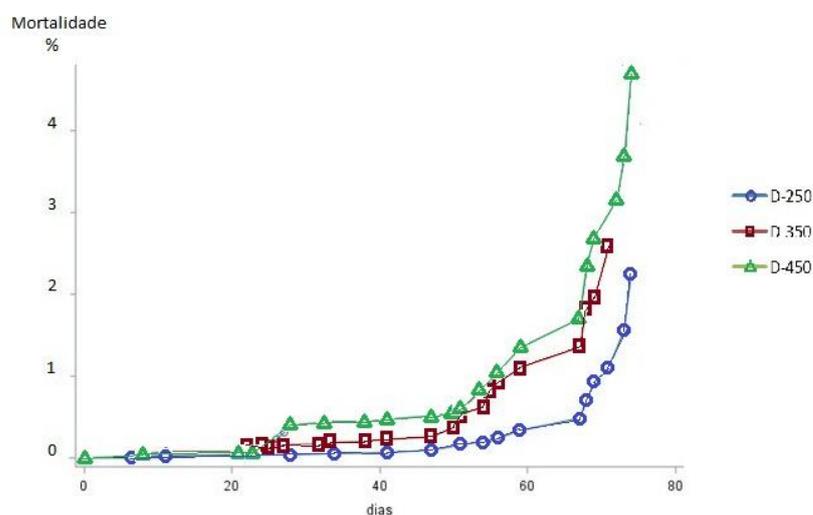


Figura 4. Mortalidade em relação ao tempo.

### 3.3. Comparação econômica

Constatou-se que não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos com relação aos valores econômicos (valor de venda sobre a soma dos custos variáveis) conforme Tabela 5 abaixo.

Tabela 5. Dados econômicos da engorda de juvenis de *Oreochromis niloticus* submetidos a três densidades de estocagem por 74 dias.

Tratamento	Custo alevinos	Custo ração	Valor venda	Lucro	Média Lucro
D-250	R\$ 180,00	R\$ 507,81	R\$ 1.852,52	R\$ 1.164,71	R\$ 819,75 <sup>a</sup>
	R\$ 180,00	R\$ 514,85	R\$ 1.487,74	R\$ 792,89	
	R\$ 180,00	R\$ 514,85	R\$ 1.452,96	R\$ 758,11	
	R\$ 180,00	R\$ 523,44	R\$ 1.266,71	R\$ 563,27	
D-350	R\$ 252,00	R\$ 637,50	R\$ 1.218,94	R\$ 329,44	R\$ 619,46 <sup>a</sup>
	R\$ 252,00	R\$ 675,00	R\$ 1.562,94	R\$ 635,94	
	R\$ 252,00	R\$ 640,63	R\$ 1.839,16	R\$ 946,53	
	R\$ 252,00	R\$ 671,88	R\$ 1.489,80	R\$ 565,92	
D-450	R\$ 324,00	R\$ 796,88	R\$ 1.397,43	R\$ 276,55	R\$ 531,57 <sup>a</sup>
	R\$ 324,00	R\$ 679,69	R\$ 1.399,88	R\$ 396,19	
	R\$ 324,00	R\$ 789,06	R\$ 1.722,45	R\$ 609,39	
	R\$ 324,00	R\$ 765,63	R\$ 1.933,77	R\$ 844,14	

Médias com letras diferentes diferem estatisticamente segundo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

A comparação dos resultados econômicos entre diferentes estudos deve considerar as particularidades existentes em cada situação como as condições ambientais, nutricionais e sanitárias. Ressalvadas estas considerações, podemos comparar este estudo com o trabalho realizado por Ayroza *et al.* (2011) que avaliaram os custos de produção de juvenis de tilápia em tanques-rede no mesmo reservatório (Chavantes-SP) submetidos às densidades de 100, 200, 300 e 400 peixes/m<sup>3</sup> e relataram que os melhores resultados foram obtidos com densidades de até 200 peixes/m<sup>3</sup>.

Os dados coletados acerca da lucratividade demonstraram tendência de diminuição com o aumento da densidade de estocagem à análise de regressão (Figura 5).

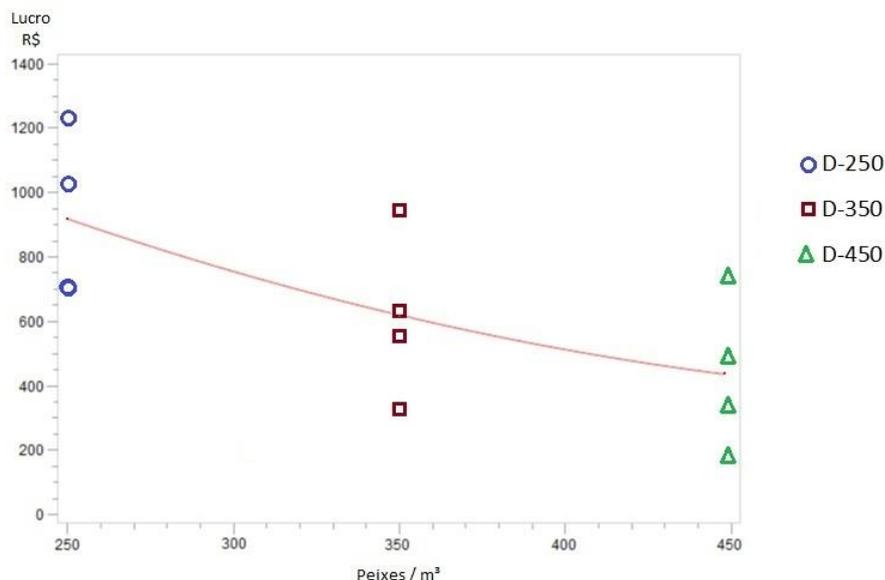


Figura 5. Lucratividade do cultivo em relação à densidade de estocagem (peixes/m<sup>3</sup>).

