

Dietary supplementation with *Spirulina platensis* increases growth and color of red tilapia[□]

Efeito da suplementação da dieta com Spirulina platensis no crescimento e coloração de tilápia vermelha

Efecto de la suplementación dietaria con Spirulina platensis en el crecimiento y la coloración de la tilapia roja

Igor GRF Gomes¹, Est Ing Pesq; Felipe H Chaves¹ Est Ing Pesq; Rodrigo NA Barros¹, Est Ing Pesq; Ricardo L Moreira¹, MSc, Est PhD; Erivânia G Teixeira¹, Ing Pesq, MSc, Est PhD; Antonio GL Moreira¹, Ing Pesq, est MSc; Wladimir RL Farias^{1*}, Ing pesq, Dr.

¹ Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia de Pesca, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brazil.

(Recibido: 12 junio, 2011; aceptado: 6 abril 2012)

Summary

Proper nutrition is critical for the production of aquatic species, especially during their early stages, when animals are more susceptible to mismanagement and sudden environmental changes. **Objective:** the purpose of this study was to evaluate the efficacy of *Spirulina platensis* as a nutritional supplement for growth and coloration of red tilapia. **Methods:** tilapia were fed with commercial feed (D₁; control); commercial feed + wet *Spirulina platensis* (D₂); commercial feed + dry *Spirulina platensis* (D₃); commercial feed + freshwater microalgae (D₄). **Results:** D₂ showed the best growth performance results. Survival rates of D₁, D₂ and D₃ were higher than D₄ (p<0.05). Masculinization and gastrointestinal rates were similar between treatments (p>0.05). The hepatosomatic index was similar between D₁ and D₄ (p>0.05) but lower than D₂ and D₃ (p<0.05). Yellow color intensity in D₂ was moderate, whereas D₃ was weak (Abs. 490 nm). Skin extracts of fish not consuming *S. platensis* showed very weak staining. Aquatic algae counts in D₁ revealed that cyanobacterium (*Microcystis* genus) presented 95% dominance. **Conclusions:** fish fed with wet or dry *S. platensis*, showed higher growth and staining than animals exposed to commercial feed alone or combined with freshwater microalgae. Marine microalgae proved effective in red tilapia. It is suggested to study the cost-benefit of cultivation and supply of *S. platensis* to fish, and to determine the economic benefits that this practice can bring to commercial farming.

Key words: aquaculture, fish feeding, fish performance, microalgae, *Oreochromis*.

□ Como citar este artigo: Gomes IGRF, Chaves FH, Barros RNA, Moreira RL, Teixeira EG, Moreira AGL, Farias WRL. Efeito da suplementação da dieta com *Spirulina platensis* no crescimento e coloração de tilápia vermelha. Rev Colomb Cienc Pecu 2012; 25:462-471.

* Autor para correspondência: Wladimir Ronald Lobo Farias. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia de Pesca, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brazil. Correio eletrônico: wladimir@ufc.br

Resumo

No cultivo de espécies aquáticas, uma nutrição adequada assume importância fundamental no sucesso da atividade, principalmente nas fases iniciais de criação, período em que os animais estão mais susceptíveis ao manejo errôneo e mudanças bruscas do ambiente. **Objetivo:** o Objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de *Spirulina platensis* como suplemento alimentar no crescimento e coloração de tilápia vermelha. **Métodos:** as tilápias foram cultivadas com ração comercial (D_1 : controle), ração comercial + *Spirulina platensis* úmida (D_2), ração comercial + *Spirulina platensis* seca (D_3) e ração comercial + microalgas de água doce (D_4). **Resultados:** em relação ao desempenho zootécnico, D_2 obteve os melhores resultados. As taxas de sobrevivência alcançadas nos tratamentos D_1 , D_2 e D_3 foram superiores as alcançadas no tratamento D_4 ($p < 0.05$). Os índices de masculinização e gastrointestinais foram estatisticamente similares para todos os tratamentos ($p < 0.05$). Os índices hepatossomáticos encontrados em D_1 e D_4 foram estatisticamente semelhantes ($p < 0.05$), porém, ambos apresentaram valores abaixo dos encontrados em D_2 e D_3 ($p < 0.05$). A intensidade da cor amarela de D_2 , após a extração de pigmentos das peles dos peixes, apresentou-se moderada, enquanto em D_3 a intensidade foi fraca (Abs 490 nm). Os extratos das peles dos peixes que não consumiram *S. platensis*, apresentaram coloração muito fraca. As contagens das microalgas presentes na água verde de D_1 , realizadas através de microscopia óptica, revelou que a cianobactéria do gênero *Microcystis* apresentou 95% dominância. **Conclusões:** os peixes alimentados com *S. platensis*, úmida ou seca, obtiveram desempenho superior e coloração mais forte que os animais expostos somente ao alimento artificial ou combinado com microalgas de água doce. A microalga marinha demonstrou ser um suplemento alimentar eficiente para tilápia vermelha. Sugerem-se estudos da relação custo-benefício do cultivo e oferta de *S. platensis* para os peixes, desta forma elucidando as vantagens econômicas que esta prática poderá trazer para a tilapicultura comercial.

Palavras chave: alimentação, aquicultura, desempenho zootécnico, microalga, *Oreochromis*.

