

Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem

Brol, J.¹; Pinho, S.M.¹; Sgnaulin, T.¹; Pereira, K. da R.^{1,2}; Thomas, M.C.^{1,2}; Mello, G.L. de¹; Miranda-Baeza, A.³ e Emerenciano, M.G.C.^{1,4@}

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Laboratório de Aquicultura (LAQ). Laguna, SC. Brazil.

²Laboratório de Gestão Ambiental e Invertebrados Aquáticos (LABGAIA/UDESC). Laguna, SC. Brazil.

³Universidad Estatal de Sonora (UES). Unidad Navojoa. Navojoa. Sonora. Mexico.

⁴Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZOO/UDESC). Chapecó, SC. Brazil.

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE ADICIONAIS

Oreochromis.
Linhagem.
Crescimento.
Bft.
Comunidade planctônica.
Berçário.

A necessidade de novas tecnologias para o cultivo de organismos aquáticos se faz cada vez mais presente, assim, o sistema de bioflocos, tecnologia concebida para trabalhar com nenhuma ou pouca renovação de água, começa a ter uso não somente na carcinicultura, mas também na piscicultura. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e sobrevivência de tilápias do Nilo ou cinza (*Oreochromis niloticus* – linhagem GIFT) e tilápia vermelha (*Oreochromis* sp.) em sistemas de bioflocos sob diferentes densidades de estocagem (400 e 800/m³) em água salobra (8‰). Foram utilizadas 16 caixas plásticas de 26L (19L útil) e estocados 192 alevinos (3,06 ± 0,2 g). Adotou-se um delineamento fatorial (linhagem x densidade) e um sistema *macrocosmo-microcosmo*. Durante 42 dias os animais foram alimentados três vezes ao dia com ração comercial contendo 45% de proteína bruta. Foram monitorados os parâmetros de qualidade de água e o perfil de microrganismos da mesma ao longo do experimento. No final, foi realizada uma análise bromatológica da biomassa de bioflocos. Os resultados sugerem a tilápia do Nilo (*O. niloticus*) a mais adequadas para esta fase (3-20 g) em um sistema de bioflocos em água salobra. Observou-se ainda que não houve efeito negativo no crescimento quando empregado densidade de 800 peixes/m³.

Biofloc technology on the zootechnical performance of tilapia: effect of strain and stocking density

SUMMARY

The necessity of new technologies for the culture of aquatic organisms is becoming more evident, and thus, the biofloc system, a technic created to perform zero or minimum water exchange, starts to become more useful not only in shrimp culture, but also in finfish culture. This research purpose was to evaluate the growth and survival of Nile tilapia or gray (*Oreochromis niloticus* – GIFT strain) and red tilapia Red Florida strain (*Oreochromis* sp.) in biofloc system stocked in different densities (400 e 800/m³) in brackish water (8‰). Sixteen 26L plastic bins (19L usefull) were used and 192 fingerlings (3,06 ± 0,2 g) were stocked. A factorial experimental design was adopted (strain vs density) and a *macrocosm-microcosm* device system. For 42 days, the animals were fed on a 45% of crude protein commercial diet, three times per day. Water quality parameters and microbial community were monitored. At the end, proximate analysis of biofloc biomass was performed. The results suggested that Nile tilapia was the most appropriate for this phase (3-20 g) in biofloc system in brackish water. Furthermore, no negative effect was observed when 800 fish/m³ stocking density was considered.

ADDITIONAL KEYWORDS

Oreochromis.
Lineage.
Performance.
BFT.
Planktonic community.
Nursery.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 21.03.2016
Aceptado/Accepted: 03.01.2017
On-line: 15.04.2017
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
mauricio.emerenciano@udesc.br

INTRODUÇÃO

De acordo com Fitzsimmons (2000), a tilápia poderá ser o produto mais importante da aquicultura no sé-

culo XXI, sendo atualmente um dos grupos de peixes mais produzidos no mundo. Características quanto a sua fisiologia, biologia reprodutiva e fácil domesticação, além de uma carne suave que faz dela um ali-

mento amplamente aceito no mundo, são algumas das características que a tornam ideais para a aquicultura. No Brasil, a tilápia é a espécie com maior volume de produção, podendo ser encontrada em praticamente todo o território nacional. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística demonstram a crescente produção brasileira que chegou a 219,33 mil toneladas de tilápia em 2015, um volume de 9,5% a mais em relação ao ano anterior (IBGE, 2015).

Segundo El-Sayed (2006) as tilápias são excelentes para cultivo não somente de água doce, mas de água salgada e salobra, devido sua tolerância à salinidade. No entanto, nem todas as linhagens de tilápia possuem bom desempenho em diferentes salinidades. A tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*) é um híbrido deste gênero que possui um bom desempenho quando cultivada em águas salobras. Devido a sua aparência, as tilápias vermelhas têm alcançado melhores preços de mercado quando comparadas à tilápia do Nilo (Clark *et al.*, 1990). Além disso, problemas com o *off-flavor* é reduzido quando as tilápias são cultivadas em águas salobras e sua carne geralmente se assemelha em sabor à carne de peixes marinhos (Kubitza, 2005). Adicionalmente, o cultivo de tilápia em água salobra passa a ter importância em fazendas desativadas de camarão marinho, como é o caso do estado de Santa Catarina, região severamente impactada pelo vírus da mancha branca. Com a infraestrutura já existente, o cultivo de tilápia pode ser uma excelente alternativa para essas fazendas voltarem a operar.