### 3.4 Parâmetros fisiológicos de estresse

#### 3.4.1 Cortisol

Em relação às concentrações séricas de cortisol, verificou-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 6) e que as médias oscilaram entre 123,64 e 246,65 ng/mL, próximos dos níveis relatados para peixes em situação pós-estresse (200 ng/mL) por Pickering & Pottinger (1989) e acima dos valores descritos por Foo & Lam (1993) (64 a 119 ng/mL) em *Oreochromis* sp. submetidos a ambiente de superlotação. Wedemeyer *et al.* (1990) indica que concentrações basais de cortisol de peixes em repouso devem ser inferiores a 40 ng/mL o que corrobora com o relatado por diversos autores (16,43 a 46,32 ng/mL) (Barcellos *et al.*, 1999; Volpato & Barreto, 2001; Biswas *et al.*, 2004; Sanches, 2013). Os resultados obtidos neste experimento indicam que, independente da densidade populacional estudada, houve estresse fisiológico nas tilápias, provavelmente devido à restrição espacial típica do confinamento em tanques-rede. Barcellos *et al.* (1997) também obtiveram valores altos de cortisol (86,54 a 170,75) em *Oreochromis niloticus* estocadas em tanques-rede nos dois tratamentos estudados (com e sem anóxia). Corrêa *et al.* (2003) relataram não haver diferença

nos níveis plasmáticos de cortisol entre os peixes subordinados e dominantes sugerindo que o ambiente competitivo pode ser estressante para ambos.

Tabela 6. Concentração sérica de cortisol ao longo do experimento.

Dia da coleta	Cortisol ng/mL		
	D-250	D-350	D-450
0	123,65 <sup>a, A</sup>	126,50 <sup>a, A</sup>	154,84 <sup>a, A</sup>
35	184,91 <sup>a, B</sup>	198,16 <sup>a, B</sup>	194,72 <sup>a, B</sup>
74	246,65 <sup>a, C</sup>	207,17 <sup>a, B</sup>	232,96 <sup>a, C</sup>

Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem estatisticamente segundo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ): CV=42,08.  $P=0,5152$ .

Observou-se uma elevação do cortisol em relação ao tempo em todos os tratamentos (Figura 6) demonstrando a ocorrência de um estresse crônico que o organismo dos peixes não conseguiu superar que aumentou devido ao aumento da biomassa no decorrer do experimento. Tais resultados corroboram com o descrito por Barton *et al.* (1980) e Pickering & Pottinger (1989) que descreveram que a amplitude das concentrações de corticosteroides no sangue dos peixes normalmente refletem a duração do estressor.

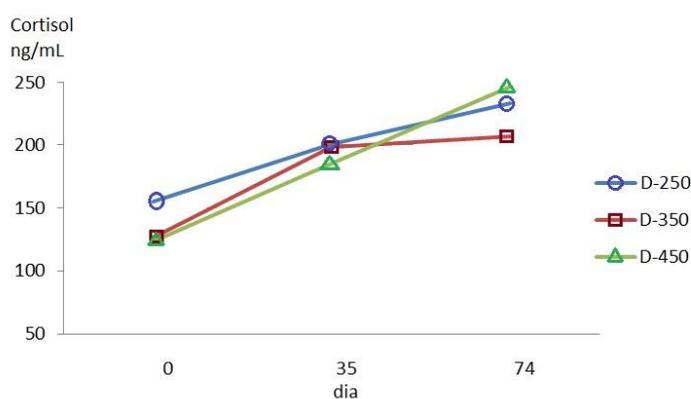


Figura 6. Evolução dos níveis séricos de cortisol por tratamento ao longo do experimento.

### 3.4.2 Glicose

As médias das concentrações sanguíneas de glicose oscilaram entre 71,87 e 105,75 mg/100mL (Tabela 7) correspondendo aos valores encontrados em outros estudos para glicemias que variaram entre 34,54 e 130 mg/100mL (Fernandes & Volpato, 1993; Yavuzcan

*et al.*, 1997; Barcellos *et al.*, 1999; Barreto & Volpato, 2006) ficando acima das concentrações consideradas basais para peixes (<60 mg/100mL) por Vijayan *et al.* (1997).

Tabela 7. Concentrações sanguíneas de glicose ao longo do experimento.

Dia da coleta	Glicose mg/100mL		
	D-250	D-350	D-450
0	77,93 <sup>a, A</sup>	92,18 <sup>a, A</sup>	85,18 <sup>a, AB</sup>
35	71,87 <sup>a, A</sup>	78,25 <sup>a, A</sup>	76,25 <sup>a, A</sup>
74	105,75 <sup>a, B</sup>	86,25 <sup>b, A</sup>	100,63 <sup>ab, B</sup>

Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem estatisticamente segundo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). CV= 30,43.  $P = 0,0195$

Observou-se que a glicemia reduziu na metade do experimento (35 dias) em todos os tratamentos e depois voltou a elevar-se ao final dos 74 dias (Figura 7). Estes resultados indicam estresse fisiológico dos peixes e podem configurar que possivelmente os valores elevados de glicemia iniciais (77,93; 92,18 e 85,18 mg/100mL) foram ocasionados por glicogenólise induzida pela elevação das catecolaminas, típica do estresse agudo gerado pelo confinamento (Vijayan *et al.*, 1991). Com o cessar do caráter agudo do estresse, a glicemia sofreu redução na metade do experimento (71,87; 78,25 e 76,25 mg/100mL) porém voltou a se elevar ao final do trabalho (105,75; 86,25 e 100,63 mg/100mL) possivelmente devido à alta concentração sérica de cortisol gerando gliconeogênese, conforme relatado por diversos autores em casos de estresse crônico em peixes (Leach & Taylor, 1980; Chan & Woo, 1978; Inui & Yokote, 1975; Vijayan *et al.*, 1991). Segundo Vijayan & Moon (1994), as catecolaminas estariam envolvidas na produção imediata de glicose após o estresse através da glicogenólise, enquanto que o cortisol é importante para a regulação a longo prazo da glicose em peixes através da gliconeogênese. A gliconeogênese pode prejudicar a qualidade da carcaça em peixes reduzindo o pH desta e alterando a deposição de lipídeos (Baeverfjord *et al.*, 1998; Zhang *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2006), podendo reduzir o período de conservação do peixe após o abate.

