

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA

DOUGLAS JARDELINO DE CAMARGO

Suplementação mineral e vitamínica para alevinos de tilápia do Nilo

Toledo

2013

DOUGLAS JARDELINO DE CAMARGO

Suplementação mineral e vitamínica para alevinos de tilápia do Nilo

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. José Dilson da Silva Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Toledo

2013

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB - 9/924

C172s Camargo, Douglas Jardelino de
Suplementação mineral e vitamínica para alevinos de tilápia do
Nilo / Douglas Jardelino de Camargo. -- Toledo, PR : [s. n.], 2013
35 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. José Dilson da Silva Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de
Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de
Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Aqüicultura 2. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) -
Alimentação e rações 3. Peixes - Suplementação com vitaminas 4.
Peixes - Suplementação com minerais 5. Tilápia-do-Nilo (Peixe) -
Desempenho produtivo 6. Tilápia-do-Nilo (Peixe) - Parâmetros
hematológicos 7. Nutrição animal - Peixes I. Oliveira, José Dilson da
Silva, Orient. II. Boscolo, Wilson Rogério, Orient. III. T

CDD 20. ed. 639.3758

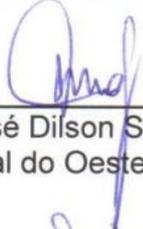
FOLHA DE APROVAÇÃO

DOUGLAS JARDELINO DE CAMARGO

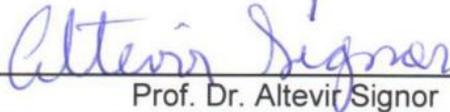
“Suplementação mineral e vitamínica para alevinos de tilápia do Nilo”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

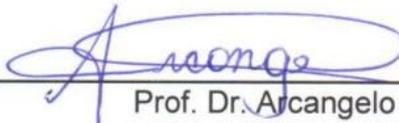
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. José Dilson Silva de Oliveira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)



Prof. Dr. Altevir Signor
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Prof. Dr. Arcangelo Signor
Instituto Federal do Paraná

Aprovada em: 28 de junho de 2013.

Local de defesa: Sala de Estudos do GEMAq / UNIOESTE *campus* de Toledo.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e pela minha família.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao professor Dr. José Dilson da Silva Oliveira pela orientação e ao professor Dr. Wilson Rogério Boscolo pela co-orientação.

Aos professores Drs. Altevir Signor e Aldi Feiden pelo auxílio na concepção do trabalho.

Ao Grupo de Estudos de Manejo e Aquicultura (GEMAQ) e a todos os colegas.

Ao Instituto Água Viva de Pesquisa e Extensão em Aquicultura e Pesca Sustentáveis, Meio Ambiente e Processos de Recursos Pesqueiros.

Aos colegas que auxiliaram na execução e análises do experimento: Marcio Douglas Goes, Evandro Bilha Moro, Edionei Maico Fries, Micheli Zaminhan, Vanessa Lewandowski e em especial Elenice Souza dos Reis Goes.

Aos amigos Arcângelo Augusto Signor, Arlindo Fabrício Correia, Dacley Hertes Neu, Sidnei Klein.

Suplementação mineral e vitamínica em dietas para alevinos de tilápia do Nilo

RESUMO

Vitaminas e minerais são exigidas em pequenas quantidades para crescimento, reprodução, saúde e metabolismo dos peixes. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da suplementação mineral e vitamínica (SMV) sobre a dieta de alevinos de tilápia do Nilo. Foram utilizados 540 alevinos de tilápia do Nilo ($0,91 \pm 0,07\text{g}$), distribuídos em 18 tanques-rede de 1 m^3 num delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00 e 4,00% de SMV) e três repetições, durante 116 dias alimentados. A temperatura média da água neste período foi de $23,13 \pm 3,00 \text{ }^\circ\text{C}$. Ao final do estudo, foram observados efeitos lineares ($p < 0,05$) para o comprimento total, comprimento padrão, ganho de peso e conversão alimentar aparente, com melhor desempenho produtivo para o nível 4,00% de inclusão do suplemento. Os índices de sobrevivência, rendimento da carcaça e índice hepatossomático não foram influenciados ($p > 0,05$) pelas diferentes suplementações. Os valores de hemoglobina, hematócrito, hemoglobina corpuscular média e volume corpuscular médio foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre os tratamentos, com valores maiores para o nível 4,00% de SMV. Os eritrócitos e a concentração de hemoglobina corpuscular média não diferiram ($p > 0,05$) entre os níveis de SMV. Conclui-se que o nível de 0,5% de suplementação mineral e vitamínica em dietas para alevinos de tilápia do Nilo melhora o desempenho produtivo e os parâmetros hematimétricos dos peixes.

Palavras-chave: desempenho produtivo, premix, minerais-traço, *Oreochromis niloticus*

Vitamin and mineral supplementation in diets for Nile tilapia fingerlings

ABSTRACT

Vitamins and minerals are required in small quantities for fish growth, reproduction, health and metabolism. The aim of this study was to evaluate the influence of vitamin and mineral supplementation (VMS) in the diet of Nile tilapia. We used 540 fingerlings of Nile tilapia (0.91 ± 0.07 g), distributed in 18 cages of 1 m³ in a completely randomized design with six treatments (0, 0.25, 0.50, 1.00; 2.00 and 4.00% of VMS) and three replications during 116 days. The average water temperature in this period was 23.13 ± 3.00 ° C. At the end of the study, linear effects were observed ($p < 0.05$) for the total length, standard length, weight gain and feed conversion, with better production for the level of 4.00% inclusion of supplement. Survival rates, carcass yield and hepatosomatic index were not affected ($p > 0.05$) by different supplementation. The hemoglobin, hematocrit, mean corpuscular hemoglobin and mean corpuscular volume were significantly different ($p < 0.05$) among treatments, with higher values for the 4.00% SMV level. Erythrocytes and mean corpuscular hemoglobin concentration did not differ ($p > 0.05$) among the levels of VMS. We conclude that the level of 0.5% vitamin and mineral supplementation in diets for Nile tilapia improves performance and hematological parameters of fish.

Key words: productive performance, premix, trace minerals, *Oreochromis niloticus*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	11
2.2	Minerais	12
2.3	Vitaminas	15
2.4	Suplementação de minerais e vitaminas em dietas para a tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) ...	18
3	OBJETIVO	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6	CONCLUSÃO	27
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
8	REFERÊNCIAS	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Funções dos macro e microminerais em peixes.	13
Tabela 2. Funções das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis em peixes.	16
Tabela 3. Exigências de vitaminas e minerais pela tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)..	19
Tabela 4. Composição percentual e exigências nutricionais da ração basal utilizada.	20
Tabela 5. Composição do premix (suplementações minerais e vitamínicas utilizadas).	21
Tabela 6. Desempenho produtivo de alevinos de tilápias do Nilo alimentados com diferentes níveis de suplementação mineral e vitamínica na dieta.	24
Tabela 7. Morfometria das cabeças de alevinos de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de suplementação mineral e vitamínica na dieta.	26
Tabela 8. Parâmetros hematológicos de alevinos de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de suplementação mineral e vitamínica na dieta.	26

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da aquicultura requer o uso de dietas balanceadas e de qualidade, que atendam as exigências nutricionais dos organismos. Além de nutrir o animal visando o máximo desempenho, as rações devem maximizar seu sistema imunológico (Barros et al., 2009), pois as dietas que promovem crescimento mais rápido não proporcionam necessariamente a resistência adequada à doenças (Blazer, 1992). A suplementação com vitaminas e minerais, além de permitir o desempenho adequado e a saúde dos peixes, possibilita a obtenção de resistência a agentes estressores presentes no cultivo intensivo (Signor et al., 2010).

Os minerais participam da constituição dos ossos e tecidos (Oliveira et al., 2010), regulação osmótica e entre outras funções metabólicas (Lall, 2002). Os peixes podem absorver minerais dissolvidos na água, satisfazendo algumas de suas necessidades metabólicas (Gatlin, 2010). Os macrominerais (cálcio, fósforo, magnésio, cloreto, potássio, sódio e enxofre) são assim definidos pela maior quantidade exigida pelo organismo, enquanto os microminerais (cobalto, cromo, cobre, iodo, manganês, ferro, selênio e zinco) são necessários em menor quantidade. Segundo Gatlin (2010), o cobre, ferro, manganês, zinco e selênio são os mais importantes a serem complementados nas dietas para peixes, isso porque as rações práticas contém níveis baixos destes microminerais; além disso, interações com outros componentes da dieta podem reduzir a sua biodisponibilidade.