Nos cultivos, um fator importante é a determinação da densidade de estocagem, pois através desta é possível se ter o máximo aproveitamento do espaço, além da otimização dos custos de produção (Hengsawat *et al.*, 1997). Um sistema que atende a estas necessidades é o cultivo em bioflocos. Esse sistema permite o uso de densidades maiores que os sistemas convencionais, já que trabalha com pouca ou nenhuma renovação de água, através da assimilação dos compostos nitrogenados pela biomassa microbiana formada no próprio ambiente de cultivo (Crab, 2012).

Segundo Avnimelech (2015), esse sistema alcança maiores índices de produtividade em relação aos convencionais, já que permite trabalhar de forma intensiva, com alta densidade de estocagem, desde que haja o uso de aeração constante e mantida a correta relação C:N. Contudo, poucos são os trabalhos que comparam o crescimento de tilápia do Nilo linhagem cinza com tilápia vermelha, principalmente em condição de águas salobras em condição de bioflocos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e sobrevivência de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*) em sistemas de bioflocos, sob diferentes densidades de estocagem em água salobra.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura (LAQ), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), campus CERES, em Laguna-SC, durante 42 dias.

Os alevinos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) linhagem GIFT e tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*), masculinizados (por meio de indução hormonal), foram obtidos em uma piscicultura comercial da região, sendo utilizados 192 alevinos ($3,06 \pm 0,2g$) que foram estocados em 16 tanques retangulares com capacidade de 26L e volume útil de 19L, instaladas dentro do laboratório (*indoor*) em um sistema do tipo *macrocosmo-microcosmo* (Emerenciano *et al.*, 2007).

O experimento teve um delineamento fatorial (linhagem x densidade), sendo que os tratamentos constituíram-se de cultivos com tilápia do Nilo (cinza) e vermelha na densidade de 400 e 800 peixes/m³ (denominados tratamentos C400, C800, V400 e V800, respectivamente), totalizando quatro tratamentos, com quatro repetições cada. Os animais foram alimentados três vezes ao dia (08:00, 13:00 e 18:00 h) até a saciedade, com fornecimento de ração comercial de 1 mm (10% umidade, 45% proteína bruta, 8% extrato etéreo, 17% matéria mineral, 2,8% fibras, 800 mg/kg de vitamina C e mananoligosacarídeos como imunostimulante). A água do macrocosmo era bombeada para as unidades experimentais (microcosmos), com o retorno por gravidade. O objetivo foi de manter a mesma qualidade de água e o mesmo perfil quali-quantitativo de microrganismos em todas as unidades experimentais, evitando que estes fatores interferissem nos tratamentos. As unidades experimentais (microcosmos) contavam com aeração individual através de pedra porosa e taxa de recirculação de água de 3,96 L h⁻¹ (500% dia⁻¹). A salinidade do sistema foi ajustada em 8‰, a temperatura em 28°C (três aquecedores Atman®BT-300 de 300W) e fotoperíodo natural.

No macrocosmo (caixa circular de 1000L com 800L de volume útil) foram povoados 30 juvenis de *O. niloticus* com $120,2 \pm 16,30$ g de peso médio. Diariamente era realizado o manejo neste tanque visando o crescimento e manutenção da comunidade microbiana, para isso era adicionado melão em pó (fonte de carbono) e ração comercial (22% de PB), buscando manter a relação carbono-nitrogênio (C:N) em 20:1 (Avnimelech, 2015). Foi inoculado 10% do volume total do sistema (120 L) de uma água de bioflocos já maduro existente no LAQ-UDESC, com as seguintes características 0,11 mg L⁻¹ de TAN; 0,4 mg L⁻¹ de NO₂⁻-N; 0,72 mg L⁻¹ de NO₃⁻-N; 3 mg L⁻¹ de PO₄³⁻; 48 mg L⁻¹ de alcalinidade e 21 mL L⁻¹ de sólidos sedimentáveis.

Os animais foram pesados individualmente no início do experimento (balança digital BEL® Engineering, Piracicaba, SP, Brasil) e posteriormente eram realizadas biometrias quinzenais de todos os animais. Ao final do experimento os parâmetros zootécnicos avaliados incluíram peso final (g), taxa de sobrevivência (número de animais vivos ao final do experimento/total de animais x 100), biomassa final (peso final x número total de sobreviventes), produtividade (kg/m³), conversão alimentar aparente (alimento fornecido/ganho em peso) e taxa de crescimento específico ($[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tempo de cultivo}] \times 100$). Todos os procedimentos realizados no presente estudo estiveram em concordância com o Comitê de Ética em Experimentação Animal da UDESC (Protocolo 1.45.14).