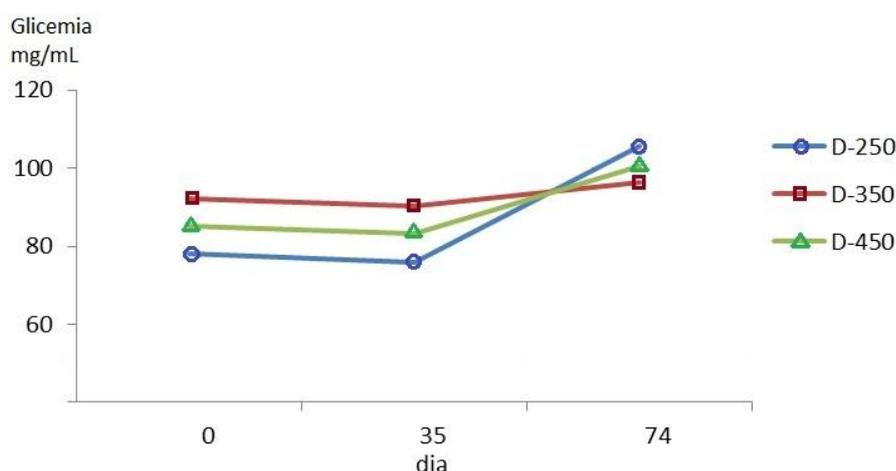


Figura 7. Evolução da glicemia por tratamento ao longo do experimento.

### 3.5 Correlação entre Glicose, Cortisol e os parâmetros de desempenho

Verificou-se que não houve correlação entre a glicemia e cortisol e nem entre glicemia e os parâmetros de peso, comprimento padrão, ganho de peso e ganho de peso diário, como também não ocorreu correlação entre cortisol e os parâmetros de ganho de peso e ganho de peso diário. Entretanto, houve alta correlação ( $P < 0,001$ ) entre os valores de cortisol e peso e entre cortisol e comprimento padrão (Tabela 8).

Tabela 8. Correlação entre Glicose, Cortisol e os parâmetros de desempenho.

	CP	Peso	GP	GPD	Glicose	Cortisol
Glicose	0,2255	0,2244	0,5472	0,9290	-	0,2415
Cortisol	<0,001	<0,001	0,3260	0,1398	0,2415	-

CP= Comprimento padrão; GP= Ganho de peso; GPD= Ganho de peso diário  
Correlação pelo valor de Probabilidade de significância ( $P$ )

Avaliando-se os tratamentos em relação às concentrações de cortisol, não houve diferenças significativas a 5% de probabilidade, concluindo-se que as correlações observadas entre cortisol e peso e entre cortisol e comprimento padrão podem estar relacionadas ao tempo de cultivo, ou seja, independente do tratamento, houve aumento do peso e do comprimento ao longo do experimento enquanto o cortisol também aumentou (Figura 8) gerando uma correlação positiva entre esses parâmetros.

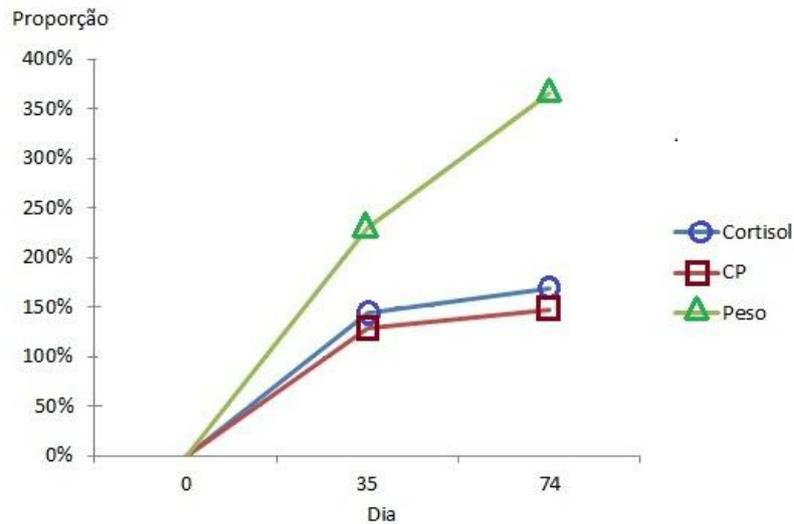


Figura 8. Correlação entre a evolução de Cortisol, Comprimento Padrão (CP) e Peso em relação ao tempo.

Portanto, apesar de diversos experimentos com aplicações de corticosteroides em peixes demonstrarem sua influência negativa no desempenho destes animais (Vijayan & Leatherland, 1989; Foo & Lam, 1993; Mathiyalagan *et al.*, 1996), este comportamento não foi observado neste experimento. Resultados que corroboram com Barton & Iwama (1991), que afirmam ser difícil concluir que as reduções observadas no crescimento dos peixes com maior aglomeração são resultado do estresse metabólico, já que podem ocorrer devido a outros fatores como competitividade por alimento, interações comportamentais, limitação espacial ou o efeito direto de níveis hormonais, enzimas metabólicas e outros fatores de crescimento.