As vitaminas são cofatores ou substratos enzimáticas, possuindo funções catalíticas específicas nos processos metabólicos celulares (Steffens, 1989). A presença em excesso ou falta de vitaminas causam distúrbios como crescimento reduzido, deformidades na coluna vertebral, paralisias e cataratas (Halver, 2002). Existem quinze vitaminas essenciais aos animais terrestres e peixes (Halver, 2002), divididas em lipossolúveis e hidrossolúveis. As vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) são metabolizadas e absorvidas em associação aos lipídeos, e são armazenado em locais específicos como o fígado, assim os peixes podem passar longos períodos sem essas vitaminas na dieta antes de mostrar sinais de deficiência (Gatlin, 2010). As vitaminas hidrossolúveis (biotina, colina, ácido fólico, inositol, niacina, ácido pantoténico, piridoxina, riboflavina, tiamina, vitamina B12 e vitamina C) estão mais relacionadas a estresse e doenças em peixes, por serem armazenadas em menor quantidade no organismo (Gatlin, 2010).

Considerando que a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a espécie mais cultivada no Brasil, com produção de 155.450,8 toneladas em 2010 (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012), observa-se que essa condição se deve às características como rusticidade, precocidade sexual (Maclean et al., 2002) e adaptação a diversas condições de cultivo (Makino et al., 2009), aliados à qualidade da carne e ausência de espinhos na forma de Y na sua musculatura. Neste contexto, a produção de tilápias requer o uso de dietas completas e de alta qualidade (Campeche et al., 2009).

A suplementação das rações com vitaminas e minerais torna-se essencial para se garantir níveis adequados destes componentes para o desenvolvimento saudável e eficiente dos animais. Contudo, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes níveis de suplementação mineral e vitamínica na dieta sobre o desempenho produtivo e parâmetros do sangue de alevinos de tilápia do Nilo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A produção aquícola de tilápia continua a crescer, embora mais lentamente do que nas décadas de 1980 e 1990. O setor evoluiu em matéria de inovação tecnológica e adaptação às novas necessidades, alcançando o recorde de produção mundial de 60 milhões de toneladas (excluindo plantas aquáticas e produtos não alimentares) em 2010 (FAO, 2012).

Na aquicultura, as tilápias representam o segundo grupo de peixes mais cultivado no mundo, atrás das carpas. Do total de tilápias produzidas, 72% estão na Ásia (principalmente na China e sudeste asiático), 19% na África e 9% na América (FAO, 2012). De hábito alimentar onívoro, a tilápia aceita muito bem alimentos artificiais, em todos os estágios de vida (Santiago et al., 1987). As rações podem ser utilizadas desde o período larval devido ao fato de possuírem trato digestório completo, com capacidade de digestão enzimática (Kubitza, 1997).

O controle do ciclo reprodutivo da tilápia e o uso de populações monossexo masculinas são fatores que propiciaram a intensificação da produção aquícola desta espécie. Aliado, características como rusticidade, precocidade sexual (Maclean et al., 2002) e adaptação a diversas condições de cultivo (Makino et al., 2009), fazem da tilápia

(*Oreochromis niloticus*) a espécie mais cultivada no Brasil, com produção de 155.450,8 toneladas em 2010 (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012).

A tilápia possui carne de ótima qualidade, com textura firme, com boa aceitação no mercado consumidor devido ao sabor suave e por não conter espinhas na forma de “Y” no seu filé (Souza, 2002).

Na produção intensiva da tilápia, principalmente no cultivo em tanques-rede, o uso de dietas balanceadas, atendendo todas as necessidades fisiológicas e metabólicas do organismo. A formulação deve suprir nutrientes básicos como proteínas, lipídeos e carboidratos, são se necessária a suplementação com minerais e vitaminas.

2.2 Minerais

Os minerais participam da constituição de ossos e tecidos (Oliveira et al., 2010), regulação osmótica e outras funções metabólicas (Lall, 2002). Este grupo é dividido em dois: macrominerais e microminerais (ou elementos-traço), de acordo com a quantidade exigida na dieta. Os macrominerais (fósforo, cálcio, magnésio, potássio, sódio, cloreto e enxofre) são assim definidos pela maior quantidade exigida pelo organismo, enquanto os microminerais (ferro, zinco, manganês, cobre, iodo, cobalto, níquel, flúor, vanádio, cromo, molibdênio, selênio, estanho, silício) são necessários em menor quantidade (Underwood, 1971; Reinhold, 1975).

Os peixes podem absorver minerais dissolvidos na água, satisfazendo algumas de suas necessidades metabólicas (Gatlin, 2010), através das brânquias e pele (Lall, 2002). Apesar desta particularidade, em sistemas intensivos de criação faz-se necessária a inclusão de minerais na dieta, para suprir ou complementar a absorção destes nutrientes a partir do trato digestório.

As principais funções dos minerais no organismo incluem a formação da estrutura óssea, manutenção de sistemas coloidais (pressão osmótica, viscosidade, difusão), e a regulação do equilíbrio ácido-base, sendo, além disso, componentes importantes de hormônios, enzimas e ativadores de enzimas (Lall, 2002). Os microminerais são componentes de hormônios e enzimas, servindo como cofatores e ativadores de uma variedade de enzimas além de participarem de uma variedade de processos bioquímicos (NRC, 2011). Por outro lado, os macrominerais servem como componentes para estruturas de tecidos, rotas metabólicas e possuem papéis importantes na osmorregulação e balanço ácido-básico dos

peixes (Jobling, 2001). Na Tabela 1 podem ser observadas as funções biológicas dos macrominerais e principais elementos traços para peixes. Ressalta-se que informações sobre os microminerais não mencionados na Tabela 1 (flúor, estanho, silício, vanádio, molibdênio, níquel) ainda são limitadas para peixes.

Tabela 1. Funções dos macro e microminerais em peixes.

Mineral	Função	Referências
Fósforo	É importante constituinte estrutural do tecido esquelético, atuando no crescimento e reprodução. Constituinte dos ácidos nucleicos, da membrana celular, do processo de reação de produção de energia, metabolismo dos carboidratos, lipídeos, aminoácidos e metabolismo dos tecidos musculares.	Roy e Lall (2003), Pezzato et al. (2004)
Cálcio	Atua na contração muscular, transmissão de impulsos nervosos, coagulação sanguínea, osmorregulação, ativação de diversas enzimas e manutenção da membrana celular.	Lall (2002)
Magnésio	Cofator essencial em muitas reações enzimáticas, sendo necessário também no metabolismo do tecido esquelético, osmorregulação e transmissão neuromuscular. Participa da manutenção da homeostase intra e extracelular, respiração celular. Participa da oxidação de ácidos graxos, ativa a síntese de aminoácidos. Ativador para todas reações de timina pirofosfato, metabolismo de gorduras, carboidratos e proteínas.	Lall (2002), Pezzato et al. (2004)
Potássio, sódio e cloreto	Eletrólitos mais abundantes nos animais, atuando no controle da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base.	Lall (2002)
Ferro	Participa do processo respiratório celular, produção e funcionamento da hemoglobina, mioglobina, citocromos e outros sistemas enzimáticos. A deficiência nutricional em ferro acarreta em anemia microcítica e hipocrômica, devido à redução dos níveis de hemoglobina, hematócrito, volume globular médio e concentração de hemoglobina globular média.	NRC, (1993), Pezzato et al. (2004), Furuya et al. (2010)
Zinco	Essencial para o desenvolvimento e saúde dos animais, pois atua no funcionamento correto de enzimas como desidrogenases, aldolases, peptidases e fosfatases. Em peixes, os sinais clínicos de deficiência nutricional de zinco são a redução do apetite, retardo no crescimento, baixa concentração de zinco nos ossos e no sangue, ocorrência de cataratas e a erosão das nadadeiras e da pele. Além disso, o zinco é necessário para o metabolismo da vitamina A	Satoh et al., (1987), Lall (1989), (Lall, (2002).

Continuação da Tabela 1. Funções dos macro e microminerais em peixes.