Resumen

En el cultivo de especies acuáticas, la nutrición adecuada es de importancia fundamental para el éxito de la actividad, especialmente durante las primeras etapas de la producción, período en que los animales son más susceptibles al mal manejo y a cambios ambientales repentinos. **Objetivos:** el propósito de este estudio fue evaluar la eficacia de la *Spirulina platensis* como suplemento alimenticio para el crecimiento y coloración de la tilapia roja. **Métodos:** las tilapias fueron cultivadas con alimento comercial (D_1 : control), alimento comercial + *Spirulina platensis* húmeda (D_2); alimento comercial + *Spirulina platensis* seca (D_3); alimento comercial + microalgas de agua dulce (D_4). **Resultados:** en relación con el desempeño zootécnico, D_2 mostró los mejores resultados. Las tasas de supervivencia de D_1 , D_2 y D_3 fueron mayores que D_4 ($p < 0.05$). Los índices de masculinización y gastrointestinal fueron similares entre los tratamientos ($p > 0.05$). El índice hepato-somático fue similar entre D_1 y D_4 ($p > 0.05$), pero menor que D_2 y D_3 ($p < 0.05$). La intensidad del color amarillo en D_2 fue moderada, mientras que en D_3 fue débil (Abs 490_{nm}). Los extractos de piel de peces que no consumieron *S. platensis* mostraron coloración muy débil. Los recuentos de microalgas acuáticas en D_1 revelaron que la cianobacteria (género *Microcystis*) presentó 95% de dominancia. **Conclusiones:** los peces alimentados con *S. platensis*, húmeda o seca, presentaron mayor crecimiento y coloración que los animales expuestos a alimentos artificiales solos o combinados con microalgas de agua dulce. Las microalgas marinas demostraron ser eficaces en tilapia roja. Se sugiere realizar estudios sobre la relación costo-beneficio del cultivo y oferta de *S. platensis* para peces, y determinar las ventajas económicas que esta práctica puede traer a la piscicultura comercial.

Palabras clave: acuicultura, alimentación, desempeño zootécnico, microalgas, *Oreochromis*.

Introdução

Características biológicas, tais como capacidade de adaptação a condições ambientais adversas, alta resistência a doenças, comportamento alimentar

onívoro e curto tempo de geração, fazem da tilápia vermelha (*Oreochromis* sp.) uma variedade com grande potencial para a aquicultura (Basiao *et al.*, 2005; Islam *et al.*, 2006; Amaral *et al.*, 2010). Na Tailândia, cultivos desta espécie vêm crescendo

rapidamente devido, principalmente, ao seu maior valor de mercado em relação à variedade nilótica (Pongthana *et al.*, 2010). Porém a tilápia vermelha apresenta taxas de crescimento inferiores a *Oreochromis niloticus*. Carmo *et al.* (2008), alimentando apenas com ração comercial durante 112 dias de cultivo, obtiveram comprimento médio final de 21.9, 24.1 e 27.9 cm para o híbrido vermelho, tilápia nilótica e para a linhagem Chitralada, respectivamente.

A alimentação dos organismos cultivados assume importância fundamental no desempenho econômico da atividade, sendo responsável por mais de 60% dos custos operacionais (Teixeira *et al.*, 2008). Quando larva, a tilápia supre sua necessidade energética apenas consumindo vitelo, após 8-9 dias, esta passa para o estágio de pós-larva, e a ingerir alimento natural (Hayashi *et al.*, 2002). Nas larviculturas comerciais, é neste período que se inicia a oferta de ração contendo hormônio masculinizante (Zanardi *et al.*, 2011). A produção apenas de populações monosexo machos é necessária, pois o cultivo de fêmeas acarreta problemas com superpopulação nos viveiros e gastos energéticos com reprodução (Meurer *et al.*, 2005).

Microalgas ricas em ácidos graxos poliinsaturados são utilizadas como suplementos alimentares na dieta de tilápia, pois tem como propriedade estimular o sistema imunológico dos animais (Lu *et al.*, 2002; Regunathan e Wesley, 2006; Moreira *et al.*, 2010; Moreira *et al.*, 2011ab), reduzir a mortalidade, e aumentar a taxa de crescimento dos peixes (Lu e Takeuchi, 2004). Uma das vantagens da *S. platensis* é possuir carotenóides que atribuem uma coloração laranja-avermelhada ao músculo do peixe, conferindo um aspecto agradável (Ambrosi *et al.*, 2008). Watanuki *et al.* (2006) ao submeter a carpa comum ao tratamento durante três dias com *S. platensis*, observou o aumento da resistência contra infecções bacterianas.

A composição corporal dos peixes é influenciada pela dieta e, se esta não atender às exigências da espécie ou resultar em baixa ingestão de nutrientes essenciais, pode ocasionar deposição de gordura

visceral e causar problemas de sanidade no animal (Reidel *et al.*, 2010).

Objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia da microalga marinha *S. platensis* como suplemento alimentar no crescimento e coloração de tilápia vermelha.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura Raimundo Saraiva da Costa, do Departamento de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará. As pós-larvas (peso médio inicial = 0.02 ± 0.01 g; comprimento médio inicial = 1.10 ± 0.01 cm) de tilápia vermelha utilizadas no experimento foram provenientes desta mesma instituição.

Os animais foram distribuídos, aleatoriamente, em 16 aquários com volume útil de 40 L, com aeração constante e sem recirculação de água. O delineamento foi inteiramente ao acaso e constituído de quatro tratamentos com quatro repetições cada. As tilápias foram cultivadas com ração comercial (D₁) - controle, ração comercial + *Spirulina platensis* úmida (D₂), ração comercial + *Spirulina platensis* seca (D₃) e ração comercial + microalgas de água doce (D₄). A densidade de estocagem foi de 25 pós-larvas por repetição. Os parâmetros físico-químicos oxigênio dissolvido (OD), temperatura e pH da água de cultivo, foram determinados duas vezes por dia, utilizando-se oxímetro digital para os dois primeiros e um medidor de bancada para o último.