#### 4 CONCLUSÕES

A densidade mínima estudada (250 peixes/m<sup>3</sup>) apresentou os melhores resultados de desempenho, sendo a mais indicada para o cultivo de juvenis de tilápia em tanques-rede. Em todos os tratamentos, as concentrações de cortisol sérico e glicose sanguínea se apresentaram elevadas em relação aos valores de referência, demonstrando que o sistema de cultivo em tanques-rede nas densidades estudadas é estressante aos juvenis de tilápia. Porém, não foi possível concluir que as reduções observadas no crescimento dos peixes com maior aglomeração são resultado do estresse metabólico.

São necessários estudos avaliando outros parâmetros como a hematologia, leucograma, bioquímica (glicogênio) e expressão de fatores de crescimento celular (IGF) dos peixes e o desenvolvimento de outras metodologias para avaliação do bem-estar em sistemas com altas densidades de estocagem. Por outro lado, um estudo avaliando densidades inferiores às comumente utilizadas apontando se há benefícios sobre o bem-estar dos peixes sem prejudicar seu desempenho e a lucratividade do cultivo também seria importante.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Relatórios técnicos. 2011. 256p.
- ARBELÁEZ-ROJAS, G. A. & MORAES, G. Interação do exercício de natação sustentada e da densidade de estocagem no desempenho e na composição corporal de juvenis de matrinxã *Brycon amazonicus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n1, p.201-208, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Washington: AOAC, 2010.
- AYROZA, L. M. S.; ROMAGOSA, E.; AYROZA, D. M. M. R.; SCORVO FILHO J. D.; SALLES, F. A. Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-nilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.231-239, 2011.
- BAEVERFJORD, G.; ASGARD, T.; SHEARER, K. D. Development and detection of phosphorus deficiency in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr and post-smolts. **Aquaculture Nutrition**, v. 4, p. 1-11, 1998.
- BARBOSA, A. C. A.; ALMEIDA, L. D. L.; FONSECA, E R. B. Avaliação de três diferentes sequências de arrazoamento no cultivo de tilápia em gaiolas. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 13., 2004, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABRAq. p. 205-211. 2004.
- BARCELLOS, L. J. G.; DE SOUZA, S. M. G.; LUCERO, L. F. Estudos preliminares sobre o cortisol sérico em resposta ao estresse na tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.24 (especial), p.239–245, 1997.
- BARCELLOS, L. J. G.; NICOLAIEWSKY, S.; DE SOUZA, S. M. G.; LULHIER F. Plasmatic levels of cortisol in the response to acute stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), previously exposed to chronic stress. **Aquaculture Research**, v.30, p.437–444, 1999.

- BARRETO, T. N. Efeito da homogeneidade de tamanho sobre o comportamento agressivo e o estresse social na tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*), linhagem tailandesa. 2011. 38f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto. 2011.
- BARRETO, R. E. & VOLPATO, G. L. Ventilatory frequency of Nile tilapia subjected to different stressors. **Journal of Experimental Animal Science**, v.43, p.189–196, 2006.
- BARTON, B. A. Stress in finfish: past, present and future – a historical perspective. In: Iwana, G.K.; Pickering, A.D.; Sumpter, J.P.; Schreck, C.B. (eds) *Fish Stress and Health in Aquaculture*. Society for Experimental Biology, Seminar Series 62, Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p.1-33.
- BARRY, T. P.; LAPP, A. F.; KAYES, T. B.; MALISON, J. A. Validation of a microtitre plate ELISA for measuring cortisol in fish and comparison of stress responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and lake trout (*Salvelinus namaycush*). **Aquaculture**, v. 117, n. 3, p. 351-363, 1993.
- BARTON, B. A.; PETER, R. E.; PAULENCU, C. R. Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport, and stocking. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 37, p. 805-811, 1980.
- BARTON, B. A. & IWAMA, G. K.; Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the responses and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Disease**, v.1, p.3-26, 1991.
- BARTON, B. A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative and Comparative Biology**, v.42, p.517-525, 2002.
- BEECHAM, R. V.; SMALL, B. C.; MINCHEW, C. D. Using portable lactate and glucose meters for catfish research: acceptable alternatives to established laboratory methods?. **North American Journal of Aquaculture**, v. 68, n. 4, p. 291-295, 2006.
- BHUJEL, R. C. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. **Aquaculture**, v.181, p.37-59, 2000.
- BISWAS, A.; MAITA, M.; YOSHIZAKI, G.; TAKEUCHI, T. Physiological responses in Nile tilapia exposed to different photoperiod regimes. **Journal of Fish Biology**, v.65, p.811–821, 2004.
- BIZARRO, Y. W. S. Influência do fotoperíodo nos níveis hormonais, hematológicos e nos índices reprodutivos de machos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) linhagem GIFT. 2013. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília. 2013.

- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaças de machos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, linhagem tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.5, p.1391-1396, 2001.
- BOZANO, G. L. N.; RODRIGUES, S. R.; CASEIRO, A. C. CYRINO, J. E. P. Desempenho da tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* (L.) em gaiolas de pequeno volume. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.819-825, 1999.
- BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C.; ARAÚJO, L. D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.357-362, 2004.
- BUENO, G. W. Impacto ambiental do fósforo em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Toledo, 2011. [Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca] 64p.
- BUENO, G. W.; OSTRENSKY, A.; CANZI, C.; MATOS, F. T.; ROUBACH, R. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, 2013.
- CARNEIRO, P. C. F.; CYRINO, J. E. P.; CASTAGNOLLI E. N. Produção da tilápia vermelha da Flórida em tanques-rede. **Scientia Agrícola**, 56: 673-679. 1999.
- CARRO-ANZALOTTA, A. E. & MCGINTY, A. S. Effects of stocking density on growth of *Tilapia nilotica* cultured in cages in ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 17, n. 1-4, p. 52-57. 1986.
- CASTRO, F. J. & FERNANDES, M. N. Effect of temperature on copper toxicity and hematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH. **Aquaculture**, v. 251, p. 109-117, 2009.
- CONTE, F.S. Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, v.86, p.205-223, 2004.
- CORRÊA, S. A.; FERNANDES, M. O.; ISEKI, K. K.; NEGRÃO, J. A. Effect of the establishment of dominance relationships on cortisol and other metabolic parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.36, p.1725-1731, 2003.
- COSTA, O. F. T.; FERREIRA, D. J. S.; MENDONÇA, F. L. P.; FERNANDES, M. N. Susceptibility of the amazonian fish, *Colossoma macrospomun* (Serrasalminae) to short-term exposure to nitrite. **Aquaculture**, Atlantic, v. 232, p.627-636, 2004.

- CHAN, D. K. O. & WOO, N. Y. S. Effect of cortisol on the metabolism of the eel, *Anguilla japonica*. **General and Comparative Endocrinology**, v. 35, p. 205–215, 1978.
- CHANDROO, K. P.; DUNCAN, I. J. H.; MOCCIA, R. D. Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. **Applied Animal Behaviour Science**. v.86, p.225-250, 2004.
- CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGUESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39 (supl. Especial), p. 68-87, 2010.
- DE GODOY, C. E. M. Produção da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L, 1758), linhagem chitralada, de pequeno porte, em tanques-rede visando o atendimento de comunidades carentes. 2006. 57p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.
- DONALDSON E. The pituitary-interrenal axis as an indicador of stress in fish. In: PICKERING, A. D. (Ed.) *Stress and fish*. London: Academic Press, 1981. p.11-47.
- DUNCAN, I. J. H. & FRASER, D. Understanding Animal Welfare. In: Appleby, M. & Hughes, B.O. (eds) *Animal Welfare*. London: CABI Publishing, 1997. p.19-32.
- DUSTON, J.; ASTATKIE, T.; MACISAAC, P. F. Long-to-short photoperiod in winter halves the incidence of sexual maturity among Arctic charr. **Aquaculture**, v.221, p.567-580, 2003.
- ELLIS, T.; NORTH, B.; SCOTT, A. P. *et al.* The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. **Journal of Fish Biology**, v.61, n.3, p.493-531, 2002.
- EPANECHNIKOV, V. A. Non-parametric estimation of a multivariate probability density. *Theory of Probability & Its Applications*, v. 14, n. 1, p. 153-158, 1969.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.
- FAO - **FAO Statistical Yearbook: Word, food and agriculture. 2013**. Disponível em <[www.fao.org/docrep/018/i3107/i3107e03.pdf](http://www.fao.org/docrep/018/i3107/i3107e03.pdf)> Acesso em 13 de agosto de 2013.
- FERNANDES, M. O. & VOLPATO, G. L. Heterogeneous growth in Nile tilapia: social stress and carbohydrate metabolism. **Physiology and Behavior**, v.54, p.319-323, 1993.
- FOO, J. T. W. & LAM, T. J. Serum cortisol response to handling stress and the effect of cortisol implantation on testosterone level in the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. **Aquaculture**, v.115, p.145-158, 1993.

- FSBI. Fish Welfare (Briefing paper n. 2). Fisheries Society of the British Isles. Cambridge: Granta Information Systems, 2002. Disponível em: <http://www.le.ac.uk/biologyfsbi/briefing.html>
- GALLI, L. F. & TORLONI, C. E. C. **Criação de peixes**. 3. ed. São Paulo: Nobel. 119 p. 1999.
- GANECO, L. N. Ontogenia da resposta endócrina em larvas de matrinxã *Brycon amazonicus* ênfase nos eixos hipófise-tireóide e hipófise-tecido inter-renal. 2007. 97f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 2007.
- GARCIA, F., ROMERA, D. M., GOZI, K. S., ONAKA, E. M., FONSECA, F. S., SCHALCH, S. H., ... & PORTELLA, M. C. Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. **Aquaculture**, v. 410, p. 51-56, 2013.
- GOMES, S. Z. & SCHLINDWEIN, A. P. Efeito de períodos de cultivo e densidades de estocagem sobre o desempenho do catfish (*Ictalurus punctatus*) nas condições climáticas do litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, p. 1266-1272, 2000.
- GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C.; CRESCÊNCIO, R.; PESSOA, M. A.; SILVA, A. L. F.; CARVALHO, E. S.; ANDRADE JUNIOR, G. ; BRITO, M. V. T. ; PORTO, M. S. A. Validation of a simple portable instrument for measurement of blood glucose in four amazon fishes. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, Calcutta, v. 20, p. 101-109, 2005.
- GRAEF, E.W.; RESENDE, E.K.; PETRY, P.; STORI FILHO, A. Policultivo de Matrinxã (*Brycon* sp.) e Jaraqui (*Semaprochilodus* sp.) em pequenas represas. **Acta Amazônica**, v. 16/17, nº único (suplemento), 1987, p. 33-42.
- HENGSAWAT, K.; WARD, F.J.; JARURATJAMORN, P. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) cultured in cages. **Aquaculture**, v.152, p.67-76, 1997.
- HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas - uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 22, n. 1/4, p. 199-205, 1995.
- HUNTINGFORD, F. A. & CHELLAPPA, S. Agressão. In: Yamamoto, M.E., Volpato, G.L. (eds) Comportamento animal. EDUFRRN, Natal, 2006. p.157-173.
- INUI, Y. & YOKOTE, M. Gluconeogenesis in the eel. IV. Gluconeogenesis in the hydrocortisone-administered eel. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 41, p. 973-981, 1975.
- ISHIKAWA, M. M.; DE PÁDUA, S. B.; SATAKE, F.; PIETRO, P. S.; HISANO, H. **Procedimentos básicos para colheita de sangue em peixes**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 7p. (Embrapa CPAO. Circular Técnica, 17).

