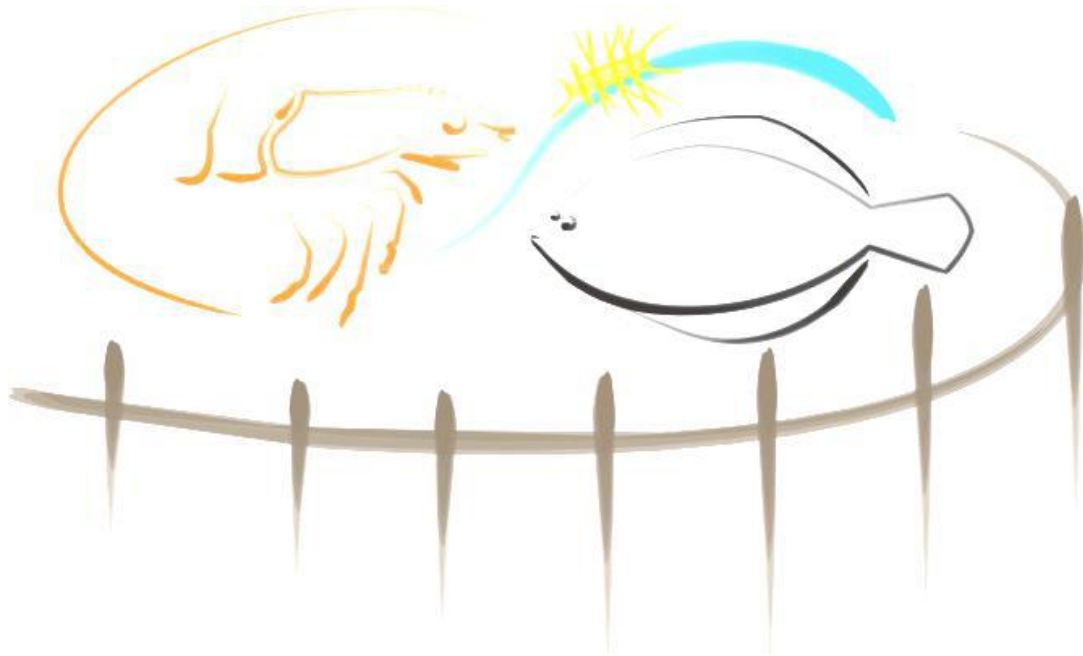


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CRIAÇÃO DE
JUVENIS DE TAINHAS *Mugil cf. hospes* e *Mugil liza*
EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

ANDRÉA FERRETTO DA ROCHA

FURG

Rio Grande, RS

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CRIAÇÃO DE
JUVENIS DE TAINHAS *Mugil cf. hospes* e *Mugil liza*
EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

ANDRÉA FERRETTO DA ROCHA

Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Doutor em Aquicultura no Programa
de Pós-Graduação em Aquicultura da
Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Borges Tesser

Co-orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Rio Grande, RS, Brasil

Janeiro-2012

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVOS.....	12
LITERATURA CITADA.....	12
CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE BIOFLOCOS NA CRIAÇÃO DE JUVENIS DE TAINHA <i>Mugil cf. hospes</i> SEM RENOVAÇÃO DE ÁGUA	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
INTRODUÇÃO.....	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO.....	32
AGRADECIMENTOS.....	36
LITERATURA CITADA.....	36
CAPÍTULO 2. AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS ARTIFICIAIS E BIOFLOCOS NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TAINHAS <i>Mugil liza</i>	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	51
INTRODUÇÃO.....	52

MATERIAL E MÉTODOS.....	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
CONCLUSÕES.....	62
AGRADECIMENTOS.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
CAPÍTULO 3. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CARBONO ORGÂNICO NA QUALIDADE DA ÁGUA E NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TAINHAS <i>Mugil liza</i> CRIADAS EM SISTEMA COM MÍNIMA RENOVAÇÃO	73
RESUMO.....	73
ABSTRACT.....	74
INTRODUÇÃO.....	76
MATERIAL E MÉTODOS.....	79
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
CONCLUSÃO.....	88
AGRADECIMENTOS.....	89
LITERATURA CITADA.....	89
CONCLUSÃO FINAL.....	103

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos, Victor e Valentina! Amores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao prof. Dr. Marcelo Borges Tesser, pela orientação, colaboração e compreensão durante o doutorado.

Ao prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr. pela co-orientação durante o período do doutorado, colaborando sempre para a execução dos trabalhos.

Ao prof. Dr. Paulo César Abreu, pelas contribuições nos trabalhos realizados durante o doutorado.

Aos professores membros da banca Luís André Sampaio, Eduardo Ballester e Luís Poersch, pela disponibilidade e contribuições.

A CAPES, pelo apoio financeiro durante o curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura – FURG, pelas orientações e amizades.

Também agradeço aos funcionários, ex-funcionários, estagiários, colegas e amigos da Estação Marinha de Aquicultura pelos momentos de colaboração, produção e amizade compartilhados.

Aos amigos próximos, aos mais próximos, e também aos distantes, pela presença eterna no coração.

Às minhas amigas-irmãs, pelo carinho e pela força sempre.

Ao Dariano, pelo apoio, amizade, e pelo companheirismo em mais esta etapa.

À minha mãe, parte de mim, agradeço por tudo.

À DEUS eu agradeço por tudo e mais um pouco.

Muito obrigada!

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a possibilidade de manutenção de juvenis de tainhas em sistema com bioflocos, três experimentos foram desenvolvidos na Estação Marinha de Aquacultura da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, utilizando juvenis de *Mugil cf. hospes* e *Mugil liza*. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em cada tratamento e os resultados foram submetidos às análises de variância ANOVA uma-via e Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$), considerando-se as premissas de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade (Cochran C) dos dados. Quando detectada diferença significativa entre os tratamentos após ANOVA, o teste de Tukey foi aplicado para comparação das médias. O primeiro estudo foi realizado para verificar a possibilidade de manter bioflocos na criação de juvenis de *Mugil cf. hospes* (peso médio inicial de $4,55 \pm 0,15$ g). Foram avaliados três tratamentos: tainhas com inoculo de bioflocos (T), tainhas com bioflocos provenientes da criação de camarões *Litopenaeus vannamei* (TFC) e sem animais (SEM). Todos os tratamentos receberam ração comercial (44% PB). Após 21 dias a concentração final de sólidos suspensos totais não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos TFC ($785,33 \pm 269,05$ mg L⁻¹), T ($310,67 \pm 126,0$ mg L⁻¹) e SEM ($298,67 \pm 30,28$ mg L⁻¹), enquanto que o volume final de bioflocos de TFC ($76,66 \pm 5,77$ mL L⁻¹) foi maior ($P<0,05$) do que SEM ($3,1 \pm 2,48$ mL L⁻¹) e T ($18,66 \pm 5,50$ mL L⁻¹) foi similar a todos os tratamentos. Estes resultados demonstram que foi possível manter os bioflocos na criação de juvenis de tainhas *Mugil cf. hospes*, tornando possível sua criação neste tipo de sistema.