Durante todo o experimento, as tilápias foram alimentadas com ração contendo hormônio masculinizante. As biometrias foram realizadas no início, após 15, 30 e 45 dias de cultivo a partir de uma amostra de 60 peixes de cada tratamento.

O desempenho dos animais foi mensurado através do crescimento médio em peso (g), crescimento em comprimento total (cm), ganho de peso (g), taxa de crescimento específico (g dia^{-1}) e taxa de sobrevivência (%), de acordo com as fórmulas utilizadas por Candido *et al.* (2006).

Para o cultivo de *S. platensis* foi preparado um meio de cultura utilizando cloreto de sódio (30 g L⁻¹); bicarbonato de sódio (10 g L⁻¹); NPK - nitrogênio, fósforo e potássio (1 g L⁻¹) e superfosfato triplo (0,1 g L⁻¹). Inicialmente, os sais foram diluídos em um recipiente plástico contendo 10 L de água e, posteriormente, os fertilizantes agrícolas (NPK e superfosfato triplo) foram macerados e adicionados à mistura. Em seguida, a água foi submetida a uma forte aeração por 24 horas e finalmente decantada. Foi obtido um inóculo inicial transferindo-se 300 mL do cultivo pré-estabelecido para um erlenmeyer de 1 L. Após cinco dias, o inóculo foi transferido para o meio de cultura, iniciando o cultivo em larga escala. A quantidade ofertada aos peixes foi monitorada com o auxílio de um espectrofotômetro e foi mantida constante na água de cultivo próximo a 20% de absorvância da luz no comprimento de onda de 680 nm.

A coleta da microalga *S. platensis* foi realizada através da filtração da cultura em malha de 60 µm acoplada a um recipiente tubular de PVC. A biomassa algal úmida retida na rede foi lavada com água destilada para retirar o excesso de meio de cultivo e transferida para um Becker. Para adquirir a biomassa seca, a microalga úmida foi colocada em estufa (50 °C) por 24 horas e depois macerada com pistilo. A água verde utilizada no experimento foi proveniente de um tanque de piscicultura com tilápias localizado na Estação de Piscicultura Prof. Dr. Raimundo Saraiva da Costa/DEP/UFC. Para separar o macrozooplâncton presente na água do tanque foi utilizada uma tela de 100 µm, deixando passar apenas a água com o fitoplâncton. A análise qualitativa do alimento vivo foi realizada através de três coletas ao longo do cultivo pré-estabelecido de tilápia, todas feitas às 10 horas da manhã. A água (50 L) de cada amostra foi filtrada em uma rede de plâncton de 60 µm e o material retido foi armazenado em um recipiente de vidro de 400 mL, sendo fixado com formol 4% neutralizado com tetraborato de sódio (30 g L⁻¹). Após este procedimento, alíquotas do material sedimentado no recipiente de vidro foram levadas ao microscópio com contraste de fase e os organismos foram identificados ao nível de gênero com o auxílio de

chaves de identificação (Boltovskoy, 1981; Bicudo e Menezes, 2006).

Para o preparo da ração, foi utilizada uma ração comercial em pó (energia = 4500 kcal kg⁻¹; granulometria = 1 mm), nutricionalmente completa, composta por farelo de glúten, milho, farelo de soja, milho integral moído, cloreto de sódio, premix vitamínico mineral, farinha de peixe e gordura vegetal estabilizada. A composição centesimal da ração, segundo seu fabricante foi de: 10% de umidade; 50% de proteína bruta; 8% de extrato etéreo; 6% de matéria fibrosa; 13% de matéria mineral; 8% de cálcio e 1,2% de fósforo. Para a incorporação do hormônio sexual à ração, foi preparada uma solução estoque dissolvendo 6 g do hormônio 17- α - metiltestosterona (Departamento Nacional de Obras Contrás as Secas – DNOCS, Pentecoste, Ceará, Brasil), em 1 L de álcool etílico absoluto (95%). Para o preparo de 1 kg da ração, 10 mL da solução estoque foram diluídos em 500 mL de álcool comum ou comercial (92%), segundo a metodologia descrita por Shelton *et al.* (1981). A oferta diária de ração com hormônio foi de 20% do peso vivo dos animais, dividida em quatro refeições diárias. Os restos de ração e fezes foram sifonados diariamente das unidades experimentais. A análise da eficiência da masculinização foi realizada através da análise microscópica das gônadas de cada indivíduo utilizando a técnica do aceto-carmim, descrita por Guerrero e Shelton (1974), como instrumento para sexagem de alevinos de tilápia azul (*Oreochromis aureus*) e bluegill (*Lepomis macrochirus*), sendo adaptada e validada para alevinos de tilápia do Nilo por Wassermann e Afonso (2002).

Ao final do cultivo, cinco indivíduos de cada repetição (20 por tratamento) foram sacrificados por indução anestésica letal utilizando mentol (500 mg L⁻¹) e necropsiados. O estômago, intestino, fígado das tilápias foram dissecados cuidadosamente com o auxílio de instrumentos cirúrgicos, pesados em balança analítica e medidos com um paquímetro para obtenção dos seguintes parâmetros: índice gastrointestinal (iGas) = (peso do estômago/peso total do indivíduo)*100; quociente intestinal (Qi) = comprimento do intestino/comprimento total do

indivíduo e índice hepatossomático (IHS) = (peso do fígado/peso total do indivíduo)*100.