Tabela I. Valores médios, desvio padrão (DP), valores máximos e mínimos dos parâmetros de qualidade de água durante o cultivo de alevinos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tilápia vermelha em sistema de bioflocos durante 42 dias (Mean values, standard deviation (DV), maximum and minimum values of water quality parameters during cultivation of Nile tilapia (*O. niloticus*) fingerlings and red tilapia in bioflocos system for 42 days).

Parâmetros	Tilápia do Nilo												Tilápia vermelha					
	C800				C400				V800				V400				Macrocosmo	
	Média	DP	Máx.	Mín.	Média	Mín.	Máx.	DP	Média	Mín.	Máx.	DP	Média	Mín.	Máx.	DP	Máx.	Mín.
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	6,20	0,45	6,90	4,22	6,29	7,09	4,96	6,18	6,20	6,87	4,26	6,20	6,20	6,94	0,39	6,51	4,83	5,54
Temperatura (°C)	27,86	1,18	29,80	24,90	27,96	29,80	25,00	27,92	28,00	29,60	25,02	28,00	28,00	29,80	1,08	28,17	25,02	25,90
Salinidade	8,50	1,79	10,00	5,00	8,39	10,00	5,00	8,33	8,32	10,00	5,00	8,32	8,32	10,00	1,84	8,64	5,00	5,00
pH	7,21	0,31	8,04	6,50	7,21	8,05	6,54	7,21	7,19	8,03	6,56	7,19	7,21	8,06	0,35	7,21	6,07	6,56
Volume do floco (ml.L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,6	12,3	0,2
Amônia total (mg.L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72	0,69	0,11
Nitrito (mg.L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,11	0,01
Nitrato (mg.L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84	0,51	0,09
Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,97	13,23	3,00
Alcalinidade (mg.L ⁻¹ de CaCO ₃)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,50	14,87	20,00

Os parâmetros de qualidade de água como oxigênio dissolvido, temperatura, pH e salinidade foram monitorados diariamente em cada tratamento. Amônia (TAN), nitrito-N(NO₂⁻-N), nitrato-N (NO₃⁻-N), ortofosfato (PO₄³⁻) e alcalinidade total (CaCO₃) foram analisados duas vezes por semana no macrocosmo. As concentrações dos compostos nitrogenados e ortofosfato foram medidas utilizando fotocolorímetro (ALFAKIT modelo AT 100P, Florianópolis - SC, Brasil). A Alcalinidade total foi determinada por titulação volumétrica, utilizando kit comercial (ALFATIK - 2058 e 2460). Os sólidos sedimentáveis (volume de bioflocos em suspensão) foram medidos diariamente utilizando um cone Imhoff de 1000 mL, por meio de sedimentação de um litro de amostra de água durante 20 min, de acordo com metodologia descrita por Eaton *et al.* (1995) e adaptada por Avnimelech (2015). Junto ao macrocosmo, foi acoplado um sedimentador (70L) visando o controle dos sólidos no sistema (Ray *et al.*, 2010), não deixando que este ultrapassasse de 30 mL L⁻¹.

Ao final do experimento a biomassa de bioflocos do macrocosmo foi coletada (aprox. 100g de amostra fresca; malha de 80µm) para avaliação da composição bromatológica (Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - LabNutri, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC). Foram realizadas análises bromatológicas dos seguintes itens: umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas, sendo as análises realizadas segundo AOAC (1999). As mesmas foram realizadas em triplicata, com exceção das análises de proteína bruta e extrato etéreo, realizadas em duplicata.

Com o objetivo de caracterizar a composição da comunidade planctônica presentes no sistema BFT, ao longo das seis semanas de experimento, foram coletadas amostras de água e do inóculo inicial de bioflocos. As coletas foram realizadas uma vez por semana, sendo coletadas três amostras de 50 mL de água do macrocosmo, totalizando 21 amostras. Estas foram formalizadas e coradas com Rosa de Bengala para posterior contagem e identificação dos organismos presentes. A contagem e identificação dos invertebrados foi realizada em placas de Petri reticuladas, sob lupa estereoscópica (Ultralyt® LBP2-4). Já para os organismos menores foram feitas duas sub-amostras homogeneizadas, de 1 mL cada. Essas amostras foram triadas utilizando-se todos os campos da Câmara de Sedgewick-Rafter em microscópio óptico (20x), (Azim and Little, 2008;

Emerenciano, 2013). Os organismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível utilizando-se bibliografias específicas (Barnes, 1990).

Os dados zootécnicos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e quanto à homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene (Sokal e Rohlf, 1995) e posteriormente analisados por ANOVA duas vias. Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Tukey (Sokal e Rohlf, 1995). Os dados expressos em porcentagens foram transformados (arco-seno). Todos os dados foram analisados com 95% de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela I** é apresentada a estatística descritiva dos parâmetros de qualidade de água. Os valores de temperatura, salinidade, OD e pH foram semelhantes entre os tratamentos e com o macrocosmo durante todo o experimento, mantendo-se estáveis e dentro dos níveis aceitáveis para a espécie (El-Sayed 2006). Estes valores também foram semelhante a outros estudos com tilápias em BFT como observado por Azim e Little (2008) com *O. niloticus* e Widanarni *et al.* (2012) com linhagem Red Florida.