Manganês	Cofator em diversos sistemas enzimáticos, como na síntese de uréia em amônia, metabolismo de aminoácidos, de ácidos graxos e oxidação da glucose, ativação de quinases, transferases, hidrolases e decarboxilases e metaloenzimas como a arginase, a piruvato carboxilase e a superóxido dismutase.	Pezzato et al. (2004)
Cobre	Necessário no metabolismo de vários nutrientes, sendo também constituinte de diversas enzimas como, por exemplo, co-fator da enzima ALA-desidrogenase, que participa na síntese do heme em sua incorporação no pigmento hemoglobina. É indiretamente responsável pela formação do colágeno e da elastina, e pela conversão da tirosina em melanina em destruição de anions superóxido.	NRC (1993), Feldman et al. (2000), Ferrari et al. (2004)
Iodo	Necessário para a biossíntese de hormônios da tireóide, que controlam a oxidação celular e influenciam no crescimento. Atua em outras glândulas endócrinas e possui funções neuromusculares, dinâmica circulatória e metabolismo de nutrientes.	Lall (2002), Pezzato et al. (2004)
Cobalto	Componente de vitamina B12 (cobalamina), em que 4,5% do peso molecular desta vitamina corresponde ao cobalto.	Lall (2002)
Cromo	Necessário para o metabolismo de lipídeos e carboidratos. Potencializa a ação da insulina, melhorando a utilização da glicose no organismo.	Lall (2002)
Selênio	Constituinte de várias selenoproteínas, sendo também cofator e parte integrante da enzima glutathione peroxidase. Participa de várias funções fisiológicas, possui efeito antioxidante e atua como modulador do sistema imune, inclusive nas barreiras contra infecções e no efeito sobre a ação dos macrófagos.	Rotruck et al., (1973), Nicolodi (2008)

Fonte: Tabela elaborada pelo autor.

Segundo Gatlin (2010), o cobre, o ferro, o manganês, o zinco e o selênio são os mais importantes a serem complementados nas dietas para peixes, isso porque as rações que estão disponíveis no mercado contêm níveis baixos destes microminerais; além disso, interações com outros componentes da dieta podem reduzir a sua biodisponibilidade. Por exemplo, o excesso de fósforo e/ou cálcio dietético interfere negativamente na disponibilidade do zinco, magnésio e ferro (Schamber, 2008).

Estudo realizado por Ferrari et al. (2004), mostrou que em tilápias, a deficiência ou o excesso de cobre (até 320 mg Cu/kg) na dieta fornecida não alteram o desempenho produtivo e hematologia, porém o alto nível de cobre na dieta induz alterações hepáticas. Por outro lado,

se a água de cultivo contiver cobre na concentração de 400 g/L, esta exposição leva ao aparecimento de necrose na tilápia do Nilo (Monteiro, 2001).

Conforme Baldan (2004), as fontes de microminerais na forma de sais apresentam baixa absorção, principalmente pela relação antagônica entre os minerais (o excesso de um determinado íon mineral pode interferir na absorção de um íon mineral de outra natureza) ou até mesmo relação antagônica com outros componentes da dieta, podendo formar compostos insolúveis para o organismo animal, comprometendo a absorção do micromineral.

Percebe-se, então, que os minerais devem estar na dieta em condições necessárias, pois o seu excesso pode causar antagonismos entre outros minerais, e a falta pode acarretar em deficiência no crescimento ou outras doenças, como observado.

2.3 Vitaminas

As vitaminas são cofatores ou substratos enzimáticos, possuindo funções catalíticas específicas nos processos metabólicos celulares (Steffens, 1989). No metabolismo as vitaminas serão envolvidas em diversas reações e vias bioquímicas, sendo necessárias para o crescimento normal, reprodução e manutenção da higidez dos peixes (Pezzato et al., 2004). A presença em excesso ou falta de vitaminas causam distúrbios como crescimento reduzido, deformidades na coluna vertebral, paralisias e cataratas (Halver, 2002).

Existem quinze vitaminas essenciais aos animais terrestres e peixes (Halver, 2002), divididas em lipossolúveis e hidrossolúveis. As vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) são metabolizadas e armazenadas em órgão específicos do corpo como o fígado, assim os peixes podem passar longos períodos sem suplementações dessas vitaminas na dieta antes de mostrar sinais de deficiência (Gatlin, 2010). As vitaminas hidrossolúveis (biotina, colina, ácido fólico, inositol, niacina, ácido pantoténico, piridoxina, riboflavina, tiamina, vitamina B12 e vitamina C) estão mais relacionadas a estresse e doenças em peixes, por serem armazenadas em menor quantidade no organismo (Bacconi et al., 2009; Gatlin, 2010).

Na Tabela 2 podem ser estudadas as funções biológicas das vitaminas para os peixes.

Tabela 2. Funções das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis em peixes.

Vitamina	Função	Referências
Lipossolúveis		
A	Atua no desenvolvimento embrionário, no regulamento e diferenciação das células em proliferação, na visão, crescimento, tensão e função normal do sistema imune.	Duester, (2000), Funkenstein (2001), Cuesta et al., (2002); Hemre (2004).
D	Participa do metabolismo de cálcio e fósforo, manutenção dos níveis de cálcio no sangue e conversão do fósforo orgânico em inorgânico osteoblastos e osteoclastos nos ossos.	Steffens (1989)
E	É o mais importante antioxidante metabólico presente na membrana celular, protegendo-a da oxidação de ácidos graxos e do colesterol, além de diminuir ou inibir a produção e a ação dos radicais livres. Responsável pela manutenção da permeabilidade dos capilares e músculos cardíacos.	Sampaio et al., (2004), Steffens (1989)
K	Manutenção da coagulação sanguínea, em função da produção e liberação de protrombina e tromboplastina.	Steffens (1989)
Hidrossolúveis		
Tiamina (B1)	Essencial para um bom apetite, digestão normal, crescimento e fertilidade, além de ser necessária para o funcionamento normal do tecido nervoso. Atua no metabolismo dos carboidratos e é ativadora de enzimas.	Halver (2002), Steffens (1989)
Riboflavina (B2)	Está envolvida com a piridoxina na conversão do triptofano para o ácido nicotínico, sendo importante na respiração dos tecidos fracamente vascularizados, como a córnea do olho. Atua no metabolismo energético, no transporte de íons hidrogênio e em processos de oxidação e redução.	Halver (2002), Steffens (1989)
Piridoxina (B6)	Participa como coenzima na síntese de neuro-hormônios, estando também envolvida no metabolismo de triptofano, ácido glutâmico, lisina, metionina, histidina, cisteína e alanina, além de estar envolvida no metabolismo dos lipídeos.	Halver (2002)
Cianocobalamina (B12)	Atua na formação das hemácias sanguíneas, na manutenção do tecido nervoso, na síntese de ácidos nucléicos, metabolismo do colesterol e síntese de purinas e pirimidinas.	Steffens (1989)
C	Cofator de diversas reações, como a hidroxilação da prolina na síntese de colágeno, a hidroxilação do triptofano para 5-hidroxitriptofano e a conversão do 3,4-dihidroxifenil piruvato para noraepinefrina. Como a maioria dos peixes não conseguem sintetizar a vitamina C, por não possuírem a enzima gulonolactona oxidase, a suplementação desta vitamina em dietas artificiais é essencial. É importante na manutenção do tecido conectivo, vascular e ósseo. Participa do metabolismo do ferro.	Baker (1967), Steffens (1989)

Continuação da Tabela 2. Funções das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis em peixes.

Ácido pantotênico	É parte de acetil-coenzima A, que participa de diversas reações metabólicas. Participa da produção do colesterol e está envolvido na função supra-renal. Como a acetil-coenzima A participa de muitas outras etapas do metabolismo intermediário dos hidratos de carbono, gorduras e proteínas, o ácido pantotênico é essencial para a fisiologia normal e o crescimento dos peixes.	Halver (2002)
Niacina	Está envolvida no metabolismo lipídico, metabolismo de aminoácidos e proteína. Existe uma inter-relação entre tiamina e niacina, já que ambas estão envolvidas em sistemas de coenzima do metabolismo dos hidratos de carbono.	Halver (2002)
Biotina	Participa da síntese de ácidos graxos e da niacina e na ativação dos lisossomos.	Steffens (1989) citado por Pezzato et al. (2004)
Ácido fólico	Participa na síntese de purinas e pirimidinas, que são necessários para a síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA), e como consequência para a formação e maturação dos glóbulos vermelhos do sangue. A deficiência desta vitamina prejudica a síntese de eritrócitos e leva à formação anormal dos glóbulos vermelhos.	NRC, (1993), Barros et al. (2009)
Colina	É componente essencial da acetilcolina (um neurotransmissor do qual a colina é precursor) e da fosfatidilcolina (um elemento estrutural da membrana celular). Atua na transmissão do impulso nervoso e também na utilização de lipídeos; é precursor da betaína, um doador de grupos metil para as reações de metilação e formação da metionina.	Vieira et al. (2001)
Inositol	Na forma do mio-inositol, ocorre em células animais como componente de fosfolípidos, que desempenham um papel importante no metabolismo da gordura. Além disso, o mio-inositol faz parte do sistema de fosfatidil-inositol, que é uma via de transdução de sinal estimulada por certos hormônios, neurotransmissores e fatores de crescimento. Além disso, é componente do tecido esquelético, cerebral e cardíaco.	Halver (1989), Aukema e Holub (1994), citados por Shiau e Su (2005), Steffens (1989) citado por Pezzato et al. (2004).

Fonte: Tabela elaborada pelo autor.