Com o objetivo de avaliar a importância da alimentação natural no desempenho em crescimento de juvenis de tainhas *Mugil liza* (peso médio inicial de $0,66 \pm 0,21$ g),

três diferentes sistemas de criação foram utilizados durante 30 dias, sendo um sistema realizado em água clara, um sistema que consistia de água contendo bioflocos e substrato artificial com perifíton, e um terceiro sistema realizado em água clara contendo substrato artificial com perifíton. Todos os tratamentos receberam ração comercial (42% PB), e os tratamentos com água clara tiveram renovações de água diariamente. A sobrevivência final dos juvenis foi superior a 90% em todos os tratamentos, sem diferença entre eles. O tratamento que utilizou perifíton e bioflocos conjuntamente resultou em maior crescimento em peso dos juvenis de tainhas e menor taxa de conversão alimentar aparente, em comparação aos demais tratamentos. Adicionalmente, este tratamento registrou menor concentração média de amônia total na água dos tanques de criação.

Um terceiro estudo teve por objetivo avaliar o efeito da adição de diferentes fontes de carbono orgânico sobre a qualidade de água e o desempenho zootécnico de juvenis de tainhas *Mugil liza* mantidas em sistema BFT. Com duração de 45 dias foram testados quatro tratamentos: dextrose, melação de cana-de-açúcar líquido, farelo de arroz e um tratamento em água clara foi utilizado como controle (três réplicas cada). 15 juvenis de *M. Liza* ($7,99 \pm 2,57$ g) em cada unidade experimental (160 L, salinidade $14,0 \pm 4,2$ e temperatura de $27,0 \pm 3,3$ °C). As tainhas foram alimentadas com ração comercial (55% PB) quatro vezes ao dia. Ao final do experimento os pesos dos juvenis de tainhas, ganho de peso e taxa de crescimento específico não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) entre os diferentes tratamentos. A sobrevivência foi superior a 90% em todos os tratamentos, sem diferença significativa entre eles. O maior volume médio de bioflocos foi registrado no tratamento farelo de arroz ($161,4 \pm 66,29$ ml L⁻¹), seguido de melação ($96,46 \pm 96,24$ ml L⁻¹), e o menor volume foi observado no tratamento dextrose ($52,54 \pm 57,29$ ml L⁻¹), todos significativamente diferentes entre si.

A concentração média de SST (mg L^{-1}) na água foi maior ($P < 0,05$) nos tratamentos com bioflocos do que em água clara ($492,05 \pm 456,83 \text{ mg L}^{-1}$), mas não diferiu entre os tratamentos dextrose, melão e farelo de arroz ($926,16 \pm 299,03$; $932,18 \pm 309,72$ e $809,31 \pm 217,77 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). O tratamento dextrose apresentou maior ($P < 0,05$) abundância de bactérias totais aderidas do que os tratamentos melão, farelo de arroz e água clara. A adição de uma fonte suplementar de carbono orgânico, melão ou farelo de arroz, se mostrou eficiente no desenvolvimento de bioflocos e controle dos níveis de amônia e nitrito da água, em comparação à utilização de dextrose e ao sistema de água clara.

ABSTRACT

With the purpose to evaluate the possibility of the culture of mullet in biofloc culture systems (BFT), three experiments were developed at Marine Station of Aquaculture, Federal University of Rio Grande, Rio Grande city, Rio Grande do Sul State, Brazil, using juveniles of *Mugil cf. hospes* and *Mugil liza*. The studies were conducted using randomized designs, three replicates per treatment and the results submitted to analysis of variance one-way ANOVA and Kruskal-Wallis ($\alpha = 0.05$), taking into consideration the assumptions of normality (Kolmogorov-Smirnov) and the homoscedasticity (Cochran C). Tukey's test was applied to compare the means when was detected significant differences among the treatments. The first study was conducted to verify the formation of bioflocs in the rearing of juveniles of *Mugil cf. hospes* ($4.55 \pm 0.15 \text{ g}$), using three treatments: (1) mullet with inoculum of bioflocs (T); (2) mullet with bioflocs from culture of the *Litopenaeus vannamei* (TFC); (3) without livestock (SEM). All treatments received a commercial feed (44% CP). After 21 days the final concentration of total suspended solids was higher in TFC treatment ($785.33 \pm 269.05 \text{ mg L}^{-1}$) compared to the treatment T ($310.67 \pm 126.0 \text{ mg L}^{-1}$) and SEM ($298.67 \pm 30.28 \text{ mg L}^{-1}$). The biofloc volume in the treatment TFC ($76.66 \pm 5.77 \text{ mL L}^{-1}$) was

higher ($P < 0.05$) than SEM ($3.1 \pm 2.48 \text{ mL L}^{-1}$) and T ($18.66 \pm 5.50 \text{ mL L}^{-1}$) were similar to remaining treatments. The results showed that there was formation of bioflocs in the culture of the mullet's juveniles.

With the aim to evaluate the importance of the natural food on growth performance of juveniles of mullets *Mugil liza* (initial weight $0.66 \pm 0.21 \text{ g}$), the second experiment using three different culture systems was conducted during 30 days: (1) system of clear water, (2) biofloc and periphyton, (3) clear water and periphyton. All treatments received a commercial feed (42% CP). The treatment biofloc and periphyton had a better influence in weight and length of the juveniles, as well as feed conversion rate, than other treatments. The parameters of water quality in biofloc and periphyton was more efficient, thru a significant decrease in ammonia. The survival was above 90% in all treatments, no significant difference between them.

A third study aimed at investigating the effect of addition in different organic carbon sources on the water quality parameters and production of juvenile mullet *Mugil liza* in Biofloc Technology Systems. In 45-days study four treatments were tested: dextrose, liquid molasses, rice meal a treatment in clear water was used as control (three replicates). Fifteen juveniles of *M. Liza* ($7.99 \pm 2.57 \text{ g}$) were stocked in each experimental units (160 L, salinity 14.0 ± 4.2 and temperature of $27.0 \pm 3.3 \text{ }^\circ \text{C}$). The mullet were fed with commercial feed (55% CP) four times per day. At the end of the trial mean final weight, weight gain and specific growth rate did not differ significantly ($P > 0.05$) among the different treatments. Survival was superior to 90% for all treatments, without significant difference. The largest volume of biofloc was recorded in the treatment rice meal ($161.4 \pm 66.29 \text{ ml L}^{-1}$), followed by molasses ($96.46 \pm 96.24 \text{ ml L}^{-1}$), the lower volume was observed in the treatment dextrose ($52.54 \pm 57.29 \text{ ml L}^{-1}$). The average concentration of TSS (mg L^{-1}) into the water was higher ($P < 0.05$) in

treatments with biofloc than in clear water ($492.05 \pm 456.83 \text{ mg L}^{-1}$), but did not differ among the treatments dextrose, molasses and rice meal (926.16 ± 299.03 , and 932.18 ± 309.72 $809.31 \pm 217.77 \text{ mg L}^{-1}$, respectively). Treatment dextrose showed higher ($P < 0.05$) abundance of total bacteria attached than treatments molasses, rice meal and clear water. The addition of an additional source of organic carbon from molasses or rice meal was efficient in the development of biofloc and control of ammonia and nitrite levels of water, compared to the use of dextrose and the system of clear water.

INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura está entre os setores de produção de alimento que cresceu mais rapidamente nas últimas décadas, com uma taxa média de crescimento anual de 6,6% até 2008, contribuindo com 46% do pescado consumido no mundo. No entanto, com base na expectativa do aumento do consumo per capita de pescado e na estagnação da produção por captura, a aquicultura deve ser a responsável por suprir a demanda de pescado nas próximas décadas (FAO 2010).