Na aquicultura, os sistemas onde não há troca de água podem ter como resultado um aumento da concentração de alguns compostos, como nitrogenados e fosfatos (Colt, 2006). No presente estudo observa-se esse efeito, com um aumento nos níveis de nitrato e ortofosfato (**figura 1**). O mesmo foi observado por Emerenciano *et al.* (2007) no cultivo do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) em meio aos bioflocos.

As concentrações de amônia também tiveram um aumento ao longo do experimento, porém, em estudos sobre a toxicidade aguda da amônia (NH₃) em alevinos de *O. niloticus*, Karasu Benli (2005) constatou que concentrações de 7,40±0,01 mg L⁻¹ em pH 8,0 pode causar a mortalidade de 50% dos animais em 48 ho-

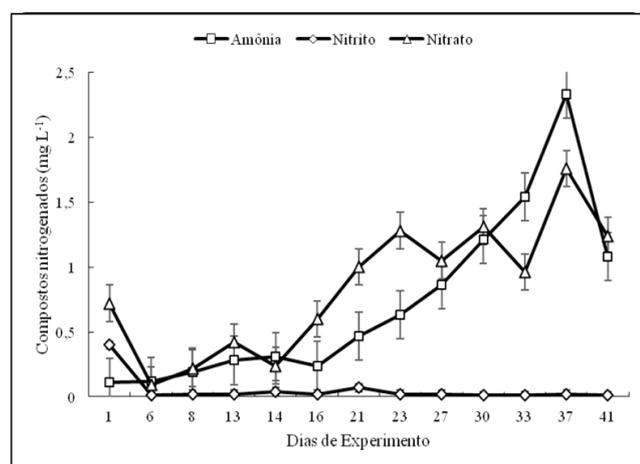


Figura 1. Flutuações de amônia total, nitrito e nitrato no cultivo de tilápias (Nilo e vermelha) em sistema de bioflocos sob diferentes densidades de estocagem (400 e 800 peixes m⁻³) (Fluctuations of total ammonia, nitrite and nitrate in tilapia culture (Nile and red) in biofloc system under different stocking densities (400 and 800 fish m⁻³)).

ras. No entanto, no presente experimento os valores ficaram abaixo da concentração considerada letal para a espécie. Os valores de alcalinidade foram considerados baixos para cultivo em bioflocos (~ 42 mg·L⁻¹ CaCO₃), devendo ser superior a 100 mg·L⁻¹ para não prejudicar os processos de nitrificação e sequestro da amônia pelas bactérias heterotróficas (Avnimelech *et al.*, 2015). Ebeling *et al.* (2006) afirmam que o consumo da alcalinidade para transformar 1 g de N-amoniaco pelas bactérias heterotróficas e nitrificantes é de 3,57 e 7,07 g, respectivamente, tornando o monitoramento da alcalinidade essencial para a manutenção do sistema.

Em relação aos sólidos sedimentáveis (volume de bioflocos), seu desenvolvimento durante o período experimental é apresentado na **figura 2**. Este parâmetro apresentou na última semana um pico de 38 mL L⁻¹, onde foi necessário ligar o sistema de decantação, haja visto que o recomendado por Avnimelech (2007) é que o volume de sólidos sedimentáveis para o cultivo de tilápias em bioflocos mantenha-se entre 20 e 30 mL L⁻¹.

Os resultados de desempenho zootécnico são apresentados na **tabela II** e demonstram que o desempenho da tilápia do Nilo (cinza) foi superior a vermelha, cujos tratamentos C400 e C800 obtiveram maior peso final e biomassa final. A TCE também foi maior para a linhagem de tilápia do Nilo em ambas as densidades, 4,46±0,06 em C400 e 4,51±0,10 em C800. Contudo, os valores encontrados para a tilápia vermelha (4,25±0,05 – V400 e 4,01±0,06 – V800) foram ainda superiores a aqueles encontrados por Wambach (2013), cuja maior taxa 3,74±0,05% foi na densidade de 500 peixes/m³, para tilápia do Nilo em bioflocos sob água doce e superiores aos valores de Watanabe *et al.* (1990) trabalhando com juvenis de tilápia vermelha (~9 g de peso médio) em tanques-rede no mar, nas densidade de 100, 200, e 300 peixes/m³, cuja média foi de 3,54%.