As peles de todos os indivíduos de cada tratamento foram retiradas e reunidas, desidratadas em estufa a 40 °C e submetidas a um processo de extração de carotenóides de acordo com Higby (1962). Para isso, 290 mg de cada amostra foram cortadas em pequenos pedaços e submetidas a uma extração com 870 µL de álcool isopropílico e 290 µL de hexano. A mistura foi vigorosamente agitada em um homogeneizador e, em seguida, transferida para um funil de separação totalmente envolto em papel alumínio. O volume do funil foi completado para 2 mL com água destilada e deixado em repouso por 30 min. Após este período, a fase aquosa foi separada da fase de cor amarela, contendo os carotenóides. Este procedimento foi repetido por três vezes e o conteúdo foi filtrado em um algodão para recipientes envoltos com papel alumínio. Devido ao reduzido volume dos extratos, resultante de uma pequena quantidade de peles, as amostras não foram mais diluídas com acetona e hexano. A intensidade da cor amarela nas amostras foi estimada visualmente, sendo classificada em moderada, fraca e muito fraca.

As médias foram submetidas a uma análise de variância (ANOVA) e, quando detectadas diferenças entre as médias, utilizou-se posteriormente o teste de Tukey. Todos os testes foram realizados ao nível de 5% de significância estatística, utilizando a função estatística do programa ORIGIN®. Utilizou-se um transformador angular (arco-seno da raiz quadrada) para homogeneizar as variâncias dos valores de sobrevivência, porém estes valores são aqui apresentados na sua forma original.

Resultados

Não houve diferença significativa ($p > 0.05$) nos parâmetros físico-químicos da água de cultivo

das tilápias vermelhas. As médias de oxigênio dissolvido, pH e temperatura, variaram de 5.18 ± 1.02 a 5.59 ± 1.28 mg L⁻¹; 7.48 ± 0.37 a 8.05 ± 0.51 e 27.8 ± 0.91 a 28.2 ± 0.98 °C, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Média \pm Desvio padrão dos parâmetros físico-químicos da água de cultivo de tilápia vermelha alimentada com *S. platensis*.

Tratamentos	OD (mg L ⁻¹)	Ph	Temperatura (°C)
D ₁ *	5.53 \pm 0.97	7.48 \pm 0.37	28.0 \pm 0.83
D ₂ **	5.25 \pm 0.82	7.64 \pm 0.30	27.8 \pm 0.91
D ₃ ***	5.18 \pm 1.02	7.72 \pm 0.34	27.8 \pm 1.10
D ₄ ****	5.59 \pm 1.28	8.05 \pm 0.51	28.2 \pm 0.98

*ração comercial, ** ração comercial + *S. platensis* úmida, ***ração comercial + *S. platensis* seca e ****ração comercial + microalgas de água doce.

De acordo com a tabela 2, ao final do experimento os animais submetidos apenas a ração (D₁) obtiveram resultados estatisticamente similares ($p > 0.05$) aos que se alimentaram de ração comercial + *S. platensis* seca (D₃). As tilápias do tratamento com ração+S. *platensis* úmida (D₂) obtiveram o maior ganho de peso ($p < 0.05$), ao contrário dos peixes expostos à microalga de água doce (D₄), que alcançaram o desempenho menos satisfatório de todos os tratamentos. As taxas de sobrevivência de D₁, D₂ e D₃ foram estatisticamente superiores ($p < 0.05$) a D₄, que obteve os maiores índices de mortalidade durante o experimento. Os índices de masculinização foram similares ($p > 0.05$) para todos os tratamentos, idêntica situação que ocorreu para os valores dos índices gastrointestinais e do quociente intestinal. Os índices hepatossomáticos de D₁ e D₄ foram semelhantes ($p > 0.05$) entre si, porém maiores ($p < 0.05$) que os tratamentos D₂ e D₃. Durante todo o experimento, os animais expostos a microalga marinha alcançaram desempenho superior aos demais tratamentos (Figuras 1 e 2).

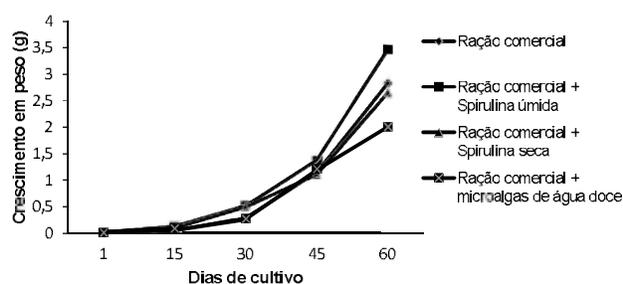
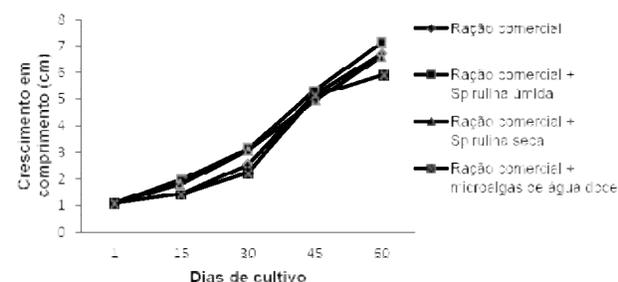
Tabela 2. Média \pm Desvio padrão dos parâmetros de desempenho e índices gastrointestinais de tilápia vermelha alimentada com *S. platensis*.