No contexto mundial, a produção de peixes marinhos ainda não é muito significativa, sendo responsável por 2,6% do total de pescado produzido em 2008, somando 1,8 milhões de toneladas, composta principalmente da criação de tainhas, linguados (*Psetta maxima*, *Paralichthys olivaceus*), seabream (*Sparus aurata*, *Pagrus auratus*), seabass (*Lates calcacifer*) e red drum (*Sciaenops ocellatus*) (FAO 2010). A produção de tainhas contribuiu com 235 mil toneladas da produção total, sendo *Mugil cephalus* a principal espécie (FAO 2011).

As tainhas são peixes que pertencem à família Mugilidae, apresentam ampla distribuição geográfica, encontradas em águas costeiras tropicais e subtropicais de todo o mundo (Menezes 1983) e estão entre as nove principais espécies de peixes capturados pela pesca extrativa no Brasil entre 2008 e 2009 (MPA 2009). São consideradas importante recurso pesqueiro no estuário da Lagoa dos Patos, RS, principalmente para pescadores artesanais (Reis & D'Incao 2000). Anteriormente três espécies eram relatadas na costa do Rio Grande do Sul, denominadas *Mugil gaimardianus*, *Mugil curema* e *Mugil platanus* (Vieira 1991), sendo que *M. platanus* recentemente foi renomeada *Mugil liza* (Menezes et al. 2010) e *M. gaimardianus* ainda está em avaliação taxonômica, sendo, no momento, denominada *Mugil cf. hospes* (Chao et al. 1982).

O principal país produtor de tainhas é o Egito, seguido da República da Korea e Taiwan, onde são criadas principalmente em viveiros, lagos e reservatórios (FAO 2011), em sistemas extensivos (Cafsi et al. 2003). A criação de tainhas com a utilização de tecnologias de reprodução e produção de juvenis em laboratório já é realizada nos Estados Unidos de forma comercial (Lee & Ostrowski, 2001). Porém, o fornecimento de larvas e juvenis oriundos de propagação artificial ainda é limitado, e não atende a demanda dos produtores (El-Sayed & El-Gobashi 2011), que precisam recorrer à captura de juvenis do ambiente (Ramírez et al. 2007).

No estado do Rio Grande do Sul, Brasil, de acordo com portaria do IBAMA N° 171, de 22 de dezembro de 1998 (D.O.U. de 23/12/98), é proibida a captura, o transporte e a comercialização de tainhas *Mugil platanus* com tamanho inferior a 35 cm de comprimento total, e a captura de indivíduos maiores só é permitida entre 15 de agosto a 15 de março, de acordo com instrução normativa do IBAMA, N° 171, de 09 de maio de 2008 (D.O.U. de 12/05/2008), devendo ser cumprido o período de defeso estipulado pelo órgão ambiental. Dessa forma se faz necessário a intensificação de pesquisas direcionadas à reprodução da espécie em laboratório.

A biologia reprodutiva da espécie já foi estudada (Vieira & Scalabrin 1991), assim como a caracterização do desenvolvimento gonadal (Esper et al. 2001) e a possibilidade de reproduzir *Mugil platanus* através de indução hormonal já foi reportada por Godinho et al. (1993), entretanto a utilização de técnicas de reprodução em cativeiro encarecem os custos de produção.

Os custos de produção de tainhas variam consideravelmente, dependendo do sistema de criação, área geográfica e o nível de tecnologia aplicada, mas o principal sistema utilizado é o de policultivo, extensivo a semi-intensivo, juntamente com carpas, tilápias e “milkfish”, frequentemente fazendo uso de adubação orgânica nos viveiros

para estimular a produtividade do alimento natural e reduzir os custos de produção, que podem oscilar entre US\$ 0,75 - 1,0 Kg⁻¹ (FAO 2011). No Brasil, o desenvolvimento de pesquisas para a criação de tainhas teve início na região Nordeste, onde viveiros adubados, abastecidos pela variação de maré eram utilizados com praticamente nenhum controle da qualidade da água, com ou sem adição de ração, e em alguns casos somente a produção natural dos viveiros servia como fonte de alimento às tainhas (Godinho et al. 1988).

As tainhas são consideradas peixes de consumo local, vendidas normalmente em feiras, com preço entre R\$4,50 e R\$6,50 o Kg. Esse valor é baixo quando comparado ao preço do linguado, cotado entre R\$6,0 e R\$12,0 o Kg, mas é superior ao preço da corvina, por exemplo, comercializada entre R\$2,50 a 4,50 o Kg, de acordo com a cotação da CEAGESP. Contudo, a possibilidade de comercializar peixes provenientes da aquacultura, principalmente se esta for realizada de forma sustentável, com apelo ambiental, pode tornar seu valor de mercado superior ao do pescado capturado do ambiente.

Ramírez et al. (2007) relatam que em muitos países as ovas das tainhas são comercializadas como produto principal, assim como produtos marinados de ovas, proteína de peixes isolada hidrolisada, filés defumados e surimi, demonstrando outras formas de processamento das tainhas, o que pode tornar a criação de tainhas economicamente interessante.

De um modo geral as tainhas podem ser consideradas peixes eurihalinos permitindo sua criação em águas de diferentes salinidades (Fonseca Neto & Spach 1999), são adaptadas ao clima tropical e subtropical, embora tenham o crescimento favorecido em temperatura de 30 °C (Okamoto et al. 2006). Estudos realizados com toxicidade aos compostos nitrogenados foram realizados com juvenis de *Mugil*

platanus, indicando que apresentam ampla tolerância a concentrações de amônia, nitrito (Miranda-Filho et al. 1995; Sampaio et al. 2002) e nitrato (Poersch et al. 2007).

Também foi verificado o potencial de criação de *M. platanus* em policultivo com camarões *Litopenaeus vannamei* (Costa et al. 2008), assim como em policultivo com linguado *Paralichthys orbignyanus* (Sampaio 2008). Esse sistema de criação é interessante do ponto de vista econômico, primeiro porque as densidades de estocagem recomendadas até o momento ainda são baixas para juvenis de tainhas (Scorvo Filho et al. 1995; Sampaio et al. 2001), e também porque tanto o camarão marinho como o linguado possuem alto valor de mercado, comercializados a R\$14,50 e R\$12,0 o Kg (camarão e linguado, respectivamente), segundo cotação da CEAGESP (2012).

A utilização de tainhas *Mugil cephalus* na aquicultura como espécie secundária foi reportada por Lupatsch et al. (2003). Neste estudo foi verificado que tainhas mantidas em tanques presos ao fundo logo abaixo dos tanques de criação de *Sparus aurata*, peixe de maior valor de mercado, obtiveram nutrição suficiente para o crescimento se alimentando exclusivamente do sedimento e resíduos oriundos dos tanques de *Sparus aurata*. Esse fato já havia sido mencionado por Katz et al. (2002), demonstrando que a presença de tainhas nos locais de criação comercial de peixes em tanques-rede melhora as condições do sedimento.