Em trabalhos de Watanabe (1993), com juvenis de tilápia vermelha linhagem Red Flórida, em água clara sob diferentes temperaturas (22, 27 e 32°C) e salinidades (0 e 18 ppt), observou-se que um aumento da tem-

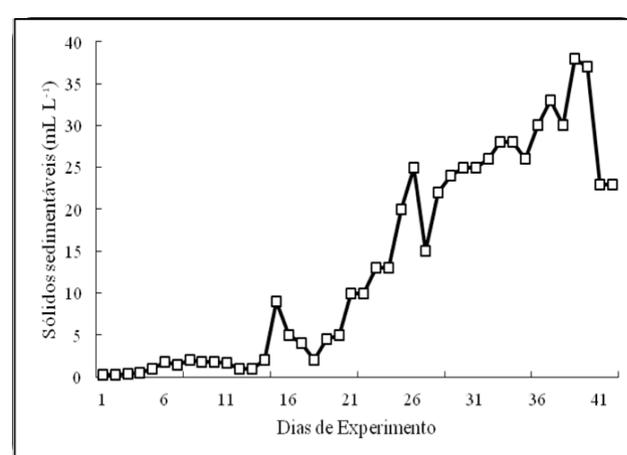


Figura 2. Flutuações de sólidos sedimentáveis (bioflocos) analisados no macrocosmo durante o período experimental (Fluctuations of settling solids (bioflocs) analyzed in the macrocosm during the trial period).

Tabela II. Desempenho zootécnico de tilápias cinza e vermelha cultivadas em sistemas de bioflocos sob diferentes densidades de estocagem (400 e 800 peixes.m⁻³) durante 42 dias (Zootechnical performance of Nile tilapia and red tilapia raised in biofloc system under different stocking densities (400 and 800 fish.m⁻³) during 42 days).

Variável	Tilápia do Nilo		Tilápia vermelha		Linhagem	Densidade	L x D
	800/m ³	400/m ³	800/m ³	400/m ³			
Peso final (g)	19,53±0,63 ^a	19,22±0,45 ^a	15,89±0,53 ^b	17,63±0,55 ^b	***	NS	NS
Sobrevivência (%)	72,9±7,3	87,5±6,3	82,8±2,7	90,6±4,7	NS	NS	NS
Biomassa final (g/caixa)	228,92±24,76 ^a	123,52±8,43 ^b	209,37±1,33 ^a	127,54±7,09 ^b	NS	***	NS
Produtividade (kg/m ²)	1,76±0,19 ^a	0,95±0,06 ^b	1,61±0,01 ^a	0,98±0,05 ^b	NS	***	NS
Conversão alimentar aparente	1,21±0,13	1,29±0,05	1,12±0,03	1,14±0,05	NS	NS	NS
TCE (%/dia)	4,51±0,10 ^a	4,46±0,08 ^a	4,01±0,06 ^b	4,25±0,05 ^b	***	NS	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (*p<0,05, **p<0,01 e ***p<0,001).

peratura resultou em um melhor desempenho zootécnico em todas as salinidades. Porém, na salinidade de 18ppt a 32°C foi onde obtiveram o melhor peso final e TCE (5,95±0,083%). Com isso, o menor crescimento da linhagem vermelha em relação a tilápia do Nilo pode ser atribuído a salinidade. Sugere-se novo experimento com salinidades maiores para as densidades testadas da linhagem vermelha.

Os valores de sobrevivência indicam que não houve diferença significativa entre linhagens e com o aumento da densidade. O oposto foi encontrado por Wambach (2013), testando alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos cuja sobrevivência foi inversamente proporcional as densidades utilizadas, onde na maior densidade (500 peixes/m³) obteve-se o menor percentual de sobrevivência (33,14%). O autor detectou picos elevados de compostos nitrogenados no início do experimento, atribuindo as mortalidade a má qualidade da água. Para tilápia vermelha (*Oreochromis* sp.), Widanarni *et al.* (2012), avaliando alevinos em diferentes densidades (25, 50 e 100 peixes/m³) em sistema de bioflocos, observaram também uma diminuição da sobrevivência conforme houve o aumento das densidades de estocagem. Adicionalmente Kubitzka (2011), avaliando juvenis de 7 g de peso inicial, com densidade de estocagem de ~420 peixes/m³, obteve sobrevivências de ~99%. Luo *et al.* (2014), testando juvenis da linhagem GIFT, obtiveram conversão alimentar no sistema de bioflocos de 1,20. Kubitzka (2011) trabalhando com densidade de ~420 peixes/m³ obteve conversão alimentar de 1,25 com ração 44% PB. Esses resultados corroboram com o presente estudo, cuja conversão alimentar aparente média foi de 1,20 independente da linhagem e densidade utilizada. São escassos na literatura estudos que compararam diferentes linhagens de tilápias ao mesmo tempo, com mesmo peso inicial e em diferentes densidades de estocagem. Somados a estes, existe uma necessidade emergente de mais informações sobre esta espécie em condição de cultivo BFT.