A estabilidade das vitaminas nas dietas pode ser afetada por diversos fatores: raios ultravioleta, presença de lipídeos oxidados, temperaturas elevadas e meio ácido (Pezzato et al., 2004). A utilização de formas protegidas das vitaminas (como microencapsuladas) e técnicas adequadas de processamento e armazenagem podem diminuir as perdas de atividade das vitaminas (Pezzato et al., 2004).

2.4 Suplementação de minerais e vitaminas em dietas para a tilápia do Nilo (*O. niloticus*)

A intensificação da aquicultura requer o uso de dietas balanceadas e de qualidade, que atendam as exigências nutricionais dos organismos. Além de nutrir o animal visando o máximo desempenho, as rações devem maximizar seu sistema imunológico (Barros et al., 2009), pois as dietas que promovem crescimento mais rápido não proporcionam necessariamente a resistência adequada às doenças (Blazer, 1992). A suplementação com vitaminas e minerais, além de permitir o desempenho adequado e a saúde dos peixes, possibilita a obtenção de resistência a agentes estressores presentes no cultivo intensivo (Signor et al., 2010).

A relação entre cálcio e fósforo deve ser ajustada nas dietas, pois dietas com altos teores em proteínas de origem animal podem exceder as exigências nutricionais do animal (Furuya et al., 2010). Além disso, quando o cálcio está em excesso, o fósforo não é absorvido pelo intestino devido à formação de algumas formas de fosfato de cálcio que biologicamente não é disponível para os peixes (Cowey e Sargento, 1979 citados por Chaves-Sanches et al., 2000). Dessa forma, o excesso de cálcio causa a insuficiência de fósforo nas dietas práticas. Para a tilápia do Nilo, Miranda et al. (2000) determinaram uma relação ótima de cálcio e fósforo disponível entre 1,0:1:0 e 1,0:1,5 (Ca/P_{disponível}), com base em resultados de mineralização óssea e desempenho.

Na Tabela 3 são apresentadas alguns resultados de exigências de vitaminas e minerais da tilápia do Nilo, com base em estudos de diversos autores. Percebe-se que mais estudos sobre as exigências destes nutrientes são necessários para tilápia *O. niloticus*.

A inclusão das vitaminas e minerais nas dietas, são muito importantes para o crescimento normal e saudável. A inclusão de níveis ideais pode potencializar a atuação destes suplementos, maximizando o desempenho do peixe no cultivo intensivo. Observa-se também uma carência de dados específicos sobre as exigências de vários minerais e vitaminas para a tilápia do Nilo, fazendo-se necessários mais estudos sobre a suplementação destes nutrientes em dietas balanceadas.

Tabela 3. Exigências de vitaminas e minerais pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Vitaminas	Exigência	Referência
Vitamina A	4.769,00 UI	Bacconi-Campeche et al. (2009) e Guimarães (2009)
Vitamina E	50,00 mg/kg	Sampaio (2003)
Vitamina B6	5,00 mg/kg	Teixeira (2009)
Ácido fólico	1,00 mg/kg	Barros et al. (2009)
Vitamina C*	600,00 mg/kg	Falcon et al. (2007)
Colina	800,00 mg/kg	Fernandes-Junior (2008)
Ácido pantotênico	10 mg/kg	NRC (1993)
Riboflavina	6 mg/kg	NRC (1993)
Minerais	Exigência	Referência
Cálcio	0,5%	NRC (1993)
Fósforo disponível (peso < 3,6 g)	0,75 %	Pezzato et al. (2006)
Fósforo disponível (peso ≥ 3,6 e < 30 g)	0,65 %	Furuya et al. (2008a,b) e Quintero-Pinto (2008)
Fósforo disponível (peso ≥ 30 e <146 g)	0,51 %	Quintero-Pinto (2008)
Fósforo disponível (PV ≥ 146 g)	0,46 %	Quintero-Pinto (2008)
Cobre	4,00 mg/kg	Ferrari et al.(2004)
Ferro	60,00 mg/kg	Kleemann (2002)
Selênio	0,25 mg/kg	Sampaio (2003)
Zinco	79,51 mg/kg	Sá et al. (2004)
Magnésio	0,06%	NRC (1993)
Manganês	12,0 mg	NRC (1993)

Fonte: Tabela adaptada de Furuya et al. (2010).

3 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes níveis de suplementação mineral e vitamínica na dieta sobre o desempenho produtivo e parâmetros sanguíneos de alevinos de tilápia do Nilo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (InPAA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – *Campus* Toledo, durante 116 dias (agosto a dezembro de 2011).

Foram utilizados 540 alevinos de tilápias do Nilo revertidas sexualmente para machos, provenientes de piscicultura comercial, com peso inicial médio $0,91 \pm 0,07$ g, distribuídos em 18 tanques-rede de 1 m³, num delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições, sendo que a unidade experimental composta por um tanque-rede com 30 peixes. Os tanques-rede utilizados foram fabricados com tela de poliéster recoberta com PVC flexível, de malha 5,0 mm, sendo instalados em um tanque de alvenaria com 200 m².

Para a fabricação das rações experimentais, utilizou-se uma ração basal (Tabela 4) sem (SMV) com 32,14% de proteína bruta e 3.200 kcal/kg de energia digestível, e a esta ração foram adicionados seis níveis (0; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00 e 4,00%) de suplementação mineral e vitamínica (SMV) (Tabela 5).

Os ingredientes utilizados na ração foram moídos em um triturador tipo martelo com peneira de 0,5mm. Após, os ingredientes foram pesados e misturados, acrescentando-se as diferentes quantidades de SMV. As misturas foram umedecidas (28% de água) e passaram pelo processo de extrusão com o emprego de um equipamento marca EX-MICRO[®] com capacidade de produção para 10 kg/h. As rações foram secas em estufa de ventilação forçada por 12 horas a 55°C, resultando em produto com cerca de 10% de umidade.

Tabela 4. Composição percentual e exigências nutricionais da ração basal utilizada.

Ingrediente¹	Quantidade (%)	Composição calculada	(%)
Farelo de soja	51,67	Amido	26,15
Milho	22,94	Cálcio	1,00
Arroz quirera	14,12	Energia digestível (kcal/kg)	3200,00
Farinha de vísceras de aves	7,25	Fibra bruta	2,94
Óleo de soja	2,00	Fósforo total	0,69
Calcário calcítico	1,00	Gordura	4,50
Fosfato bicálcico	0,44	Lisina	1,84
Sal	0,30	Metionina	0,75
DL-Metionina	0,26	Proteína digestível	30,00
BHT	0,02	Proteína bruta	32,14
TOTAL	100,00		

¹Nutrientes disponíveis baseados em Abimorad e Carneiro (2004).

Tabela 5. Composição do premix (suplementações minerais e vitamínicas utilizadas).

Ingrediente	Níveis (%)					
	0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
	mg/kg de ração					
Vitamina A	0,00	3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
Vitamina D3	0,00	3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
Vitamina E	0,00	150,00	300,00	600,00	1200,00	2400,00
Vitamina K3 MNB	0,00	17,16	34,32	68,65	137,30	274,60
Vitamina B1	0,00	10,20	20,41	40,82	81,63	163,27
Vitamina B2	0,00	12,50	25,00	50,00	100,00	200,00
Vitamina B6	0,00	9,18	18,37	36,73	73,47	146,94
Vitamina B12	0,00	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00
Vitamina C	0,00	428,57	857,14	1714,29	3428,57	6857,14
Niacina	0,00	51,02	102,04	204,08	408,16	816,33
Pantotenato de cálcio	0,00	25,51	51,02	102,04	204,08	408,16
Biotina	0,00	25,00	50,00	100,00	200,00	400,00
Ácido fólico	0,00	3,06	6,12	12,24	24,49	48,98
Inositol	0,00	76,53	153,06	306,12	612,24	1224,49
Cloreto de colina	0,00	416,67	833,33	1666,67	3333,33	6666,67
Sulfato de cobre pentahidratado	0,00	36,00	72,00	144,00	288,00	576,00
Sulfato de ferro monohidratado	0,00	133,33	266,67	533,33	1066,67	2133,33
Sulfato de manganês	0,00	96,15	192,31	384,62	769,23	1538,46
Sulfato de zinco	0,00	171,43	342,86	685,71	1371,43	2742,86
Iodato de cálcio	0,00	0,65	1,29	2,58	5,16	10,32
Selenito de sódio	0,00	0,56	1,11	2,22	4,44	8,89
Sulfato de cobalto	0,00	1,43	2,86	5,71	11,43	22,86
SUBTOTAL	0,00	1672,96	3345,91	6691,82	13383,65	26767,29
Propionato	0,00	50,00	100,00	200,00	400,00	800,00
Veículo	0,00	777,04	1554,09	3108,18	6216,35	12432,71
TOTAL (mg)	0,00	2500,00	5000,00	10000,00	20000,00	40000,00