Parâmetros	Tratamentos			
	D ₁ [*]	D ₂ ^{**}	D ₃ ^{***}	D ₄ ^{****}
Peso inicial (g)	0.02 \pm 0.01	0,02 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01
Peso final (g)	2.83 \pm 0.91 ^a	3.47 \pm 1.32 ^b	2.65 \pm 0.95 ^{a, c}	2.01 \pm 1.20 ^c
Comprimento inicial (cm)	1.10 \pm 0.01	1.10 \pm 0.01	1.10 \pm 0.01	1.10 \pm 0.01
Comprimento final (cm)	6.70 \pm 0.65 ^{a, b}	7.11 \pm 0.78 ^a	6.60 \pm 0.69 ^b	5.89 \pm 1.05 ^c
¹ TCE (g.dia ⁻¹)	0.045 \pm 0.013 ^a	0.066 \pm 0.025 ^b	0.039 \pm 0.012 ^a	0.035 \pm 0.020 ^a
Sobrevivência (%)	100 ^a	97,5 ^a	100 ^a	70 ^b
Masculinização (%)	95 ^a	94 ^a	95 ^a	96 ^a
² iGas	1.42 \pm 1.23 ^a	0.88 \pm 0.81 ^a	0.88 \pm 0.91 ^a	1.45 \pm 1.15 ^a
³ Qi	3.58 \pm 0.95 ^a	3.61 \pm 0,53 ^a	3.89 \pm 0.69 ^a	3.50 \pm 1.06 ^a
⁴ IHS	2.01 \pm 1.17 ^a	1.19 \pm 0.52 ^b	1.23 \pm 0.36 ^b	1.75 \pm 1.10 ^{a, b}

*ração comercial, ** ração comercial + *S. platensis* úmida, ***ração comercial + *S. platensis* seca e ****ração comercial + microalgas de água doce;

¹Taxa de crescimento específico, ²Índice gastrointestinal, ³Quociente intestinal e ⁴Índice hepatossomático.

Letras diferentes na mesma linha significam que houve diferença estatística ($\alpha = 0.05$) entre os tratamentos.

**Figura 1.** Crescimento em peso (g) de tilápia vermelha alimentada com *S. platensis*.**Figura 2.** Crescimento em comprimento (cm) de tilápia vermelha alimentada com *S. platensis*.

No presente estudo, a contagem das microalgas presentes na água verde do tanque de piscicultura, realizada tanto no início quanto no fim do experimento, revelou em ambas as coletas, que as cianobactérias do gênero *Microcystis* apresentaram uma dominância em torno de 95%, enquanto que

os 5% restantes corresponderam a clorófitas do gênero *Golenkinia*.

Em relação à extração de carotenóides das peles dos alevinos de tilápia, foi possível estimar através da intensidade da cor amarela que o extrato das peles dos peixes alimentados com ração comercial + *Spirulina* úmida (D₂) apresentou uma intensidade moderada, seguido do extrato das peles dos peixes alimentados com ração comercial + *Spirulina* seca (D₃) que apresentou uma intensidade fraca. Os extratos das peles dos peixes que não receberam *Spirulina* na dieta (tratamentos D₁ e D₄) apresentaram uma cor amarela muito fraca (Tabela 3).

Tabela 3. Intensidade da cor amarela nos extratos de peles dos peixes alimentados com dietas na presença ou ausência de *S. platensis*.

Intensidade da cor	Tratamentos			
	D ₁ [*]	D ₂ ^{**}	D ₃ ^{***}	D ₄ ^{****}
	muito fraca	Moderada	fraca	muito fraca

*ração comercial, ** ração comercial + *S. platensis* úmida, ***ração comercial + *S. platensis* seca e ****ração comercial + microalgas de água doce

Discussão

Os parâmetros físico-químicos da água de cultivo (oxigênio dissolvido, pH e temperatura) não apresentaram variações durante a realização

do experimento, e ficaram dentro dos limites estabelecidos para o cultivo de tilápias (Kubitza, 2000; Vinatea, 2004).

As microalgas contêm alta concentração de fibras solúveis e ácidos graxos da série ômega-3 e podem contribuir positivamente na alimentação de organismos aquáticos (Azaza et al., 2007). De acordo com Faria et al. (2001), determinadas espécies conferem uma maior sobrevivência para as pós-larvas e podem ser utilizadas como principal fonte de sua alimentação. A ingestão de pequenas quantidades destes microorganismos pode afetar positivamente a fisiologia dos animais, além de estimular a resposta imunológica.

A composição química da *Spirulina* é responsável por seu alto valor nutricional, pois possui elevados níveis de nutrientes essenciais (Silveira et al., 2007). De acordo com Çelekli e Yavuzatmaca (2009), em comparação com outras microalgas, é uma das espécies que melhor se adapta a diversas condições, facilitando sua implementação em cultivos comerciais.

Foi provado que os peixes que consumiram *S. platensis* alcançaram desempenho superior aos demais tratamentos, principalmente, quando a microalga marinha foi ofertada na forma úmida. Moreira et al. (2010), demonstraram que a utilização de *S. platensis* úmida, ofertada diretamente ou bioencapsulada em copépodos resultou em melhor crescimento das tilápias. Moreira et al. (2011a), ao final da reversão sexual alcançaram peso total médio de 1.64 ± 0.10 g, quando alimentaram tilápias com *S. platensis*. A reversão sexual de tilápia, suplementada com *S. platensis*, também pode ser realizada com êxito em água com elevados índices de salinidade (25 g.L^{-1}) (Moreira et al., 2011b). Na presente pesquisa, os resultados de desempenho das tilápias alimentadas com a microalga marinha foram superiores que os descritos na literatura, quando os peixes foram alimentados com outros complementos (El-sayed e Kawanna, 2004; Yasui et al., 2007; Bezerra et al., 2008). Lu et al. (2004) utilizaram microalgas como dieta alimentar durante o período larval da tilápia do Nilo, constataram que *S. platensis* foi superior as demais espécies testadas. Takeuchi et al. (2002),