Em sistema BFT, a composição centesimal do biofoco pode variar de acordo com a espécie produzida, seus hábitos alimentares, a presença de microrganismos específicos, as condições e o tempo de cultivo (Avnimelech, 2007). A porcentagem de cinzas encontrada (11%) esteve dentro do que Craig e Helfrich (2009) tem sugerido para a alimentação de peixes, valores

inferior a 13%. Jauncey (2000) quanto às exigências relacionadas aos níveis de proteína bruta, sugere valores entre 25-30% e 6-8% de lipídios em dietas de tilápia. No presente estudo, a composição centesimal do biofoco destes dois parâmetros resultou em valores mais baixos que o recomendado para a espécie, tanto em níveis de proteína bruta como extrato etéreo, sendo 22,17% e 1,22% respectivamente. Baixo teor de lipídeo também foi encontrado por Luo *et al.* (2014), 1,27±0,61%. Apesar disso, o desempenho zootécnico das tilápias de ambas as linhagens parece não ter sido afetado significativamente, haja visto que o bioflocos deve ser considerado um suplemento alimentar de proteína, lipídeos, vitaminas e minerais (Emerenciano *et al.*, 2013), e o alimento principal deve ser fornecido via arraçoamento. Como já observado por Ekasari *et al.* (2014), as tilápias podem alimentar-se de todos os flocos presentes no ambiente, independente do tamanho. Ressaltando a importância de bioflocos com valores nutricionais expressivos afim de diminuir as conversões alimentares, dependendo da quantidade e qualidade da microbiana dos flocos

Em relação ao perfil da comunidade planctônica, ao longo do período experimental foram encontrados um total de 8 táxons, e a variação temporal dos quatro táxons mais frequentes estão ilustradas na **figura 3**. Os resultados indicam uma variação na densidade ao longo do tempo. A variação temporal da densidade e diversidade dos microrganismos pode estar relacionado a vários fatores como fonte de carbono utilizada, consumo pelos peixes, intensidade luminosa, predação e/ou competição do substrato com as bactérias e outros organismos (Emerenciano *et al.*, 2013).

As baixas abundâncias de microrganismos na primeira e segunda semana pode estar relacionado ao processo inicial de formação dos bioflocos, a diluição do inóculo no dispositivo experimental, fatores ecológicos e fatores físico-químicos da água. Essa baixa concentração, e posterior aumento nas populações microbianas, pode ser observada também na concentração do volume de sólidos sedimentáveis.

Os rotíferos e ostracodas foram os invertebrados mais abundantes, sendo na quinta semana o período de maior densidade com 600 ind. mL⁻¹ e 75 ind. mL⁻¹, respectivamente, seguida de uma diminuição da densidade. Rotíferos são frequentemente associados ao