Os peixes foram alimentados duas vezes por dia (às 9 e 17 h) até a saciedade aparente, e a quantidade de dieta fornecida foi pesada para estimativa da conversão alimentar aparente. Ao final do período experimental, os animais permaneceram em jejum por 24 horas, para esvaziamento do trato digestório. Três peixes de cada unidade experimental foram coletados aleatoriamente e anestesiados com benzocaína na concentração de 75 mg/l, sendo efetuada a coleta de sangue por punção caudal utilizando seringas descartáveis contendo EDTA (10%). Foi analisada a concentração de hemoglobina pelo método de Collier (1994), percentual de hematócrito segundo metodologia de Goldenfarb et al. (1971) e contagem de eritrócitos com

auxílio da câmara de Neubauer e aumento de dez vezes o tamanho. Foi feita a média do número de eritrócitos em cada retículo, sendo o resultado expresso em número de células x 10^6 μ L de sangue (Collier, 1994). Com estes dados foram calculados os índices hematimétricos: hemoglobina corpuscular média (HCM), volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Após coleta do sangue, todos os peixes foram retirados dos tanques, insensibilizados em benzocaína na concentração de 250mg/l (eutanásia) e acondicionados em gelo, sendo transportados para o laboratório de Aquicultura do InPAA (UNIOESTE – *Campus Toledo-PR*).

Os lotes de peixes foram contados e pesados para cálculo do ganho de peso (GP = peso final – peso inicial), conversão alimentar aparente (CAA = consumo de ração/ganho de peso) e sobrevivência dos peixes. Seis peixes de cada unidade experimental foram submetidos a medidas de comprimentos padrão e total (cm), comprimento, largura e altura da cabeça (mm). Com a abertura ventral da cavidade abdominal de cada peixe, (do orifício urogenital até os ossos da mandíbula) para retirada das vísceras. As carcaças (peixes inteiros sem as vísceras) foram pesadas para cálculo do rendimento da carcaça [$RCAR=(\text{peso da carcaça/peso do peixe}) \times (100)$] e das vísceras, foi separado o fígado para pesagem, para o cálculo do índice hepatossomático [$IHS=(\text{peso do fígado/peso do peixe}) \times (100)$].

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de significância, e quando encontradas diferenças significativas foi aplicada análise de regressão linear ou teste de Tukey através do programa estatístico SAS (SAS Institute, 2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média da água durante o experimento foi de $23,13 \pm 3,00$ °C (Figura 1). O conforto térmico da tilápia situa-se entre 27 e 32°C, sendo que temperaturas abaixo e acima destas, podem reduzir o apetite e também o crescimento (Kubitza, 2000). Para alevinos de tilápia do Nilo, Justi et al. (2005) verificaram que o melhor desempenho dos animais foi encontrado em temperaturas de 29 a 32°C. Perante estas observações, pode-se inferir que o desempenho produtivo dos animais pode ter sido afetado negativamente pela temperatura da água no presente estudo.

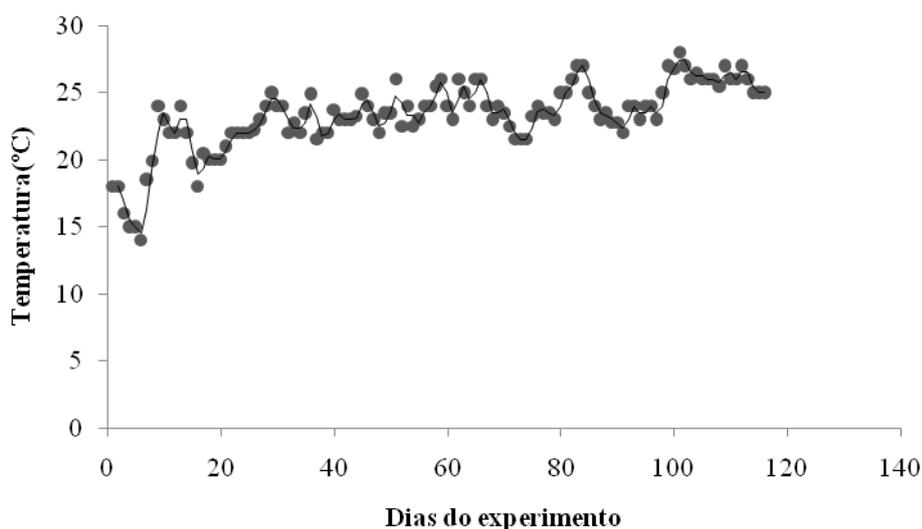


Figura 1. Médias de temperatura da água nos 116 dias de experimento.

Foram observados efeitos lineares ($p < 0,05$) para o comprimento total ($y = 0,1984x + 10,828$ $R^2 = 0,50$), comprimento padrão ($y = 0,1565x + 8,5911$ $R^2 = 0,43$), ganho de peso ($y = 1,3358x + 17,806$ $R^2 = 0,63$) e conversão alimentar aparente ($y = -0,0742x + 1,56$ $r^2 = 0,49$) (Tabela 6). Verificou-se que, com o aumento do nível de SMV, os valores de ganho de peso e comprimento dos peixes aumentaram linearmente, enquanto a conversão alimentar aparente reduziu, com valor mínimo observado para o nível de 4,00% de SMV. Os índices de sobrevivência, rendimento da carcaça e índice hepatossomático não foram influenciados ($p > 0,05$) pelas suplementações de SMV.

As vitaminas C e E tem efeito sinérgico, principalmente sobre o sistema imunológico (Martins et al., 2008). Em animais homeotérmicos, estas duas vitaminas em conjuntos atuam para manter as atividades antioxidantes das enzimas glutathione peroxidase e superóxido dismutase (Le Grusse e Watier, 1993). Larvas de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentadas com os níveis de vitaminas C e E utilizados obtiveram maior ganho de peso e comprimento final com 300 mg de vitamina E por kg de ração, além deste nível diminuir a ocorrência do ectoparasita *Trichodina* sp (Cavichiolo et al., 2002). O nível de 1000 mg de vitamina C por kg de ração acarretou melhora na sobrevivência das larvas de tilapia em relação ao tratamento sem inclusão das vitaminas (Cavichiolo et al., 2002). Neste estudo, o nível de 4,00% de SMV continha 2400 mg de vitamina E e 6857,14 mg de vitamina C por kg de ração, o que acarretou em maior ganho de peso e maior comprimento final dos peixes.

Tabela 6. Desempenho produtivo de alevinos de tilápias do Nilo alimentados com diferentes níveis de suplementação mineral e vitamínica na dieta.

Parâmetros*	Níveis de suplementação mineral e vitamínica (%)					
	0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
CT ¹	10,92±0,47	11,44±0,68	11,46±0,74	11,44±0,52	11,11±2,49	12,12±0,89
CP ¹	8,61±0,35	9,21±0,66	9,01±0,62	9,11±0,47	9,22±0,44	9,68±0,86
GP ¹	19,43±1,22	21,13±3,49	21,28±1,57	22,19±1,01	23,97±1,92	26,89±1,43
CAA ¹	1,45±0,17	1,50±0,26	1,26±0,12	1,29±0,04	1,20±0,09	1,10±0,09
SO ²	93,33±6,67	86,67±23,09	96,67±3,33	90,00±5,77	90,00±11,55	88,79±10,72
RCAR ²	84,62±2,65	84,47±1,95	82,99±3,46	85,19±3,34	83,86±2,06	83,05±4,88
IHS ²	1,62±0,41	1,55±0,36	1,63±0,37	1,53±0,37	1,78±0,58	1,51±0,48

*Comprimento total (CT em cm), comprimento padrão (CP em cm), ganho de peso (GP em g), conversão alimentar aparente (CAA), sobrevivência (SO em %), rendimento da carcaça (RCAR em %), e índice hepatossomático (IHS)

¹Efeito linear (comprimento total: $y = 0,1984x + 10,828$ $R^2 = 0,50$; comprimento padrão: $y = 0,1565x + 8,5911$ $R^2 = 0,43$; ganho de peso: $y = 1,3358x + 17,806$ $R^2 = 0,63$; conversão alimentar aparente: $y = -0,0742x + 1,56$ $R^2 = 0,49$) ²Efeito não significativo. Dados expressos em média ± desvio padrão

Estudo avaliando a exigência de vitamina A para tilápia do Nilo determinou que, para o maior crescimento, a quantidade de 5.400 UI de retinol (30% de vitamina A) por quilo de dieta é a mínima recomendada para tilápia do Nilo (Campeche et al., 2009).