A criação de tainhas *Mugil platanus* em tanques-rede foi experimentada por Maçada et al. (2000), ocasião em que foi observado que os juvenis se alimentavam do perifíton aderido aos tanques. Estudos relacionados à alimentação das tainhas indicam que estas apresentam hábito alimentar herbívoro a detritívoro (Oliveira & Soares 1996), diversificando a preferência alimentar ao longo do desenvolvimento e de acordo com a disponibilidade de alimento no meio, normalmente se alimentando dos níveis tróficos mais baixos em ambiente natural (Benetti & Fagundes Netto 1991), consumindo

microalgas, zooplâncton e detritos (Oliveira & Soares, 1996), fatores que tornam a espécie apta a criações em sistemas que utilizem o alimento natural como fonte suplementar, possibilitando a redução dos custos de produção.

Adicionalmente, resultados já demonstraram a possibilidade da redução do teor de proteína bruta na dieta de *M. platanus* de 40 % (Ito & Barbosa 1997) para 34% (Carvalho et al. 2010), e é possível que a exigência protéica da dieta artificial seja reduzida com a utilização de alimento natural. De acordo com Galvão et al. (1997), o desenvolvimento estrutural e funcional do sistema digestório de *Mugil platanus* é lento, indicando a necessidade de alimento natural nas fases iniciais.

A possibilidade de criação de juvenis de tainhas em sistemas que disponibilizem a alimentação natural desponta como uma alternativa para otimizar sua produção em cativeiro, seja empregando a tecnologia dos bioflocos ou com a utilização de perifíton em substratos artificiais.

A tecnologia dos bioflocos (BFT- “bio flocc technology”), também definida por McNeil (2000) como sistema “zeah” (“zero exchange, aerobic, heterotrophic”), consiste em um manejo diferenciado do sistema de produção, onde os compostos nitrogenados presentes na água de criação são convertidos em biomassa bacteriana, ou bioflocos, a partir da incorporação destes nutrientes pelas bactérias heterotróficas do meio (Avnimelech 2007).

Os bioflocos podem ser definidos como as partículas na forma de material floculado, colonizados por bactérias heterotróficas aderidas, microalgas, flagelados, ciliados, rotíferos (Ballester et al. 2010), mantidos em suspensão na coluna d’água. Nos bioflocos ocorrem os processos microbianos autotróficos e heterotróficos que atuam durante todo o tempo sobre a qualidade da água (Hargreaves 2006).

A implantação do sistema de bioflocos ocorre a partir do favorecimento de uma alta relação entre carbono e nitrogênio na água, frequentemente utilizando rações com baixo nível de proteína bruta (Azim & Little 2008) e fazendo a adição de uma fonte suplementar de carbono orgânico na água (Samocha et al. 2007). Esse sistema é totalmente dependente de oxigênio, já que as bactérias heterotróficas são aeróbicas, e é necessário o revolvimento constante da água para que os bioflocos se mantenham em suspensão na coluna d'água. Esse processo tem como objetivo estimular o crescimento de bactérias heterotróficas que são capazes de sintetizar proteína a partir de carbono orgânico e nitrogênio inorgânico, realizando a ciclagem dos compostos nitrogenados no sistema e melhorando consequentemente a qualidade da água de criação (Avnimelech 1999).

Pesquisas anteriores à década de 90 já verificavam a contribuição da tecnologia dos bioflocos em viveiros de aquicultura, mas foi a partir desse período que esse manejo teve maior repercussão e diversos estudos foram então desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos, América Central e Israel, para o conhecimento e aprimoramento da atividade, tanto na criação de camarões (Chamberlain & Hopkins 1994; McIntosh 2000; Serfling 2000; Burford et al. 2003) como de peixes (Avnimelech 1999; Crab et al. 2007; Azim & Little 2008). Mais recentemente no Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul, pesquisas são desenvolvidas com espécies de camarões nativos, como o camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Ballester et al. 2010; Emerenciano et al. 2011a) e *F. brasiliensis* (Emerenciano et al. 2011b; Lopes et al. 2011), utilizando o sistema de bioflocos com mínima renovação de água, além de trabalhos realizados com ênfase na produção do camarão *Litopenaeus vannamei* (Wasiolesky et al. 2006; Krummenauer et al. 2011).

Contudo, para que se obtenham resultados ainda melhores com este tipo de sistema, a espécie a ser produzida deve utilizar eficientemente os bioflocos como fonte de alimento (McIntosh 2000).

O consumo de bioflocos por juvenis de tainhas *M. curema* e *M. cephalus* em laboratório já foi verificado (Larson & Shanks 1996). Com base em resultados que demonstram que os bioflocos podem alcançar níveis próximos a 30% de proteína bruta (Wasiolesky et al. 2006; Ballester et al. 2010; Emerenciano et al. 2011b), compreende-se que podem ser apropriados para camarões e peixes onívoros como tilápias, carpas e tainhas, possibilitando a diminuição da proteína bruta na dieta artificial (Avnimelech 2007).

Com a utilização do sistema de bioflocos os custos com alimentação podem ser reduzidos, uma vez que é possível a utilização de dietas com menores níveis de proteína bruta, e adicionalmente, pode ser considerada uma prática de aquacultura ambientalmente amigável, considerando que os efluentes gerados podem apresentar quantidades menores de compostos nitrogenados ao final do ciclo produtivo, diminuindo os riscos de eutrofização nos corpos d'água receptores, bem como na redução da dependência da farinha de peixe na dieta dos animais criados (Martínez-Cordova et al. 2003).

Schneider (2006) relata que durante muito tempo a solução para o tratamento de efluentes da aquacultura foi realizar a renovação de água, reduzindo assim o potencial poluidor, e este tipo de “tratamento” ainda é empregado pela maioria de aquacultores que produzem em sistemas de fluxo contínuo de água, o que pode resultar em problemas ambientais devido à sobrecarga de nutrientes nos efluentes, além do uso da água. Nos sistemas convencionais de recirculação, também denominado RAS (“Recirculating Aquatic Systems”), reatores são mantidos de forma a estimular a

produção de bactérias nitrificantes em detrimento às heterotróficas, utilizando uma relação carbono:nitrogênio muito baixa para a maior eficiência dos processos de nitrificação (Michaud et al. 2006), diferentemente do que ocorre nos sistemas BFT.

Na tecnologia de bioflocos o manejo da comunidade microbiana é o fator determinante do sucesso do sistema, e o principal objetivo é promover o aumento da comunidade de bactérias heterotróficas, devido a sua maior eficiência no processo de remoção de nitrogênio inorgânico da água e sua transformação em biomassa bacteriana quando comparado às bactérias nitrificantes (Hargreaves 2006). Para tanto é necessário manter a relação carbono:nitrogênio preferencialmente acima de 15C:1N (Avnimelech 1999), frequentemente sendo necessário utilizar uma fonte adicional de carbono orgânico (Samocha et al. 2007).