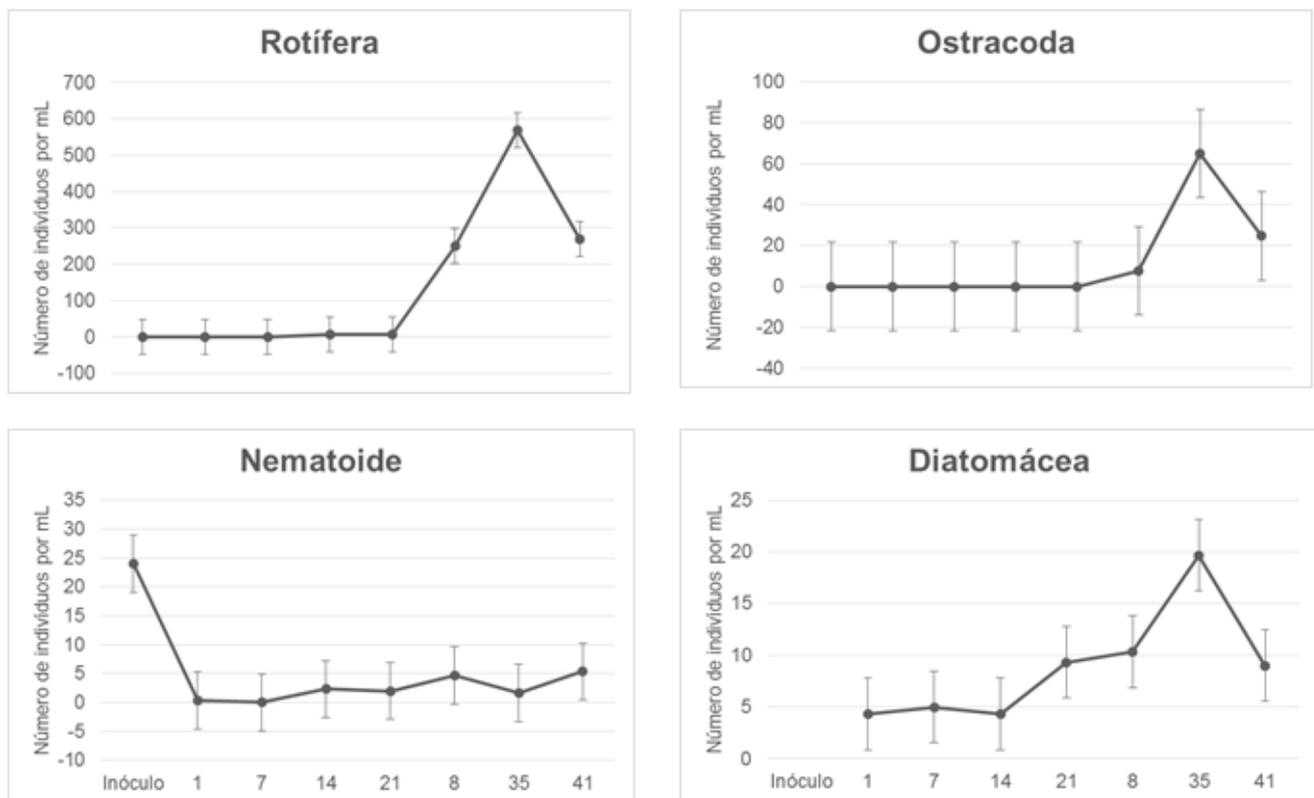


Figura 3. Média de indivíduos por mL (médias \pm erro padrão) dos quatro grupos de invertebrados mais frequentes do sistema de bioflocos ao longo do experimento (7 semanas) (Number of individuals per mL (Mean \pm SE) of the four most common invertebrates groups in biofloc system throughout the trial (7 weeks)).

bioflocos, sendo responsáveis pela fragmentação dos flocos e consumo das bactérias aderidas (Loureiro *et al.*, 2012). Além disso a produção de muco dos processos de excreção também contribui para a formação de novos bioflóculos (Pérez, 2010). A análise qualitativa e quantitativa dos invertebrados de sistemas de bioflocos evidenciaram que ciliados e rotíferos estão presentes na fase intermediária dos estágios de maturação do bioflocos, indicando que provavelmente essa variação seria devido ao ajuste da relação presa predador (Loureiro *et al.*, 2012).

No caso das microalgas, comumente as clorófitas são mais abundantes do que as diatomáceas em sistemas de bioflocos (Ray *et al.*, 2010). Ao contrário, nossos resultados mostraram o predomínio das diatomáceas durante todo experimento. Por outro lado, Monroy-Dosta *et al.* (2013) evidenciaram as clorófitas como sendo as microalgas mais abundantes apenas na fase de colonização do bioflocos, seguidas da predominância de diatomáceas e cianobactérias. Essas diferenças podem ser devido a qualidade e quantidade de nutrientes no meio e ao consumo seletivo por ciliados e rotíferos que naturalmente controlam as populações de microalgas (Kuang *et al.*, 2004).

Os nematoides foram mais abundantes no inóculo e foram decrescendo ao longo do experimento, o que sugere uma predação e/ou diluição no meio. Monroy-Dosta *et al.* (2013) observaram o decréscimo de nematoides em todas as fases do cultivo de tilápias sugerindo também a predação. Biedenbach *et al.* (1989) realizou análises bioquímicas em nematoides

mostrando altos níveis de proteínas, gorduras e carboidratos, evidenciando os nematoides como um importante item nutricional na aquicultura. Entretanto, estes valores são fortemente dependentes das condições ambientais dos cultivos.

Segundo Monroy-Dosta *et al.* (2013), a baixa densidade de ciliados pode estar relacionado diversos fatores entre eles a disponibilidade de nutrientes, salinidade e ao tempo de cultivo. Ainda, estes autores em experimento com cultivo de tilápias em água doce durante 14 semanas, observaram valores de 10 a 102 ind.mL⁻¹. Resultados estes, superiores a média de 3 ind. mL⁻¹, observada no presente estudo.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento da tilápia do Nilo (*O. niloticus*) linhagem GIFT, foi superior a linhagem vermelha em ambas as densidades. Adicionalmente, nas condições de cultivo do presente trabalho conclui-se que a densidade de 800 peixes/m³ não prejudicou o desempenho zootécnico. Contudo, outros estudos devem ser conduzidos para reavaliar o crescimento da linhagem vermelha em salinidade superior a testada. Os resultados preliminares do perfil microbiano desse estudo ressaltam a importância do acompanhamento da variação temporal da comunidade microbiana nos processos de desenvolvimento do bioflocos e suas possíveis relações com as taxas de crescimento dos peixes no sistema.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina pelo suporte financeiro (PAP-FAPESC 2013TR3406 e 2013TR3406). Agradecemos também a João Costa Filho pelo apoio técnico no processamento dos dados, a Piscicultura Panamá pelo fornecimento do material biológico, além de toda a equipe LAQ/UEDESC.