Em concentrações elevadas, os minerais e vitaminas são conhecidos por serem tóxicos para os mamíferos e microorganismos (Hung et al., 2007). Neste experimento, a sobrevivência (SO) dos animais não foi afetada pelas diferentes inclusões de SMV, indicando que a maior inclusão (4,00%) aparentemente não foi tóxica para a tilápia do Nilo durante o período avaliado. Conforme Tacon (1991), sinais clínicos de toxicidade para algumas vitaminas são: redução do crescimento, necrose das nadadeiras, escoliose, lordose, mortalidade e fígado amarelo (vitamina A), crescimento reduzido, letargia, coloração escura e pior conversão alimentar (vitamina D). Assim, como estas características não foram observadas nos animais utilizados neste experimento, pode-se inferir que a inclusão de 4,00% de SMV durante 116 dias para a tilápia do Nilo não foi tóxica, e sim apresentou efeitos benéficos sobre o desempenho.

A ausência de suplementação vitamínica e mineral nas dietas para as tilápias não provocou a redução no desempenho produtivo. Considerando que os minerais e vitaminas são imprescindíveis para o organismo por participarem de todos os processos metabólicos, era esperado que a ausência de SMV nas dietas acarretasse menor crescimento. Além disso, a deficiência de algumas vitaminas, como a vitamina C, leva ao aparecimento de lordose, escoliose, letargia, exoftalmia hemorrágica, ascite, anemia e hemorragia intramuscular Halver (2002).

Apesar do menor crescimento das tilápias que receberam ração sem SMV do presente estudo, resultado diferente foi observado em tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de selênio orgânico (0; 0,25; 0,50; 1,0; e 1,5 mg Se/kg de dieta), em que estes níveis não apresentaram diferenças no ganho de peso e conversão alimentar aparente (Gomes, 2008). Dietas sem adição de vitamina C e ferro, administradas para alevinos de tilápias do Nilo por dez semanas, também não acarretaram em piora no desempenho produtivo (Barros et al., 2002).

Quanto ao índice hepatossomático (IHS), este não foi afetado pelos diferentes tratamentos ($p > 0,05$). Sabe-se que peixes com acúmulo de determinados minerais nos tecidos tendem a apresentar alto IHS, como no caso do acúmulo de selênio (Pyle et al. 2005). Assim, pode-se inferir que o período de 116 dias do presente experimento não acarretou em aumento no tamanho dos fígados dos animais.

Em relação ao rendimento da carcaça (RCAR), que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, Fonseca (2011) também não encontrou diferenças no rendimento de carcaça, rendimento do filé e índice hepatossomático de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de inclusão de vitamina C, vitamina E e selênio na dieta.

Por outro lado, tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo 2000 mg de ácido ascórbico, 240 mg de acetato de α -tocoferol e 0,5 mg de selênio por quilo de dieta aumentaram o ganho de peso, o índice de eficiência alimentar, a taxa de eficiência protéica e taxa de crescimento específico (Kim et al., 2003). Este efeito também foi observado em outras espécies, para as quais a suplementação de vitaminas C e/ou E e selênio mostrou resultados positivos sobre o crescimento e resposta imunológica em truta *Salvelinus fontinalis* (Poston e Livingston, 1969), bagre do canal (Li et al., 1993), salmão do Atlântico (Hardie et al., 1990) e truta arco-íris (Navarre e Halver 1989).

Observando os dados morfométricos da cabeça das tilápias (Tabela 7), verifica-se que a tilápias do Nilo alimentadas com dietas sem inclusão de SMV apresentaram valores de comprimento, altura e largura das cabeças significativamente menores ($p < 0,05$), em relação aos outros níveis avaliados. O nível de 4,00% de SMV proporcionou tamanhos de cabeças maiores ($p < 0,05$), porém não diferindo do nível 0,25%. O maior comprimento da cabeça implica em maior rendimento da mesma, e conseqüente diminuição do rendimento das partes comestíveis (Leonhardt et al., 2006, Melo, 2012). Entretanto, como os níveis de SMV (0,25 a 4,00%) não apresentaram dados morfométricos da cabeça diferentes, pode-se inferir que o maior nível de SMV não afeta significativamente os pesos da cabeça.

Tabela 7. Morfometria das cabeças de alevinos de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de suplementação mineral e vitamínica na dieta.

Parâmetros (mm)	Níveis de suplementação mineral e vitamínica (%)					
	0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
Comprimento ¹	27,67±3,07c	28,80±2,71abc	29,90±1,36abc	28,53±2,97bc	30,44±1,64ab	31,09±2,62a
Altura ¹	21,41±1,59b	23,21±2,74ab	24,60±2,72a	22,32±1,57ab	23,79±3,85ab	24,70±2,92a
Largura ¹	14,43±1,02c	15,77±1,16ab	15,68±0,79ab	15,55±0,78b	16,38±1,37ab	16,63±1,41a

¹Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Dados expressos em média ± desvio padrão

Os valores de hemoglobina, hematócrito, hemoglobina corpuscular média e volume corpuscular médio foram significativamente diferentes (p<0,05) entre os níveis (SMV) (Tabela 8). Os eritrócitos e a concentração de hemoglobina corpuscular média não diferiram (p>0,05) entre os níveis de SMV.

Tabela 8. Parâmetros hematológicos de alevinos de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de suplementação mineral e vitamínica na dieta.

	Níveis de suplementação mineral e vitamínica (%)					
	0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
HB ¹	7,00±0,43ab	6,98±0,53ab	7,73±0,28 a	6,68±0,38 b	7,56±0,43a	7,51±0,19 a
HTC ¹	29,94±1,11ab	30,17±1,59 ab	29,83±2,42 ab	26,56±1,00 b	31,78±1,71ab	34,11±3,50 a
ER ²	2,15±0,09	2,13±0,13	2,05±0,08	2,12±0,06	1,96±0,26	1,92±0,04
HCM ¹	32,64±1,91 ab	32,82±2,03 ab	37,71±0,90 ab	31,54±2,06 b	39,29±7,24±1,12 a	39,07±1,66 a
VCM ¹	139,88±10,48ab	141,88±0,99ab	145,62±12,97ab	125,21±1,58b	165,39±32,26 ab	177,27±14,82 a
CHC ²	23,39±1,64	23,12±1,33	25,99±1,61	25,18±1,51	23,81	22,19±2,80

Hemoglobina (HB em dL), hematócrito (HTC em %), eritrócitos (ER em 10⁶/μL), hemoglobina corpuscular média (HCM em pg), volume corpuscular médio (VCM em μ³) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHC em %)

¹Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ²Efeito não significativo (p>0,05). Dados expressos em média ± desvio padrão

Para o bagre *Clarias gariepinus*, Adham et al. (2000) verificaram que os animais que não alimentados com dietas contendo vitamina C tiveram uma redução do hematócrito, da hemoglobina e da contagem de eritrócitos, sinais estes de anemia. Da mesma forma, em tilápias do Nilo alimentadas com níveis de vitamina C e ferro, foi observado que o aumento no nível de vitamina C proporcionou um aumento no hematócrito (Barros et al., 2002). O nível 1,00% de SMV resultou em menores valores (p<0,05) para os parâmetros hemoglobina, hematócrito, HCM e VCM, não diferindo daqueles sem suplementação nível de SMV.

A inclusão de 4,00% de SMV levou a maiores valores (p<0,05) de hemoglobina, hematócrito, HCM e VCM. Isso demonstra que, além de serem essenciais em diversas vias

metabólicas, as vitaminas e minerais afetam significativamente a resistência a doenças dos vertebrados, modulando o sistema imunológico (Rukgauer et al., 2001). Para a tilápia (*Oreochromis hybrids*), Hung et al. (2007) demonstram que uma dose de vitaminas (1000 mg/kg) A, C e E e dos minerais (150 mg/kg) Se, Zn, Cu, Mn e Fe nas dietas aumentou a proliferação de macrófagos e melhorou o sistema imunológico, além de aumentar o ganho de peso, o comprimento e a atividade da lisozima.

Experimento avaliando níveis de vitamina C (125; 375 e 1115 mg/kg) e de ferro (30, 90 e 270 mg/kg), e um tratamento controle para alevinos de tilápia do Nilo, verificou que a ausência de vitamina C e ferro nas dietas propiciou o aparecimento de anemia microcítica e hipocrômica aos alevinos (Barros et al., 2002). Segundo estes autores presença de vitamina C em dosagens elevadas estimulou a liberação de eritrócitos imaturos na corrente sanguínea de alevinos de tilápia do Nilo.

O aumento dos níveis de vitamina E, vitamina C e selênio em dietas para a tilápia do Nilo não influenciou na taxa de hematócrito (Fonseca, 2011). Esta observação também foi feita por Martins et al. (1995), que não encontraram diferenças nos parâmetros sanguíneos de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com 0, 50, 100 e 200 mg/kg de vitamina C.