A adição de uma fonte suplementar de carbono orgânico em sistemas de criação tem apresentado efeitos positivos sobre a produção (Hari et al. 2004), e diversas fontes de carbono orgânico já foram utilizadas em sistemas BFT, como acetato, glicerol, farinha de tapioca, farelo de trigo, melão de cana-de-açúcar, celulose, entre outros. Pesquisas sobre a criação de camarões *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos foram realizados utilizando como acetato, glicerol, glicose (Crab et al. 2010) e farinha de tapioca (Asaduzzaman et al. 2008), como fonte de carbono; na criação de tilápias pode ser citado a utilização de celulose (Avnimelech et al. 1989), farelo de milho (Asaduzzaman et al. 2010) e farelo de trigo (Azim & Little 2008); na criação de camarões *Litopenaeus vannamei* foram utilizados principalmente melão de cana-de-açúcar (Samocha et al. 2007; Maicá et al. 2011), glicose (Hari et al. 2004) e dextrose (Krummenauer et al. 2011). A influência de diferentes fontes de carbono orgânico sobre a composição nutricional dos bioflocos tem sido investigada e sua interferência sobre a sobrevivência de camarões *Macrobrachium rosenbergii* já foi verificada por

Crab et al. (2010) que, ao avaliarem três diferentes fontes de carbono orgânico (acetato, glicerol e glicose) observaram maior sobrevivência de pós-larvas alimentadas com bioflocos fertilizados com glicerol, que, assim como os bioflocos fertilizados com acetato, apresentou significativamente maior conteúdo de proteína bruta em comparação aos bioflocos fertilizados com glicose, sugerindo que a composição nutricional dos bioflocos está relacionada com a composição de bactérias aderidas aos bioflocos, que, por sua vez, estariam relacionadas com a fonte de carbono utilizada. Também o efeito de diferentes fontes de carbono sobre a produtividade de camarões *Litopenaeus vannamei* criados em sistema de bioflocos foi avaliado por Suita et al. (2009), que observaram diferenças na composição dos bioflocos gerados com adição de dextrose, com maior abundância de microalgas diatomáceas, o que pode ter refletido na maior biomassa de camarões produzida, em comparação ao tratamento com bioflocos fertilizados com melão.

Emerenciano et al. (2011b) relatam que alguns fatores devem ser analisados na escolha da fonte de carbono orgânico, como a disponibilidade local do produto, custo, biodegradabilidade e eficiência de assimilação bacteriana. Para tanto é necessário informações sobre a utilização das diferentes fontes de carbono orgânico que podem ser utilizadas em sistema de bioflocos, levando em consideração que diversos fatores podem interferir na qualidade dos bioflocos além da fonte de carbono utilizada, como por exemplo a salinidade da água de criação (Maicá et al. 2011), a espécie animal criada (Ferreira 2008) e outras condições de manutenção do sistema e seu manejo (Ray et al. 2010).

De um modo geral, os processos biológicos que ocorrem nas fases de tratamento de efluentes domésticos e industriais serviram como referência para o desenvolvimento de metodologias que proporcionem uma melhora da qualidade da água nos próprios

tanques de criação em aquacultura, frequentemente combinando a eficiência do tratamento com bioflocos com o desempenho dos sistemas de filme fixo ou biofilme, em sistemas isolados ou mistos (Schneider 2006). Nestes sistemas, pode-se dizer que os tanques de criação funcionam como reatores biológicos, em que a maioria das etapas de remoção das formas de nitrogênio pode ser desempenhada conjuntamente. Com isso há redução de investimentos adicionais com tratamento de efluentes (Crab et al. 2007) e com captação de água, já que a mesma água pode ser reutilizada por mais de um ciclo de produção, proporcionando, ainda, maior biossegurança à atividade (Cohen et al. 2005).

Apesar dos benefícios que a utilização do sistema BFT tem demonstrado, principalmente para a criação de camarões e tilápias, o uso desta tecnologia, até onde se sabe, não é aproveitada para a produção de peixes marinhos.

Todavia, a utilização de sistemas de aquacultura que fazem uso de substratos artificiais na criação de camarões e peixes tem sido amplamente empregada, principalmente em sistemas extensivos e com espécies de hábitos herbívoros e a contribuição do perifíton já foi verificada como uma alternativa para melhorar a qualidade da água e como fonte de alimento natural (Van Dam et al. 2002; Jana et al. 2004; Ballester et al. 2007), assim como os bioflocos.

O perifíton pode ser definido como toda a biota aderida a um substrato natural ou artificial, associado a detrito e microrganismos (Thompson et al. 2002), que contribuem para a qualidade da água realizando a ciclagem dos nutrientes acumulados no sistema, por meio de diversos processos decorrentes do metabolismo do fitoplâncton, zooplâncton, bactérias e demais organismos aderidos (Azim et al. 2003).

A colaboração do perifíton para a nutrição dos animais criados deve-se, em grande parte, aos microrganismos aderidos ao substrato, que podem ser considerados

uma fonte adicional de proteína e lipídio (Silva et al. 2008), e contribuir com elementos essenciais como aminoácidos, vitaminas e ácidos graxos poliinsaturados (Thompson et al. 2002), fatores que auxiliam no desenvolvimento dos animais criados principalmente quando a dieta artificial não atende satisfatoriamente as exigências nutricionais destes organismos. A influência positiva da utilização de perifíton já foi relatada na produção de camarões (Ballester et al. 2007), tilápias (Uddin et al. 2009), carpas (Azim et al. 2002) e tainhas (Jana et al. 2004). As tainhas são possivelmente os peixes marinhos que possuem maior viabilidade de criação neste tipo de sistema, devido ao seu hábito alimentar (Van Dam et al. 2002). A utilização de perifíton na criação de *Mugil cephalus* melhorou o crescimento em peso dos animais em comparação ao sistema que não utilizou perifíton (Jana et al. 2004), enquanto que a criação da espécie de tainha *Liza aurata* com perifíton demonstrou bons resultados em relação a qualidade de água, embora ainda não tenha apresentado resultados satisfatórios em termos de produtividade (Richard et al. 2010).

Outra possibilidade que pode ser adotada para a criação de tainhas é a utilização conjunta do sistema de bioflocos e perifíton, que pode resultar em um melhor aproveitamento do alimento natural disponível no meio. O emprego destes dois sistemas simultaneamente apresentou resultados interessantes em policultivo de tilápias e camarões (Asaduzzaman et al. 2009), que apresentam hábito alimentar semelhante ao das tainhas.

Pesquisas relacionadas ao aprimoramento dos sistemas de criação com objetivo de tornar viável a produção de espécies de peixes onívoros marinhos com a utilização de alimentação natural, além de apresentar vantagem econômica estimulam a sustentabilidade da atividade, colaborando para práticas ambientalmente amigáveis na aquacultura.

Considerando que as tainhas *Mugil liza* apresentam características interessantes para a aquacultura, estudos que avaliem a possibilidade de sua criação em sistemas que façam uso de alimento natural, como bioflocos e perifíton, devem ser realizados.

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de manutenção de juvenis de tainhas *Mugil liza* e *Mugil cf. hospes* em sistema de bioflocos com mínima renovação de água.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o desenvolvimento de bioflocos na criação de juvenis de tainhas *Mugil cf. hospes* a partir de um inóculo.
- Avaliar o desempenho de juvenis de tainhas *Mugil liza* e a qualidade da água em três diferentes sistemas de criação: um sistema mantido em água clara, um sistema mantido em água clara com substrato artificial contendo perifíton e um sistema de bioflocos com substrato artificial contendo perifíton.
- Testar a influência de três diferentes fontes de carbono orgânico (dextrose, melão líquido e farelo de arroz) sobre a qualidade da água do sistema de criação de juvenis de tainhas *Mugil liza*, bem como sobre o desempenho zootécnico dos animais.