ao alimentarem juvenis de tilápia com *Spirulina* seca e ração comercial, observaram melhor índice de crescimento. Estes bons resultados com inclusão de *S. platensis* em dietas para tilápia confirmam os encontrados por Lu et al. (2003), que ofertaram a microalga seca aos animais. Por outro lado, Ungsethaphand et al. (2010), verificaram que o ganho de peso final, taxa de crescimento específico e a taxa de sobrevivência não foram afetados quando foi ofertada *Spirulina* como suplemento alimentar para tilápias vermelhas. Marengoni et al. (2010), obtiveram sobrevivência superior a 80%, quando a tilápia vermelha foi cultivada em sistema de recirculação de água.

Na presente pesquisa, a reversão sexual foi satisfatória. Resultados inferiores foram encontrados por Neumann et al. (2009) que descreveram o efeito da reversão sexual de linhagens de tilápia em condições ambientais variáveis. O percentual de machos, de acordo com o exame de gônadas foi de 89,46% para a tilápia vermelha. Mainardes-Pinto et al. (2000) compararam a eficiência de duas rações contendo o andrógeno sintético 17- α -metiltestosterona para analisar sua dosagem mais efetiva na reversão sexual da tilápia do Nilo, sendo 60 mg MT kg^{-1} a mais eficiente, resultando em 98% de machos. Desprez et al. (2003), revertendo a tilápia vermelha com o andrógeno natural, produziram 99,1% de machos. Em relação aos resultados dos índices gastrointestinais obtidos, apenas o índice hepatossomático sofreu mudança significativa. A utilização do alimento natural resulta em um aumento da superfície de contato do estômago e intestino, para maior absorção dos nutrientes. O índice gastrointestinal (iGas), por ser de natureza quantitativa, fornece informações mais precisas quanto ao hábito alimentar (Hahn e Delariva, 2003).

Thomé et al. (2005) observaram para *Leporinus taeniatus*, valores de iGas, mínimos e máximos, de 0.53 ± 0.66 e 1.25 ± 0.74 , respectivamente. Os autores sugerem que machos do gênero *Leporinus* apresentam melhor atividade alimentar fora do período reprodutivo, assim como observado por Hermes-Silva et al. (2004) em *Oligosarcus jenynsii*. A redução do iGas durante o período reprodutivo pode estar associada à redução ou

paralisação da atividade alimentar do indivíduo em migração reprodutiva (Esteves e Pinto-Lobo, 2001). Costa *et al.* (2008) caracterizaram os índices gastrintestinais e não encontraram diferenças significativas para a carpa comum (*Cyprinus carpio*) alimentada com capim teosinto (*Euchlaena mexicana*) e suplementados com ração. Na piscicultura, para se obter melhor eficiência alimentar, é necessária a integração de fatores como: características fisiológicas, hábito alimentar e exigência nutricional, além da composição química e da disponibilidade de nutrientes dos ingredientes selecionados para o preparo de uma ração completa (Lanna *et al.*, 2004). Em estudos futuros uma análise da anatomia dos órgãos do sistema digestivo das tilápias através de estudos histológicos é necessária, desta forma o impacto da alimentação natural e artificial na fisiologia do indivíduo poderá ser melhor compreendida.

Os peixes expostos a microalgas de água doce obtiveram desempenho inferior aos demais tratamentos. No presente estudo, as microalgas foram compostas quase totalmente por *Microcystis*. Turker *et al.* (2003) demonstraram que a água de cultivo da tilápia do Nilo é dominada pelo fitoplâncton, sendo esta espécie uma excelente filtradora de cianobactérias do gênero *Microcystis* (Deblois *et al.*, 2008). O comprimento do intestino dos peixes está relacionado à categoria trófica da espécie. Desta forma, uma modificação na dieta dos peixes, como exemplo, a base de microalgas, pode modificar o comprimento intestinal como forma de adaptação destes organismos (Rodrigues e Menin, 2008). Excesso de cianobactérias na água de cultivo pode causar vários danos ao ecossistema aquático, como por exemplo, hipoxia e danos nas guelras dos peixes. Os gêneros *Microcystis* e *Anabaena* também produzem toxinas que acarretam problemas a humanos (Carmichael, 2001) e organismos aquáticos (Malbrouck e Kestemont, 2006). Peixes herbívoros, como a tilápias do Nilo, carpa espelho e carpa cabeça-grande são capazes de reduzir em até 93% populações de *Microcystis* spp. em grandes corpos aquáticos (Kaihong *et al.*, 2006).

No presente estudo, as tilápias vermelhas alimentadas somente com o alimento artificial ou combinado com microalgas de água doce,

obtiveram desempenho zootécnico inferior aos animais expostos a microalga marinha, que também obtiveram uma coloração mais expressiva, fator de grande importância para as exigências do mercado consumidor. A suplementação alimentar com *S. platensis* demonstrou resultados mais expressivos e imediatos. A junção dos dois tipos de alimentação (artificial e natural) resultou em um ganho de peso e crescimento significativo e, conseqüentemente, uma maior taxa de sobrevivência. Desta forma, nas condições testadas, esta microalga marinha pode ser utilizada com êxito em dietas para tilápia vermelha, nas primeiras fases do cultivo. Sugerem-se estudos da relação custo-benefício do cultivo e oferta desta microalga para os peixes, e as vantagens que esta prática poderá trazer para a economia da tilapicultura comercial.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à Fundação Cearense de apoio e Desenvolvimento Científico (FUNCAP), pelo auxílio financeiro concedido durante a pesquisa. À Ind. e Com. de Alimentos Desidratados Alcon Ltda (Camboriú – SC) e à GUABI NUTRIÇÃO ANIMAL pelo fornecimento de insumos oriundos da parceria firmada com nossa instituição de pesquisa.