Conforme Tacon (1991), níveis excessivos de vitamina A (5.000 mg de dl- α -tocoferol/kg de dieta) provocam hipervitaminose e acarretam em redução da concentração de eritrócitos sanguíneos. Neste estudo, o maior nível de inclusão continha 48 mg/kg de vitamina A, o que não alterou a contagem de eritrócitos e nem a concentração de hemoglobina corpuscular média das tilápias.

Embora poucos sejam os estudos com suplementação de minerais e vitaminas em conjunto nas dietas de peixes, observa-se que os micronutrientes quando suplementados nas dietas podem influenciar diretamente o desempenho produtivo dos peixes, com melhora nas características de seu desempenho. De acordo com Hamre et al. (2004), o conjunto de micronutrientes é essencial nas dietas de peixes para que esses possam otimizar seu desempenho produtivo. Tais características se confirmam neste estudo, onde a suplementação de minerais e vitaminas propiciaram bom desempenho produtivo.

6 CONCLUSÃO

O nível de 0,5% de suplementação mineral e vitamínica em dietas para alevinos de tilápia do Nilo proporciona melhora no desempenho produtivo e nos parâmetros hematimétricos dos peixes.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de um suplemento de vitaminas e minerais (*premix*) é primordial no desenvolvimento de rações para peixes. A quantidade deste suplemento a ser inclusa pode ser pequena, já que são nutrientes requeridos em menor quantidade pelo organismo animal. Porém, como o *premix* é um ingrediente relativamente caro para a indústria de rações, faz-se necessário incluí-lo em quantidade que não afete o desempenho dos peixes, ao mesmo tempo em que maximiza o crescimento e saúde dos animais.

Vários estudos foram desenvolvidos com o intuito de determinar as exigências de vitaminas e minerais para diversas espécies de peixes. Estudos com a tilápia do Nilo são particularmente especiais, visto que esta é a espécie mais produzida pela aquicultura brasileira, com potencial para o consumo interno e exportação. Assim, estudar aspectos da nutrição da tilápia em condições nacionais pode fornecer bases para alavancar o cultivo intensivo da espécie.

O presente estudo possibilitou determinar a porcentagem correta de inclusão do *premix* em rações para alevinos de tilápia, apontando que 0,5% é a quantia ideal para promover melhor crescimento e parâmetros sanguíneos na espécie.

8 REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) Holmberg, 1887. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- ADHAM, K.G.; HASHEM, H.O.; ABU-SHABANA, M.B.; KAMEL, A.H. Vitamin C deficiency in the catfish *Clarias gariepinus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 6, n. 2, p. 129-139, 2000.
- AUKEMA, H.M.; HOLUB, B.J. Inositol and pyrroloquinoline quinone. In: SHILS, M.E.; OLSON, J.A.; SHIKE, M. (Eds.). **Modern Nutrition in Health and Disease**. 8 ed., Lea & Febiger, Philadelphia, 1994, p. 466-472.
- BACCONI-CAMPECHE, D.F.; CATHARINO, R.R.; GODOY, H.T.; CYRINO, J.E.P. Vitamin A in diets for Nile tilapia. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 751-756. 2009.
- BAKER, E. M. Vitamin C requirements in stress. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 20, n. 6, p. 583-90, 1967.
- BALDAN, A. P. **Suplementação de cromo na dieta, utilização de carboidrato e desempenho produtivo do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. Dissertação (Mestrado). 47 p. Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP, Brasil. 2008.
- BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E.; KLEEMANN, G. K.; HISANO, H.; ROSA, G. J. M. Níveis de Vitamina C e Ferro para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2149-2156, 2002
- BARROS, M. M.; RANZANI, P. M. J. T.; PEZZATO, L. E.; FALCON, D. R.; GUIMARÃES, I. G. Hematological response and growth performance of Nile tilapia fed diets containing folic acid. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 895-903, 2009.
- BLAZER V.S. Nutrition and disease resistance in fish. **Annual Review of Fish Diseases** 1, p. 309-323, 1992.
- CAVICHIOLO, F.; RIBEIRO, R. P.; MOREIRA, H. L. M.; LOURES, B. R. R.; MAEHANA, K.; POVH, J. A.; LEONARDO, J. M. L. O. Efeito da suplementação de vitamina C e vitamina E na dieta, sobre a ocorrência de ectoparasitas, desempenho e sobrevivência em larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a reversão sexual. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 943-948, 2002.
- CHAVES-SANCHEZ, C.; MARTINEZ-PALACIOS, C.A.; MARTINEZ-PEREZ, G. Phosphorus and calcium requirements in the diet of the american cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). **Aquaculture Nutrition**, v. 6, p. 1-9, 2000.
- COLLIER, H. B. The standardization of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, v. 50, n. 6, p. 550-552, 1994.

CUESTA, A.; ORTUNO, J.; RODRIQUEZ, A.; ESTEBAN, M.A.; MESEGUIER, J., Changes in some innate defence parameters of seabream (*Sparus aurata* L.) induced by retinol acetate. **Fish Shellfish Immunol.** v.13, p. 279-291, 2002.

DUESTER, G. Families of retinoid dehydrogenases regulating vitamin A function. **Eur. Journal Biochemic**, v. 267, p. 4315-4324, 2000.

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura.** Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma, 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2012.

FALCON, D.R.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E. Physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed Fe vitamin C and lipid-supplemented diets and submitted to low-temperature stress. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, p. 287-295, 2007.

FERNANDES JÚNIOR, A.C. **Colina em rações para a tilápia do Nilo: desempenho produtivo e respostas hematológicas antes e após o estímulo a frio.** Dissertação (Mestrado). 45 p. Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP, Brasil. 2008.

FERRARI, J.E.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; GONÇALVES, G.S.; HISANO, H.; KLEEMANN, G.K. Níveis de cobre em dietas para tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum**, v. 26, p. 429-436, 2004.

FONSECA, S. B. **Níveis de selênio orgânico e inorgânico e das vitaminas C e E na dieta de tilápia (*Oreochromis niloticus*).** Dissertação (Mestrado). 44 p. Universidade Federal da Paraíba, Brasil. 2011.

FUNKENSTEIN, B. Developmental expression, tissue distribution and hormonal regulation of fish (*Sparus aurata*) serum retinol-binding protein. **Comparative Biochemistry Physiology**, v. 129, p. 613-622, 2001.

FURUYA, W. M.; FUJII, K.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SILVA, L.C.R.; MICHELATTO, M. Exigência de fósforo disponível para tilápia-do-nilo (35 a 100 g). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 961-966, 2008a.

FURUYA, W. M.; FUJII, K.M.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SALES, P.J.P. Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1517-1522, 2008b.

FURUYA, W. M.; FURUYA, V.R.B.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; CYRINO, J.E.P.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias.** Toledo: GFM Gráfica & Editora, 2010. 100 p.

GATLIN III, D. M. **Principles of Fish Nutrition.** Southern Regional Aquaculture Center n. 5003. 2010. Disponível em <<https://srac.tamu.edu/index.cfm/event/getFactSheet/whichfactsheet/223/>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

GOLDENFARB, P. B.; BOWYER, F. P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determinations. **American Journal Clinical of Pathology**, v. 56, n. 1, p. 35-39, 1971.

GOMES, G. R. **Suplementação com selênio orgânico nas dietas de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação (Mestrado). 48 p. Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura, 2008.

GUIMARÃES, I. G. **Vitamina A em dietas para tilápia do Nilo**. Tese (Doutorado). 100 p. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia /UNESP, Botucatu, SP, Brasil. 2009.

HALVER, J. E. The role of ascorbic acid in fish disease and tissue repair. **Bulletin of the Japanese Society of Science Fisheries**, v. 38, n. 1, p. 79-92, 1972.

HALVER, J.E. The vitamins. In: HALVER J.E.; HARDY, R.W. (eds.). **Fish Nutrition**. 3rd edn. London: Academic Press, 2002. pp. 61-141.

HAMRE, K.; CHRISTIANSEN, R.; WAAGBO, R.; MAAGE, A.; TORSTENSEN, B.E.; LYGREN, B.; LIE, O.; WATHNE, E.; ALBREKTSEN, S. Antioxidant vitamins, minerals and lipid levels in diets for Atlantic Salmon (*Salmo salar*, L.): effects on growth performance and fillet quality. **Aquaculture Nutrition**, v.10, p.113-123, 2004.

HARDIE L.J.; FLETCHER T.C.; SECOMBES, C.J. The effect of vitamin E on the immune response of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, v. 87, p. 1-13, 1990.