LITERATURA CITADA

- ASADUZZAMAN M, MA WAHAB, MCJ VERDEGEM, S HUQUE, MA SALAM & ME AZIM. 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280:117-123.
- ASADUZZAMAN, M, MA WAHAB, MCJ VERDEGEM, S BENERJEE, T AKTER, MM HASAN, & ME AZIM. 2009. Effects of addition of tilapia *Oreochromis*

niloticus and substrates for periphyton developments on pond ecology and production in C/N-controlled freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming systems. *Aquaculture*, 287: 371-380.

ASADUZZAMAN, M, MM RAHMAN, ME AZIM, M ASHRAFUL ISLAM, MA WAHAB, MCJ VERDEGEM & JAJ VERRETH. 2010. Effects of C / N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. *Aquaculture*, 306:127-136.

AVNIMELECH, Y, S MOKADY & GL SCHORODER. 1989. Circulated ponds as efficient bioreactors for single cell protein production. *Bamdigh*, 41:58-66.

AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.

AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.

AZIM, ME, MCJ VERDEGEM, MM RAHMAN, MA WAHAB, AA VAN DAM & MCM BEVERIDGE. 2002. Evaluation of polyculture of Indian major carps in periphyton-based ponds. *Aquaculture*, 213:131-149.

AZIM, ME, A MILSTEIN, MA WAHAB & MCJ VERDEGEM. 2003. Periphyton – water quality relationships in fertilized fishponds with artificial substrates. *Aquaculture*, 228: 169-187.

AZIM, ME & DC LITTLE. 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.

AZIM, ME, DC LITTLE & JE BRON. 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*, 99: 3590-3599.

- BALLESTER, EC, W WASIELESKY, RO CAVALLI & PC ABREU. 2007. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture*, 269: 355-362.
- BALLESTER, ELC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L DE ABREU & W WASIELESKY JR. 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*, 16: 163-172.
- BENETTI, DD & J FAGUNDES NETO. 1991. Preliminary results on growth of mullets (*Mugil liza* and *M. curema*) fed on artificial diets. *Journal World Aquaculture Society*, 22: 55-57.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393-411.
- CAFSI, M EI, MS ROMDHANE, A CHAOUCH, W MASMOUDIA, S KHE'RIJIA, F CHANUSSOTD & A CHE'RIF. 2003. Qualitative needs of lipids by mullet, *Mugil cephalus*, fry during freshwater acclimation. *Aquaculture*, 225: 233-241.
- CARVALHO, CVA, A BIANCHINI, MB TESSER & LA SAMPAIO. 2010. The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). *Aquaculture Research*, 41: 511-518.
- CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. Acesso online em 20/01/2012: www.ceagesp.gov.br/cotacoes.
- CHAMBERLAIN, GW & SJ HOPKINS. 1994. Reducing water use and feed cost in intensive ponds. *World Aquaculture*, 25: 29-32.

- CHAO, NL, PEREIRA, LE, VIEIRA, JP, BEMVENUTI, MA & CUNHA, LP. 1982. Relação preliminar dos peixes estuarinos e marinhos da Lagoa dos Patos e região adjacente, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Atlântica*, 5 (1): 67-75.
- COHEN, JM, TM SAMOCHA, JM FOX, RL GANDY, & AL LAWRENCE. 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquaculture Engineering*, 32: 425-442.
- COSTA, LCO, LFM NEVES, JA XAVIER, VC LISBOA, MRC FIGUEIREDO & WFB WASIELESKY JR. 2008. Policultivo de tainha *Mugil platanus* com camarão *Litopenaeus vannamei* em viveiros de terra no extremo sul do Brasil. 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais. Lavras, MG – UFLA.
- CRAB, R, Y AVNIMELECH, T DEFOIRDT, P BOSSIER & W VERSTRAETE. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270: 1-14.
- CRAB, R, B CHIELENS, M WILLE, P BOSSIER & W VERSTRAETE. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocos, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41: 559-567.
- EL-SAYED, A-FM & EL-GOBASHI, AE. 2011. Effects of tank colour and feed colour on *aurata* growth and production in marine nursery ponds. *Aquaculture Research*, 42:1163-1169.
- EMERENCIANO, MGC, EC BALLESTER, RO CAVALLI & W WASIELESKY. 2011a. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, 19: 891-901.

- EMERENCIANO, M, ELC BALLESTER, RO CAVALLI. 2011b. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x.
- ESPER MLP, MENEZES MS & W ESPER. 2001. Época reprodutiva de *Mugil platanus* (Günther, 1880), Pisces Mugilidae da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). *Acta Biol. Par.*, Curitiba, 30 (1, 2, 3, 4): 5-17.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2010. The State of World Fisheries and Aquaculture 2010. Rome, FAO – Fisheries and Aquaculture Department. 197p.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2011. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans – Trend and prospects. Rome, 102p.
- FERREIRA, L. 2008. Formação de flocos microbianos em cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* e do camarão-branco *Litopenaeus vannamei*. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Aquicultura. Universidade Federal do Rio Grande, 57p.
- FONSECA NETO, C & HL SPACH. 1999. Sobrevivência de juvenis de *Mugil platanus* Günther, 1880 (Pisces, Mugilidae) em diferentes salinidades. *Boletim do Instituto de Pesca*, 25: 13-17.
- GALVÃO, MSN, N YAMANAKA, FENERICH-VERANI, N & PIMENTEL, CMM. 1997. Estudos preliminares sobre enzimas digestivas proteolíticas da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthys, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 24 (único): 101-110.

- GODINHO, HM, PC SERRALHEIRO & JD SCORVO FILHO. 1988. Revisão e discussão sobre as espécies do gênero *Mugil* (Teleostei, Perciformes, Mugilidae) da costa brasileira (Lat 3°S - 33°S). Boletim do Instituto de Pesca, 15: 67-80.
- GODINHO, HM, ET KAVAMOTO, EF ANDRADE-TALMELI, PCS SERRALHEIRO, P PAIVA, & EM FERRAZ. 1993. Induced spawning of the mullet *Mugil platanus* Günther, 1880, in Cananéia, São Paulo, Brazil. Boletim do Instituto de Pesca, 20: 59-66.
- HARGREAVES, JA. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Aquacultural Engineering, 34: 344-363.
- HARI, B, K MADHUSOODANA, JT VARGHESE, JW SCHAMA & MCJ VERDEGEM. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. Aquaculture, 241: 179-194.
- IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Acesso online: www.ibama.gov.br
- ITO, K & JC BARBOSA. 1997. Nível protéico e proporção de proteína de origem animal em dietas artificiais para a tainha, *Mugil platanus*. B. Inst. Pesca, 24 (único):111-117.
- JANA, BSN, SK GARG & BC PATRA. 2004. Effect of periphyton on growth performance of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.), in inland saline groundwater ponds. J. Appl. Ichthyol., 20:110-117.
- KATZ, T, B HERUT, A GENIN & DL ANGEL. 2002. Grey mullets ameliorate organically-enriched sediments below a fish farm in the oligotrophic Gulf of Aquaba (Red Sea). Marine Ecology Progress Series, 234: 205-214.
- KRUMMENAUER D, S PEIXOTO, R CAVALLI, L POERSCH, W WASIELESKY. 2011. Superintensive culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a biofloc