Referências

- Amaral HJ, Sato G, Streffling L, Vährlich R, Hoinkes R, Tebaldi PC. Aclimação do híbrido da tilápia vermelha *Oreochromis niloticus* sp. e utilização em ambientes marinhos como isca viva para a pesca de tunídeos. Rev Elec Vet 2010; 11:1695-7504.
- Ambrosi MA, Reinehr CO, Bertolin TE, Costa JAV, Colla LM. Propriedades de saúde de *Spirulina* spp. Rev Ciênc Farm Bas Apl 2008; 29:109-117.
- Azaza MS, Mensi F, Ksouri J, Dhraief MN, Brini B, Abdelmouleh A, Kraiem MM. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of Southern Tunisia. J Appl Ichthyol 2007; 24:202-207.
- Basaio ZO, Enguia RV, Doyle RW. Growth response of Nile tilapia fry to salinity stress in the presence of an "internal reference" fish. Aquac Res 2005; 36:712-720.

- Bezerra KS, Santos AJG, Leite MR, Silva AM, Lima MR. Crescimento e sobrevivência da tilápia chitralada submetida a diferentes fotoperíodos. *Pesq Agropec Bras* 2008; 43:737-743.
- Bicudo CEM, Menezes MA. Gêneros de algas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2nd ed. São Carlos: RiMa; 2006.
- Boltovskoy D. Atlas del Atlantico Suddoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata: INIDEP; 1981. 936p.
- Candido AS, Melo Júnior AP, Santos CHA, Costa HJMS, Igarashi MA. Policultivo do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Arq de Ciê Vet Zool UNIPAR* 2006; 9:9-14.
- Carmichael WW. Health effects of toxin-producing cyanobacteria: "The CyanoHABs". *Hum Ecol Risk Assessm* 2001; 7:1393-1407.
- Carmo JL, Ferreira DA, Junior RFS, Santos RMZ, Correia ES. Crescimento de três linhagens de tilápia sob cultivo semi-intensivo em viveiros. *Rev Caatinga* 2008; 21:20-26.
- Çelekli A, Yavuzatmaca M. Predictive modeling of biomass production by *Spirulina platensis* as function of nitrate and NaCl concentrations. *Biores Technol* 2009; 100:1847-1851.
- Costa ML, Radunz Neto J, Lazzari R, Losekann ME, Sutilli FJ, Brum AZ, Veiverberg CA, Grzczinski JA. Juvenis de carpa capim alimentados com capim teosinto e suplementados com diferentes taxas de arraçoamento. *Ciênc Rur* 2008; 38:492-497.
- Deblois CP, Aranda-Rodriguez R, Giani A, Bird DF. Microcystin accumulation in liver and muscle of tilapia in two large Brazilian hydroelectric reservoirs. *Toxic* 2008; 51:435-448.
- Desprez D, Gérard E, Hoareau MC, Mélard C, Bosc P, Baroiller JF. Production of a high percentage of male offspring with a natural androgen, 11b-hydroxyandrostenedione (11 β OHA4), in Florida red tilapia. *Aquac* 2003; 216:55-65.
- El-Sayed AM, Kawanna M. Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings. *Aquaculture* 2004; 231:393-402.
- Esteves KE, Pinto Lôbo AV. Feeding pattern of *Salminus maxillosus* (Pisces, *Characidae*) at Cachoeira das Emas, Mogi-Guaçu River (São Paulo State, Southeast Brazil). *Rev Bras Biol* 2001; 61:267-276.
- Faria ACEA, Hayashi C, Soares CM, Furuya WM. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas em tanques experimentais submetidos a diferentes adubações orgânicas. *Act Sci* 2001; 23:291-297.
- Guerrero RD, Shelton WL. An Aceto-Carmine Squash Method for Sexing Juvenile Fish. *Progress Fish-Cult* 1974; 36:56.
- Hahn NS, Delariva L. Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes: o que estamos usando? *InterCiênc* 2003; 28:100-104.
- Hayashi C, Boscolo WR, Soares CM, Meurer F. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo no período de reversão sexual. *Rev Bras Zoo* 2002; 31:823-828.
- Hermes-Silva S, Meurer S, Zaniboni-Filho E. Biologia alimentar e reprodutiva do peixe-cachorro (*Oligosarcus jenynsii* Gunther, 1864) na região do alto rio Uruguai-Brasil. *Act Scient Biol Sci* 2004; 26:175-179.
- Higby WK. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *J Food Sci* 1962; 27:42-49.
- Islam MA, Das DR, Khalequzzaman SM, Kamal D, Halim KMA. Extensive culture of red tilapia with four stocking densities at Beel Kotalia, Bagerhat, Bangladesh. *Pakistan, J Biol Sci* 2006; 9:1965-1969.
- Kaihong L, Chunhua J, Shuanglin D, Binhe G, Bowen SH. Feeding and control of blue-green algal blooms by tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Hydrobiol* 2006; 568:111-120.
- Kubitza, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiá, 2000.
- Lanna EAT, Pezzato LE, Furuya WM, Vicentini CA, Cecon PR, Barros MM. Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Zootec* 2004; 33:2177-2185.
- Lu J, Yoshizaki G, Sakai K, Takeuchi T. Acceptability of raw *Spirulina* to larval tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fis Sci* 2002; 68:51-58.
- Lu J, Takeuchi T, Ogawa H. Flesh quality of tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina*. *Fisher Sci* 2003; 69:529-534.
- Lu J, Takeuchi T. Spawning and quality of eggs of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina* throughout three generations. *Aquac* 2004; 234:625-640.
- Mainardes-Pinto CSR, Fenerich-Verani N, Campos BES, Silva AL. Masculinização da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, utilizando diferentes rações e diferentes doses de 17 α -metiltestosterona. *Rev Bras Zootec* 2000; 29:654-659.
- Malbrouck C, Kestemont P. Effects of microcystins on fish. *Environ Toxicol Chem* 2006; 25:72-86.
- Marengoni NG, Albuquerque DM, Mota FLS, Passos Neto OP, Silva Neto AA, Silva AIM, Ogawa, M. Desempenho e proporção sexual de tilápia vermelha sob à inclusão de probiótico em água mesohalina. *Arch Zootec* 2010; 59:403-414.
- Meurer F, Hayashi C, Boscolo WR, Schamber CR, Bombardelli RA. Fontes protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para tilápia do Nilo durante a reversão sexual. *Rev Bras Zootec* 2005; 34:1-6.
- Moreira RL, COSTA JM, Queiroz RV, Moura PS, Farias WRL. Utilização de *Spirulina platensis* como suplemento alimentar durante a reversão sexual de tilápia do nilo. *Rev Caat* 2010; 23:134-141.
- Moreira RL, Martins RR, Wladimir RLF. Utilização de *Spirulina plantensis* como suplemento alimentar durante a