- IWAMA, G. K. **Intensive fish productions, Guided Independent Study** – Course Manual UBC Access, The University of British Columbia, Vancouver, 1993.
- JOBLING, M.; BAARDVIK, B. M.; CHRISTIANSEN, J. S.; JORGENSEN, E. H. The effects of prolonged exercise training on growth performance and production parameters in fish. **Aquaculture International**, v.1, p.95-111, 1993.
- JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 1994. 309p.
- JOHANSSON, J. I.; WINBERG, S.; SLOMAN, K. A. Social interactions. In: Sloman, K.A., Wilson, R.W., Balshine, S. (eds), **Behaviour and Physiology of Fish (Fish Physiology)**. Elsevier, San Diego, 2006. p. 151–196.
- JOLLY, C. M. & CLONTS, H. A. 1993. **Economics of aquaculture**. Binghamton: The Haworth Press. 319 p.
- KESTEMONT, P. & BARAS, E. Environmental factors and feed intake: mechanisms and interactions. In. HOULIHAN, D. *et al.* Food intake in fish. Oxford-UK: Blackwell-science, 2001. Chap.6, p.131-145.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: Degaspari, p. 6-8, 2000.
- LAMBERT, Y. & DUTIL, J. D. Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared under different conditions of stocking density, feeding frequency and sizegrading. **Aquaculture**, v.192, p.133-147, 2001.
- LAURENT, P. & PERRY, F. Effect of cortisol on gill chloride cell morphology and ionic uptake in the freshwater trout, *Salmo gairdneri*. **Cell and tissue research**, v.250, p.429-442, 1989.
- LEACH, G. J. & TAYLOR, M. H. The role of cortisol in stress-induced metabolic changes in *Fundulus heteroclitus*. **General and Comparative Endocrinology**, v. 42, p. 219-227, 1980.
- LE COZ, C.; MARGERIT, P.; MARION, J. P. Culturing tilapia in sea water in Martinique. In: BARNABÉ G. **Aquaculture**. London: Ellis Horwood, 1990. p. 833-840.
- LEONHARDT, C. M. R.; CAETANO, L. G.; FENOCCHIO, A.; CAETANO FILHO, M.; LEONHARDT, J. H. Caracterização cariotípica de um estoque de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da Universidade Estadual de Londrina, mediante diversas técnicas de bandamento cromossômico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, p. 679-684, 2006.

- MAEDA, H.; SILVA, P. C.; AGUIAR, M. S.; PADUA, D. M. C.; OLIVEIRA, R. P. C.; MACHADO, N. P.; RODRIGUES, V.; SILVA, R. H. Efeito da densidade de estocagem na segunda alevinagem de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), em sistema raceway. *Ciência Animal Brasileira*, v. 7, n. 3, p. 265-272, jul.-set. 2006.
- MAEDA, H.; SILVA, P. C.; OLIVEIRA, R. P. C.; AGUIAR, M. S.; PÁDUA, D. M. C.; MACHADO, N. P.; RODRIGUES, V.; SILVA, R. H. Densidade de estocagem na alevinagem de tilápia-do-nilo em tanque-rede. ***Ciência Animal Brasileira***, Goiânia, v.11, n.3, p.471-476, 2010.
- MACEDO, C. F. & SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: conseqüências e recomendações. ***Boletim do Instituto de Pesca***, São Paulo, v.36, p.149-163, São Paulo, 2010.
- MAINARDES PINTO, C. S. R.; VERANI, J. R.; SCORVO FILHO J. D. Productive development of red tilapia from Florida *Oreochromis u. hornorum* x *O. mossambicus* and Thailand tilapia *O. niloticus* in small capacity net cages, submitted to different stocking densities. In: *World Aquaculture*, 2003, Salvador. Anais... Salvador: WAS. p. 443. 2003.
- MARENGONI, N. G. Produção de tilápia do nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. ***Archivos de Zootecnia***, v.55, n.210, p.127-138, 2006.
- MASSAGO, H. Desempenho de alevinos de quatro linhagens da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e análise da variabilidade genética pelos marcadores RAPD. 2007. 40f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista. Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 2007.
- MC ANDREW, B. J. Evolution, phylogenetic relationship and biogeography. In: BEVERIDGE, M. C. M.; MC ANDREW, B. J. *Tilapias: Biology and Exploitation*. *Kluwer*. Boston: Academic Publishers, 2000. cap.1, p.1-3.
- MCGINTY, A. S.; RAKOCY, J.; BRUNSON, M. W. **Cage culture of tilapia**. Southern Regional Aquaculture Center, 1989.
- MEROLA, N.; SOUZA, H. Cage culture of the amazon fish Tambaqui, *Colossoma macropomum* at two stocking densities. ***Aquaculture***, v 71, p.15-21, 1988.
- MILSTEIN, A.; ZORAN, M.; KRAMBECK, H. J. Fish performance and oxygen dynamics in a dual purpose reservoir (fish farming and field irrigation) in the Israeli coastal area. ***Limnologia***, v. 22, p. 43-50, 1992.
- MOBERG, G. P. Biological response to stress: Key to assessment of well-being? In: MOBERG, G. P. (ed.) *Animal stress*. Bethesda: American Physiological Society, 1985. p. 27-29.