BIBLIOGRAFIA

- Azim, M.E. and Little, D.C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283: 29-35.
- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- Avnimelech, Y. 2015. Biofloc technology - a practical guide book. 3rd ed. The World Aquaculture Society. Baton Rouge. Louisiana, EU. 258 pp.
- AOAC International. 1999. Official methods of analysis. 16th ed. Washington.
- Barnes, R.D. 1990. Zoologia dos invertebrados. 4^o ed. Roca Editorial. São Paulo. 1179 pp.
- Biedenbach, J.M.; Smith, L.L.; Thomsen T.K. and Lawrence, A. 1989. Use of the Nematode *Panagrellus redivivus* as na *Artemia* replacement in a larval penaeid diet. *J World Aquaculture Soc*, 20: 61-67.
- Clark, J.H.; Watanabe, W.O. and Ernst, D.H. 1990. Effect of feeding rate on growth and feed conversion of Florida red tilapia reared in floating marine cages. *J World Aquaculture Soc*, 21: 16-24.
- Crab, R.; Defoirdt, T.; Boisser, P. and Verstraete, W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356-357: 351-356.
- Craig S. and Helfrich, L.A. 2009. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. College of Agriculture and Life Sciences. Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia.
- Colt, J. 2006. Water quality requirements for reuse systems. *Aquacult Eng*, 34: 143-156.
- Eaton, A.D.; Cleserci, L.S. and Greenberg, A.E. 1995. Standard methods for the examination of water and waste water. 10th ed. Amer. Pub. Health Assoc. Washington, D.C.
- Ebeling, M.J.; Timmons, M.B. and Bisogni, J.J. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- Ekasari, J. 2014. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426-427: 105-111.
- El-Sayed, E.M. 2006. Tilapia culture. CABI publishing. Cambridge. Massachusetts, USA. 275 pp.
- Emerenciano, M.G.C.; Wasielesky, W.; Soares, R.B.; Ballester, E.C.; Izeppi, E.M. e Cavalli, R.O. 2007. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Sci Biol Sci*, 29: 1-7.
- Emerenciano, M.; Cuzon, G.; Paredes, A. and Gaxiola, G. 2013. Evaluation of biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth performance, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc. *Aquaculture Int*, 21: 1381-1394.
- Fitzsimmons, K. 2000. Tilapia: the most important aquaculture species of the 21 century. In: Fitzsimmons, K.; Carvalho Filho, J. (Eds.). Proceedings from the fifth international Symposium on Tilapia Aquaculture. *Panorama da Aquicultura Magazine*. Rio de Janeiro. pp. 3-8.
- Hengsawatt, K.; Ward, F.J. and Jaruratjamorn, P. 1997. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) cultured in cages. *Aquaculture*, 152: 67-76.
- IBGE. 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Pecuária Municipal, 2015. Rio de Janeiro – RJ. v. 43. 49 pp. http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf (11/10/ 2016).
- Jauncey, K. 2000. Nutritional requirements. In: Beveridge, M.C.M. and McAndrew, B.J. (Eds.). *Tilapias: Biology and exploitation*. Kluwer Academic Publishing. Great Britain. pp. 327-375.
- Karasu benli, A.C. and Köksal, G. 2005. The acute toxicity of ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae and fingerlings. *Turkish J Vet Anim Sci*, 29: 339-344.
- Kuang, Q; Bi, Y; Xia, Y; Hu, Z. 2004. Phytoplankton community and algal growth potential in Taipinghu reservoir, Anhui Province, China. *Lakes Reserv Res Manage*, 9: 119-124.
- Kubitza, F. 2011. Criação de tilápias em sistemas de bioflocos sem renovação de água. *Panorama da Aquicultura*, 21: 14-23.
- Kubitza, F. 2005. Tilápia em água salobra e salgada: uma boa alternativa de cultivo para estuários e viveiros litorâneos. *Panorama da Aquicultura*, 15: 14-18.
- Loureiro, K.C.; Wilson, W.J. e Abreu, P.C. 2012. Utilização de protozoários, rotíferos e nematódeos como alimento vivo para camarões cultivados no sistema BFT. *Atlântica, Rio Grande*, 34: 5-12.
- Luo, G.; Gao, Q.; Wanga, C.; Liva, W.; Sun, D.; Li, L. and Tana, H. 2014. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422: 1-7.
- Monroy-Dosta, M.; Lara-Andrade, R.; Castro-Mejía, J.; Castro-Mejía, G. y Emerenciano, M.G.C. 2013. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48: 511-520.
- Pérez, A.J.D. 2010. Aplicación y evaluación de un reactor de contactores biológicos rotativos (RBC o biodiscos), a escala de laboratorio como tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la Pradera. Tesis de Maestría Ingeniería Urbana. Facultad de Ingenierías. Universidad de Medellín. Medellín. 259 pp.
- Ray A.J.; Lewis, B.L.; Browdy, C.L. and Leffler, J.W. 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, super-intensive culture systems. *Aquaculture*, 299: 89-98.
- Sokal, R. and Rohlf, J. 1995. Biometry, the principles and practice of statistics in biological research. WH Freeman. New York. 3 ed. 887 pp.
- Wambach, X.F. 2013. Influência de diferentes densidades de estocagem no desempenho produtivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758), cultivada com tecnologia de bioflocos. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura. Recife. 78f.
- Watanabe, W.O.; Clark, J.H.; Dunham, J.B.; Wicklund, R.I. and Olla, B.L. 1990. Culture of Florida red tilapia in marine cages: The effect of stocking density and dietary protein on growth. *Aquaculture*, 90: 123-134.
- Watanabe, W.O.; Ernst, D.H.; Chasar M.P.; Wicklund, R.I. and Olla, B.L. 1993. The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile, sex-reversed male Florida red tilapia cultured in a recirculating system. *Aquaculture*, 112: 309-320.
- Widanarni; Ekasari, J. and Maryam, S. 2012. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at different stocking densities. *Hayati J Biosci*, 19: 73-80.