- reversão sexual da tilápia-do-nylo (var. chitralada) em água salina. Ci Anim Bras 2011a; 12:76-82.
- Moreira RL, Costa JM, Moura PS, Farias WRL. Salinidade da água e suplementação alimentar com microalga marinha no crescimento e masculinização de *Oreochromis niloticus*, tilápia do nilo. Biosci J 2011b; 27:116-124.
- Neumann E, Koberstein TCRD, Braga FMS. Desempenho de três linhagens de tilápia submetidas ao tratamento com 17 α -metiltestosterona em condições ambientais não controladas. Rev Bras Zootec 2009; 38:973-979.
- Pongthana N, Nguyen NH, Ponzoni RW. Comparative performance of four red tilapia strains and their crosses in fresh- and saline water environments. Aquac 2010; 308:109-114.
- Regunathan C, Wesley SG. Pigment deficiency correction in shrimp broodstock using *Spirulina* as a carotenoid source. Aquac Nutri 2006; 12:425-432.
- Reidel A, Romagosa E, Feiden A, Boscolo WR, Coldebella A, Signor AA. Rendimento corporal e composição química de jundiás alimentados com diferentes níveis de proteína e energia na dieta, criados em tanques-rede. Rev Bras Zootec 2010; 39:233-240.
- Rodrigues SS, Menin E. Anatomia do tubo digestivo de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1817) (Pisces, Characidae, Salmininae). Biot 2008; 21:65-75.
- Shelton WL, Rodrigues-Guerrero D, Lopes-Macias J. Factors affecting androgen sex reversal of tilápia aurea. Aquac 1981; 25:59-65.
- Silveira ST, Burkert JFM, Costa JAV, Burkert CAV, Kalil SJ. Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using factorial design. Biores Technol 2007; 98:1629-1634.
- Takeuchi T, Lu J, Yoshizaki G, Satoh S. Effect on the growth and body composition of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* fed raw *Spirulina*. Fisher Sci 2002; 68:34-40.
- Teixeira EA, Crepaldi DV, Faria PMC, Ribeiro LP, Melo DC, Euler ACC. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis* sp.). Rev Bras Sau Prod Ani 2008; 9:239-246.
- Thomé RG, Bazzoli N, Rizzo E, Santos GB, Ratton TF. Reproductive biology of *Leporinus taeniatus* Lütken (Pisces, Anostomidae) in Juramento Reservoir, São Francisco River basin, Minas Gerais, Brazil. Rev Bras Zool 2005; 22:565-570.
- Turker H, Eversole AG, Brune DE. Comparative Nile tilapia and silver carp filtration rates of Partitioned Aquaculture System phytoplankton. Aquac 2003; 220:449-457.
- Ungsethaphand T, Yuwadee PY, Whangchai N, Sardud U. Effect of feeding *Spirulina platensis* on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* \times *O. niloticus*). Maej Intern J Sci Technol 2010; 4:331-336.
- Vinatea L. Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura. 2nd ed. Florianópolis: UFSC; 2004.
- Wassermann GJ, Afonso LOB. Validation of the acetocarmine technique for evaluating phenotypic sex in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. Ciên Rur 2002; 32:133-139.
- Watanuki H, OTA K, Tassakka ACMAR, Kato T, Sakai M. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp, *Cyprinus carpio*. Aquac 2006; 258:157-163.
- Yasui GS, Santos LC, Shimoda E, Ribeiro-Filho OP, Calado LL, Freitas AS, Vidal M V, Ferreira EB. Masculinização de três linhagens de tilápias-do-nylo utilizando o andrógeno sintético 17 α -metil-testosterona. Zootec Tropic 2007; 25:307-310.
- Zanardi MF, Dias-Koberstein TCR, Santos MA, Malheiro EB. Desempenho produtivo e reversão sexual em tilápias em dois métodos hormonais. Vet Zootec 2011; 18:45-52.