- MORAES, G.; POLEZ, V. L. P.; IWAMA, G. K. Biochemical responses of two erythrinidae fish to environmental ammonia. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 64, n. 1, p. 95-102, 2004.
- MPA (2011) Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim de Estatística da Pesca e Aquicultura no Brasil no ano de 2011. MPA, Brasília, 60p.
- NANDI, J. The structure of the interrenal gland in teleost fishes. **University of California Publications in Zoology**, Los Angeles, v. 65, p. 129-211, 1962.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC 1993. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. Washington: National Academy Press. 102p.
- NOLAN, D. T. Skin response of fish to stressors. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Católica de Nijmegen, Holanda. Nijmegen, 2000.
- NORTH, B. P.; TURNBULL, J. F.; ELLIS, T., PORTER, M. J.; MIGAUD, H.; BRON, J.; BROMAGE, N. R. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.255, p.466–479, 2006.
- OBA, E. T.; MARIANO, W. S.; SANTOS, L. R. B. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. TAVARES-DIAS, M. (Org). Manejo e sanidade de peixes em cultivo. Macapá: Emprapa Amapá, 2009, cap.8, p. 226-247.
- OLIVEIRA, R. F. & GALHARDO, L. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p. 77-86, 2007.
- ONO, E. A. & KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. 2. ed. Jundiaí: F. Kubitza, 1999. 68 p.
- PAPST, M. H.; DICK, T. A.; ARNASON, A. N. ENGEL, C. E.. Effect of rearing density on the early growth and variation in growth of juvenile Arctic *Salvelinus alpinus*. **Aquaculture and Fisheries Management**, v.23, 41-47, 1992.
- PICKERING, A. D. (Ed.). **Stress and fish**. London: Academic Press, 1981.
- PICKERING, A. D. & POTTINGER, T. G. Stress responses and disease resistance in salmonid fish: Effects of chronic elevation of plasma cortisol. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 7, p. 253-258, 1989.
- POMARI, J. Efeitos da tilapicultura em tanques-rede sobre as assembléias zooplânctônicas do Reservatório de Chavantes, rio Paranapanema (SP/PR). 2010. 213p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. 2010.
- POPMA, T. & MASSER, M. **Tilapia: life history and biology**. Auburn: Auburn University/Southern Regional Aquaculture Center, v.283, p. 1-4, 1999.

- RESENDE, E. K.; GRAEF, E. W.; ZANIBONI FILHO, E.; PAIXÃO, A. M.; STORI FILHO, A. Avaliação do Crescimento e Produção de Jaraquis (*Semaprochilodus* spp.), em Açude de Igarapé de Terra Firme nos Arredores de Manaus, Amazonas. **Acta Amazônica**, v.15, nº1-2, março-junho, 1985, p.19-36.
- SALARO, A. L.; LUZ, R. K.; NOGUEIRA, G. C. C.; NOGUEIRA, G. C. C. B.; REIS, A.; SAKABE, R.; LAMBERTUCCI, D. M. Effect of two stocking rates on the trairão (*Hoplias* cf. *lacerdae*) fingerlings performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1033- 1036, 2003.
- SAMPAIO, J. M. C. & BRAGA, L. G. T. Cultivo de tilápia em tanques-rede na barragem do Ribeirão de Saloméa – Floresta Azul – Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.6, n.2, p.42-52, 2005.
- SANCHES, F. H. C. Resposta de estresse à substância de alarme na tilápia-do-nilo. 2013. 28f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. 2013.
- SAS/STAT® Software: Syntax. Version 6, Cary, N.C.: SAS Institute Inc., 2000. 151p.
- SCHMITTOU, H. R. **High density fish culture in low volume cages**. Singapore: American Soybean Association, 1993. 78p.
- SCHIMITTOU, H. R. **Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume**. Campinas: Mogiana Alimentos e Associação Americana de Soja, 1997. 78 p.
- SCHWEDLER, T. E. & JOHNSON, S. K. Responsible care and health maintenance of fish in commercial aquaculture. **Animal Welfare Information Center Bulletin**, Winter, v.10, p.3-4, 1999/2000.
- SHERIDAN, M A. Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 107B, p. 495-508, 1994.
- SIGISMONDI, L. A. & WEBER, L. J. Chances in avoidance response time of juvenile Chinook salmon exposed to multiple handling stress. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, v. 117, p. 196-201, 1988.
- SILVA, R. D. SILVA; ROCHA, L. O.; FORTES, B. D. A.; RODRIGUES, C. P. F.; LOBO, J. R.; FALEIRO, M. B. R.; DE PAULA, F. G.; VIEIRA, D. Determinação de glicose plasmática em exemplares adultos de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) por glicosímetro digital portátil e por método enzimático. In: Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão, 6., 2009, Goiânia. Anais... Goiânia: UFG, 2009, p. 5914-5919.
- SILVA, R. D. Parâmetros hematológicos e bioquímicos da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sob estresse por exposição ao ar. 2010. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás. 2010.