HEMRE, G. I. Vitamin A metabolism and early biological responses in juvenile sunshine bass (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*) fed graded levels of vitamin A. **Aquaculture**, v. 235, p. 645-658, 2004.

HUNG, S. W.; TU, C. Y.; WANG, W, S. In vivo effects of adding singular or combined anti-oxidative vitamins and/or minerals to diets on the immune system of tilapia (*Oreochromis* hybrids) peripheral blood monocyte-derived, anterior kidney-derived, and spleen-derived macrophages. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 115, n. 1-2, p. 87-99, 2007.

JOBLING, M.. Feed Composition and Analysis. In: HOULIHAN, D., BOUJARD, T., JOBLING, M. **Food Intake In fish**. Oxford-UK. Blackwell-Science, 2001. p. 1-21.

KIM, K.W; WANG, X.; CHOI, S.M.; PARK, G.J; KOO, J.W.; BAI, S.C. No synergistic effects by the dietary supplementation of ascorbic acid, a-tocopheryl acetate and selenium on the growth performance and challenge test of *Edwardsiella tarda* in fingerling Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 1053-1058, 2003.

KLEEMANN, G. K. **Exigência nutricional de ferro da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus***. Dissertação (Mestrado). 45 p. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia /UNESP, Botucatu, SP, Brasil, 2002.

KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 74 p.

KUBITZA, F. **Tilápia - tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: Divisão de Biblioteca e Documentação, p. 289, 2000.

LALL, S.P. The minerals. In: HALVER, J.E. **Fish nutrition**. San Diego: Academic Press, 1989. pp. 219-257.

LALL, S.P. The minerals. In: HALVER J.E.; HARDY, R.W. (eds.). **Fish Nutrition**. 3rd edn. London: Academic Press, 2002. pp. 259-308.

LE GRUSSE, J.; WATIER, B. **Les vitamines. Données biochimiques, nutritionnelles et cliniques**. Neuilly-Sur-Seine: Centre d'Etude et d'Information sur les vitamines, 1993.

LEONHARDT, J.H.; CAETANO FILHO, M.; FROSSARD, H.; MORENO, A.M. Características morfológicas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 1, p. 125-132, 2006.

LI, M.H.; JOHNSON, M.R.; ROBINSON, E.H. Elevated dietary vitamin C concentrations did not improve resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) against *Edwardsiella ictaluri* infection. **Aquaculture**, v. 117, p. 303-312, 1993.

JUSTI, K. C.; PADRE, R. G.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Efeito da temperatura da água sobre desempenho e perfil de ácidos graxos de tilápia do Nilo graxos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, p. 529-534, 2005.

MACLEAN, N.; RAHMAN, M. A.; SOHM, F.; HWANG, G.; IYENGAR, A.; AYAD, H.; SMITH, A.; FARAHMAND, H. Transgenic tilapia and the tilapia genome. **Gene**, v. 295, p. 265-277, 2002.

MAKINO, L. C.; NAKAGHI, L. S. O.; PAES, M. C. F.; MALHEIROS, E. B.; DIAS-KOBERSTEIN, T. C. R. Efetividade de métodos de identificação sexual em tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) revertidas sexualmente com hormônio em ração com diferentes granulometrias. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 2, p. 112-121, 2009.

MARTINS, M.L.; CASTAGNOLLI, N.; ZUIM, S.M.F.; URBINATI, E.C. Influência de diferentes níveis de vitamina C na ração sobre parâmetros hematológicos de alevinos de *Piaractus mesopotamicus* Holmberg (Osteichthyes, Characidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 12, p. 609-618, 1995.

MELO, C. C. V. **Efeitos diretos e indiretos das medidas e razões morfológicas sobre os rendimentos corporais de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação (Mestrado). 45 p. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E.; GRANER, C. F.; ROSA, G. J.; QUINTERO, L.G.P. Relação cálcio/fósforo disponível em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2162-2171, 2000

MONTEIRO, S.M. **Caracterização ultraestrutural do epitélio da brânquia de *O. niloticus*: Efeitos da exposição ao cobre**. Dissertação (Mestrado). 162 p. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2001.

MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010. Brasília, 2012. <<http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010>>. Acesso em: 09 mar. 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of fish**. Washington: National Academy, 1993. 114 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of fish and shrimp**. Washington: National Academic Press, 2011. pp. 164-184.

NAVARRE O.; HALVER J.E. Disease resistance and humoral antibody production in rainbow trout fed high levels of vitamin C. **Aquaculture**, v. 79, p. 207–221, 1989.

NICOLODI, R. R. S. J. **Efeito do selênio e vitamina E sobre o hemograma, proteínograma e metabolismo oxidativo de cordeiros infectados experimentalmente pelo *Haemonchus contortus***. Dissertação (Mestrado). 72 p. Universidade Federal de Santa Maria. 2008.

OLIVEIRA, A. P. A.; NUNES, R. C.; RONEI, M. N. B.; STRINGHINI, J. H.; RUFINO, L. M.; FARIAS, L. A. Desempenho e avaliação da carcaça em suínos alimentados com rações de terminação com fitase associada à retirada de microminerais, vitaminas e fósforo inorgânico. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 4, 2010.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. São Paulo: Aquabio, v. 1, 2004. pp. 75-170.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; ROSA M. J. S.; GUIMARÃES, I. G. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v. 36, p.1600-1606, 2006.

POSTON H.A.; LIVINGSTON D.L. Effects of massive doses of dietary vitamin E on fingerling brook trout. **Fisheries Research Bulletin**, v. 33, p. 6–12, 1969.

PYLE, G.G.; RAJOTTE, J.W.; COUTURE, P. Effects of industrial metals on wild fish populations along a metal contamination gradient. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 61, p. 287-312, 2005.

QUINTERO-PINTO, L.G. **Exigências dietárias e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Tese (Doutorado). 82 p. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, SP, Brasil, 2008.

REINHOLD, J.G. Trace elements - a selective survey. **Clinical Chemistry**, v. 21, n. 4, p. 476–500, 1975.

ROTRUCK, J.T.; POPE, A.L.; GANTHER, H.E.; SWANSON, A.B.; HAFEMAN, D.G.; HOEKSTRA, W.G. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. **Science**, v. 179, p. 588-90, 1973.

ROY, P.K.; LALL, S.P. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). **Aquaculture**, v. 221, n. 1-4, p. 451-468, 2003.

RUKGAUER, M.; NEUGEBAUER, R. J.; PLECKO, T. The relation between selenium, zinc and copper concentration and the trace element dependent antioxidative status. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 15, p. 73-78, 2001.

SAMPAIO, F. G. KLEEMANN, G. K.; SÁ, M. V. C.; PEREIRA, A. S. P.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E. Níveis de vitamina E e de selênio para pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 129-135, 2004.

SANTIAGO, C.B.; ALDABA, M.B.; REYES, O.F. Influence of feeding rate and diet form on growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. **Aquaculture**, v. 64, n. 2, p. 277-282, 1987.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide: statistics v.8.2**. Cary: SAS Institute, 2001.

SATOH, S.; Takeuchi, T.; Watanabe, T. Availability to rainbow trout of zinc in white fish meal and various zinc compounds. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 53, p. 595-599, 1987.

SCHAMBER, C.R. **Exigência de fósforo para a tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na terminação**. Dissertação (Mestrado). 33 p. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

SIGNOR, A.; BARROS, M.M. ; PEZZATO, L.E. ; FALCON, D.R.; GUIMÃRAES, I.G. Parâmetros hematológicos da tilápia-do-Nilo: efeito da dieta suplementada com levedura e zinco e do estímulo pelo frio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, p. 509-520, 2010.

SHIAU, S. Y.; SU, S. L. Juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*×*Oreochromis aureus*) requires dietary myo-inositol for maximal growth. **Aquaculture**, v. 243, p. 273-277, 2005.

SOUZA, M. L. R. Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1076-1084, 2002.

STEFFENS, W. **Principles of fish nutrition**. New York: Haslsted Press; John Wiley, 1989, 384 p.

TACON A.G. **The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - a training manual. I. The essential nutrients**. FAO, GCP/RLA/O75/ITA. Field Doc. 2/E. 1987. 117p.

TEIXEIRA, C. P. **Suplementação de vitamina B6 em dietas práticas e purificadas no desempenho produtivo e resposta hemática da tilápia do Nilo submetida a estímulo térmico**. Dissertação (Mestrado). 45 p. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, Botucatu, SP, Brasil. 2009.

UNDERWOOD, E.J. **Trace elements in human animal nutrition**. 3, ed. New York: Academic Press, 1971. 424 p.

VIEIRA, I.; CYRINO, J.E.P.; PEZZATO, L.E. Utilização de colina e betaína na nutrição da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 675-680, 2001.