- SIMÕES, L. N. & GOMES, L. C. Eficácia do mentol como anestésico para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 3, p. 613- 620, 2009.
- SIMÕES, L. N.; GOMIDE, A. T. M.; ALMEIDA-VAL, V. M. F.; VAL, A. L.; GOMES, L. C. O uso do óleo de cravo como anestésico em juvenis avançados de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Animal Sciences**, Acta Scientiarum. v. 34, n.2, p.175-181, 2012.
- SOTO, C. & BURHANUDDIN. Clove oil as a fish anaesthetic for measuring length and weight of rabbitfish (*Siganus lineatus*). **Aquaculture**, v.136, p.149-152, 1995.
- TAVARES-DIAS, M. & MORAES, F. R. Característica hematológica da *Tilapia rendalli* Boulenger, 1986 (Osteichthyes, Cichlidae) capturada em “pesque-pague” de Franca, São Paulo. **Bioscience Journal**, v.19, n.1, p.107-114, 2003 6443/4177, 2010.
- VIEIRA, V. P. Avaliação do desempenho produtivo e da variabilidade genética de linhagens de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, com o uso do marcador de RAPD. 2005. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual de Maringá.
- VIJAYAN, M.M. *et al.* High stocking density alters the energy metabolism of brook charr, *Salvelinus fontinalis*. **Aquaculture**, v.88, p.371-381, 1990.
- VIJAYAN, M. N.; BALLANTYNE, J. S. LEATHERLAND, J. F. Cortisol induced changes in some aspects of the intermediary metabolism of *Salvelinus fontinalis*. **General and Comparative Endocrinology**, v.82, p. 476-486, 1991.
- VIJAYAN, M. M. & MOON, T. W. The stress response and the plasma disappearance of corticosteroid and glucose in a marine teleost, the sea raven. **Canadian Journal of Zoology**, v. 72, p. 379–386, 1994.
- VIJAYAN, M. M.; PEREIRA, C.; GRAU, E. G.; IWAMA, G. K. Metabolic Responses Associated with Confinement Stress in Tilapia: The Role of Cortisol. **Comparative Biochemistry and Physiology**. v.116C, n.1, p.89-95, 1997.
- VOLPATO, G. L. & BARRETO R. E. Environmental blue light prevents stress in the fish Nile tilapia. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.34, p.1041–1045, 2001.
- VOLPATO, G. L.; FRIOLI, P. M. A.; CARRIERI, M. P. Heterogeneous growth in fishes: some new data in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and a general view about the causal mechanism. **Boletim de Fisiologia Animal**, v.13, p.7–22, 1989.
- VOLPATO, G. L. & FERNANDES, M. O. Social control of growth in fish. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.27, p.797-810, 1994.
- WANNIGAMA, N. D., WEERAKOON, D. E. M., MUTHUKUMARANA, G., 1985. Cage culture of *S. niloticus* in Sri Lanka: effect of stocking density and dietary crude

- protein levels on growth. In: C.Y. Cho, C.B. Cowey and T. Watanabe (Editors), *Finfish Nutrition in Asia. Methodological Approaches to Research and Development*. IDRC, Ottawa, Ont., 1985. p. 113- 117.
- WATANABE, W. O., CLARK, J. H., DUNHAM, J. B., WICKLUND, R. I., & OLLA, B. L. Culture of Florida red tilapia in marine cages: the effect of stocking density and dietary protein on growth. **Aquaculture**, v. 90, n. 2, p. 123-134, 1990.
- WATANABE, W. O.; SMITH, S. J.; HEAD, W. D.; MUELLER, K. W. Production of Florida red tilapia (*Oreochromis* sp.) in brackish water tanks under different feeding regimes and stocking densities. In: THE THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, n.15th, 1996, Manila. ICLARM Conference Proceedings. Manila: Department of Fisheries, International Center for Living Aquatic Resources Management, 1996a, p. 160-167.
- WATANABE, W. O.; CHAN, J. R.; SMITH, S. J.; WICKLUND, R. I. Production of Florida red tilapia (*Oreochromis* sp.) in flowthrough seawater pools at three stocking densities. In: THE THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE. In: The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture, n.15th, 1996, Manila. ICLARM Conference Proceedings. Manila: Department of Fisheries, International Center for Living Aquatic Resources Management, 1996b, p. 168-174.
- WATANABE, W. O.; LOSORDO, T. M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia Production systems in the americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v. 10, n. 3-4, p. 465-498, 2002.
- WEDEMEYER, G. A.; BARTON, B. A.; McLEAVY, D. J. Stress and acclimation. In: SCHRECK, C. B.; MOYLE, P. B. (Ed.). *Methods for fish biology*. Bethesda: American Fisheries Society, 1990. p.451-490.
- WATANABE, W. O.; LOSORDO, T. M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production system in the americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in Fisheries Science** [on line], v. 10, n. 384, p. 465-598, 2003.
- WEDEMEYER, G.A. Effects of rearing conditions on the health and physiological quality of fish in intensive culture. In: IWAMA, K. *et al.* *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge: Cambridge University, 1997. p.35-71.
- WENDERLAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, Washington, v. 77, n. 4, p. 591-625, 1997.
- YANG, S.; LIN, T.; LIU, F.; LIOU, C. Influence of dietary phosphorus levels on growth, metabolic response and body composition of juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). **Aquaculture**, v. 253, p. 592-601, 2006.
- YAVUZCAN, H. Y.; PULATSU, S.; KURTOGLU, F. Baseline of haematological and serological parameters of healthy Nile tilapia. **Animal Science Papers and Reports**, v.15, p.213-217, 1997.

- Yi, Y., LIN, K. A. C., DIANA, J. S. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages. **Aquaculture**, v.146, p. 205-215, 1996.
- ZANONI, M. A.; FILHO, M. C.; LEONHARDT, J. H. Performance de crescimento de diferentes linhagens de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757), em gaiolas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.22, n.3, p.683- 687, 2000.
- ZAYAN, R. The specificity of social stress. **Behavioural Processes**, v.25, p.81-93, 1991.
- ZHANG, C.; MAI, K; AI, Q. ZHANG, W.; DUAN, Q.; TAN, B.; MA, H.; XU, H.; LIUFU, Z.; WANG, X. Dietary phosphorus requeriment of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v.255, p.201-209, 2006.