- technology system in southern Brazil at different stocking densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 726-733.
- LARSON, ET & AL SHANKS. 1996. Consumption of marine snow by two species of juvenile mullet and its contribution to their growth. *Marine Ecology Progress Series*, 130: 19-28.
- LEE, CS & AC OSTROWSKI. 2001. Current status of marine finfish larviculture in the United States. *Aquaculture*, 200:89-109.
- LOPES, D, SM SUITA, AL BRAGA, C BUENO & L POERSCH. 2011. Growth of shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* produced in biofloc technology (BFT) in different storage density during the initial growth period. In: WAS - World Aquaculture Society, Anais. Natal, RN, Brasil.
- LUPATSCH, I, T KATZ & DL ANGEL. 2003. Assessment of the removal efficiency of fish farm effluents by grey mullets: a nutritional approach. *Aquaculture Research*, 34: 1367-1377.
- MAÇADA, AP, M OKAMOTO & LA SAMPAIO. 2000. Avaliação preliminar do cultivo de tainha *Mugil platanus* em tanque-rede. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 13, Anais. Itajaí, SC, Univali, 1: 684-687.
- MAICÁ, PF, BORBA, MR & W WASIELESKY JR. 2011. Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquaculture Research*, 2011, 1-10, doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02838.x.
- MARTINEZ-CORDOVA, LR, A CAMPAÑA-TORRES & MA PROCHAS-CORNEJO, 2003. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition*, 9: 155-160.

- MCINTOSH, PR. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. *Global Aquaculture Advocate*, 3: 44-50.
- MCNEIL, R. 2000. Zero exchange, aerobic, heterotrophic systems: key considerations. *Global Aquaculture Advocate*, 72-76.
- MENEZES, NA. 1983. Guia prático para conhecimento e identificação de tainhas e paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral brasileiro. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2: 1-12.
- MENEZES, NA, C OLIVEIRA & M NIRCHIO. 2010. An old taxonomic dilemma: the identify of the western south Atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes: Mugilidae). *Zootaxa*, 2519: 59-68.
- MICHAUD, L, JP BLANCHETON, V BRUNI & R PIEDRAHITA. 2006. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. *Aquacultural Engineering*, 34:224-233.
- MIRANDA FILHO, KC, W WASIELESKY JUNIOR, AP MAÇADA. 1995. Efeito da amônia e do nitrito no crescimento da tainha *Mugil platanus* (Pisces:Mugilidae). *Brazilian Journal of Biology*, 5: 45-50.
- MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. 2009. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura, Brasil: 2008-2009. 101p. Disponível online: www.mpa.gov.br
- OKAMOTO, MH, LA SAMPAIO & AP MAÇADA. 2006. Efeito da temperatura sobre o crescimento e a sobrevivência de juvenis da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880. *Atlântica*, 28: 61-66.
- OLIVEIRA, IR & LSH SOARES. 1996. Alimentação da tainha *Mugil platanus*, Gunther 1880 (Pisces:Mugilidae) da região estuarino lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 23: 95-104.

- POERSCH, LH, MHS SANTOS, K MIRANDA-FILHO & W WASIELESKY JR. 2007. Efeito agudo do nitrato sobre alevinos da tainha *Mugil platanus* (Pisces:Mugilidae). Boletim do Instituto de Pesca, 33(2): 247-252.
- RAMÍREZ, JA, ÁNGEL, A DEL, URESTI, RM, VELASQUEZ & G, VÁSQUEZ, M. 2007. Low-salt restructured products from striped mullet (*Mugil cephalus*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as additives. Food Chemistry, 102:243-249.
- RAY, AJ, SEABORN G, LEFFLER JW, WILDE, SB, LAWSON A & BROWDY CL. 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. Aquaculture 310, 130-138.
- REIS, EG & F D'INCAO. 2000. The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. Ocean and Coastal Management, 43: 585-596.
- RICHARD, M, JT MAURICE, A ANGINOT, F PATICAT, MCJ VERDEGEM & JME HUSSENOT. 2010. Influence of periphyton substrates and rearing density on *Liza aurata* growth and production in marine nursery ponds. Aquaculture, 310: 106-111.
- SAMOCHA, TM, S PATNAIK, M SPEED, AM ALI, JM BURGER, RV ALMEIDA, Z AYUB, M HARISANTO, A HOROWITZ & DL BROCK. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural Engineering, 36: 184-191.
- SAMPAIO, JAO. 2008. Desempenho de linguados *Paralichthys orbignyanus* em policultivo com tainhas *Mugil platanus* em viveiros de solo, no período de outono e inverno. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Aquicultura. Universidade Federal do Rio Grande, 33 p.

- SAMPAIO, LA, W WASIELESKY JR & KC MIRANDA FILHO. 2002. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 68: 668-674.
- SAMPAIO, LA, AH FERREIRA & MB TESSER. 2001. Effect of stocking density on laboratory rearing of mullet fingerlings, *Mugil platanus* (Günther, 1880). *Acta Scientiarum*, 23(2): 471-475.
- SCHNEIDER, O. 2006. Fish waste management by conversion into heterotrophic bacteria biomass. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands. 160p.
- SCORVO-FILHO, JD, LMS AYROSA, PFC, NOVATO & ERA DIAS. 1995. Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento da tainha listrada (*Mugil platanus*) criada em mono e policultivo com carpa comum (*Cyprinus carpio*) na região do Vale do Ribeira, SP. *Boletim do Instituto de Pesca*, 22(2): 85-93.
- SERFLING, SA. 2000. The Solar aquafarms story. *Global Aquaculture Advocate*, 3: 48-51.
- SILVA, CF, E BALLESTER, J MONSERRAT, L GERACITANO, W WASIELESKY JR. & PC ABREU. 2008. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. *Aquaculture Nutrition*, 14: 507-514.
- SUITA, SM, PC ABREU, EB & W WASIELESKY. 2009. A aplicação da dextrose como fonte de carbono na formação de bioflocos e no desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema sem renovação de água. In: FENACAM - Feira Nacional do Camarão, Anais. Natal, RN, Brasil.
- THOMPSON, FL, PC ABREU & W WASIELESKY. 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture*, 203: 263-278.

- UDDIN, MS, ME AZIM, MA WAHAB & MCJ VERDEGEM. 2009. Effects of substrate addition and supplemental feeding on plankton composition and production in tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture. *Aquaculture*, 297: 99-105.
- VAN DAM, AA, CM MALCOLM, M BEVERIDGE, E AZIM & MCJ VERDEGEM. 2002. The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12: 1-31.
- VIEIRA, PV & C SCALABRIN. 1991. Migração reprodutiva da “tainha” (*Mugil platanus* Günther, 1980) no Sul do Brasil. *Atlântica* 13(1), 131-141.
- WASIELESKY JR., W, H ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.

Capítulo 1. Artigo aceito para publicação na revista Atlântica.

AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE BIOFLOCOS NA CRIAÇÃO DE JUVENIS DE TAINHA *Mugil cf. hospes* SEM RENOVAÇÃO DE ÁGUA

ANDRÉA FERRETTO DA ROCHA¹; PAULO CÉSAR ABREU²; WILSON WASIELESKY
JR³; MARCELO BORGES TESSER^{4*}

¹Programa de Pós-Graduação em Aquicultura,
Instituto de Oceanografia - Universidade Federal do Rio Grande, CP 474, Rio Grande, RS, Brasil
²Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos, ³Laboratório de Carcinocultura,
⁴Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos
*mbtesser@gmail.com

RESUMO

Um dos maiores problemas enfrentados na aquicultura é a deterioração da qualidade da água das criações e dos ambientes receptores. Para minimizar esse problema em criações de peixes e camarões com limitada renovação de água, o uso de bioflocos pode contribuir tanto para a melhoria da qualidade da água como para a alimentação dos animais. Para verificar a possibilidade de manter bioflocos na criação de juvenis de *Mugil cf. hospes* (4,55 ± 0,15 g), foi realizado um experimento com três tratamentos: tainhas com inoculo de bioflocos (T), tainhas com bioflocos provenientes da criação de camarões *Litopenaeus vannamei* (TFC) e sem animais (SEM). O experimento teve delineamento casualizado, com três repetições e os resultados foram submetidos às análises de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$). Todos os tratamentos receberam ração comercial (44% PB). A concentração final de sólidos suspensos totais não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos TFC (785,33 ± 269,05 mg L⁻¹), T (310,67 ± 126,0 mg L⁻¹) e SEM (298,67 ± 30,28 mg L⁻¹), enquanto que o volume final de bioflocos de TFC (76,66 ± 5,77 mL L⁻¹) foi maior ($P<0,05$) do que SEM (3,1 ± 2,48 mL L⁻¹) e T (18,66 ± 5,50 mL L⁻¹) foi similar a todos os tratamentos. Estes resultados demonstram que foi possível manter os bioflocos na criação de juvenis de tainhas *Mugil cf. hospes*, tornando possível sua criação neste tipo de sistema.

PALAVRAS CHAVE: Aquacultura, bioflocos, meio heterotrófico

ABSTRACT

One of the problems in aquaculture systems is the deterioration of rearing and effluent water quality. Biofloc technology (BFT) has been used both in fish farms and shrimp farms with limited water exchange, contributing to improve water quality and serving as complementary food source. To evaluate the formation of bioflocs in the rearing of mullet *Mugil cf. hospes* (juveniles of 4.55 ± 0.15 g) an experiment was conducted with three treatments: mullet with bioflocs inoculum (T); mullet with bioflocs from *Litopenaeus vannamei* shrimp culture (TFC) and without animals (SEM). The experiment had a randomized design with three replicates and the results were analyzed by Kruskal-Wallis ($\alpha=0.05$). All treatments received commercial feed (44% CP). The final concentration of total suspended solids were similar ($P>0,05$) to all treatments TFC (785.33 ± 269.05 mg L⁻¹), T (310.67 ± 126.0 mg L⁻¹), SEM (298.67 ± 30.28 mg L⁻¹), while of biofloc volume in TFC (76.66 ± 5.77 mL L⁻¹) was higher ($P<0.05$) than in SEM (3.1 ± 2.48 mL L⁻¹), and T (18.66 ± 5.50 mL L⁻¹) was similar to all treatments. The results revealed that it is possible to maintain bioflocs in the culture of *Mugil cf. hospes*.

KEY-WORDS: Aquaculture, biofloc, heterotrophic system

INTRODUÇÃO

O uso de práticas ambientalmente amigáveis na aquicultura desponta como uma alternativa rentável e sustentável, minimizando os problemas de qualidade de água em criações e reduzindo a quantidade de efluentes gerados pela atividade (McIntosh 2000). Dentre as alternativas de produção nesse sistema destaca-se a criação em bioflocos (“Biofloc Technology” – BFT). Atualmente diversos estudos estão sendo desenvolvidos sobre a utilização de bioflocos nos sistemas de produção com limitada renovação de água, e também sobre os processos que ocorrem neste tipo de sistema (Kuhn et al. 2009). A produção comercial de tilápias e camarões já é realizada com sucesso utilizando essa tecnologia (Avnimelech 2006, Wasielesky et al. 2006), e outras espécies também podem se adaptar a este sistema de criação.

O sistema BFT consiste em estimular o desenvolvimento de uma densa comunidade microbiana através da manipulação da relação C:N na água de criação, onde bactérias e outros microrganismos, invertebrados, restos de fezes e ração formam os agregados, ou bioflocos (Avnimelech 2007). A comunidade bacteriana presente nos bioflocos utiliza a amônia acumulada na água e a incorpora em biomassa microbiana, que pode ainda ser utilizada como fonte de alimento aos organismos criados (Thompson et al. 2002). Os bioflocos podem alcançar níveis de proteína bruta de até 50% PB (Azim & Little 2008), o que os tornam um alimento interessante para os animais no sistema produtivo, com a possibilidade da redução das taxas de arrastoamento e, conseqüentemente, dos custos com alimentação, conforme observado por Avnimelech (1999).

Avnimelech (2007) ressalta que em sistemas sem renovação de água a composição bromatológica dos bioflocos pode variar de acordo com a espécie produzida e seus hábitos alimentares, assim como os processos relacionados à sua

formação e os benefícios de sua utilização. Assim, torna-se necessário o conhecimento da composição da comunidade microbiana aderida aos bioflocos para que, com o manejo adequado, seus efeitos benéficos sejam desenvolvidos e mantidos, otimizando sua função nos sistemas de aquicultura, tanto na remoção dos compostos nitrogenados do sistema como na alimentação do animal em produção (Ray et al. 2010).

As espécies da família Mugilidae estão representadas por organismos com ampla distribuição global, ocupando águas tropicais e subtropicais, principalmente das regiões costeiras e estuarinas (Menezes, 1983). Apresentam a característica de consumirem as camadas mais baixas no nível trófico, habilitando-as de serem produzidas em sistemas extensivos a intensivos (Benetti & Fagundes Netto, 1991). Atualmente, espécies de mugilídeos são produzidas comercialmente nos Estados Unidos e Egito (Lee & Ostrowski 2001, El-Sayed & El-Ghobashy 2010).

Devido à importância dos bioflocos na manutenção da qualidade de água e como fonte adicional de alimento para os organismos criados, foi realizado um experimento que teve por objetivo verificar a composição de bioflocos desenvolvidos em sistema de criação de juvenis de tainhas *Mugil cf. hospes*, sem renovação de água.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalações e condições experimentais

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura, do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande - IO - FURG. Juvenis de tainha *Mugil cf. hospes* (Chao et al. 1982), peso médio inicial de $4,55 \pm 0,15$ g, capturados na praia do Cassino, RS, foram distribuídos em tanques circulares de polietileno (160 L de volume útil), na densidade de 40 animais em cada tanque. Os tanques de dois tratamentos que iniciaram em água clara foram abastecidos com água salina bombeada da praia do Cassino e filtrada em filtro de cartucho (CUNO[®] - 5 μ m de poro), e o tanque

do terceiro tratamento foi completamente preenchido com água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões *Litopenaeus vannamei*. Não foi realizada renovação de água, mas apenas a reposição do volume evaporado com água de abastecimento público, previamente declorada. O fotoperíodo foi mantido em 12 h claro e 12 h escuro dia⁻¹, utilizando-se lâmpadas frias fluorescentes (40 W). Aquecedores submersos foram utilizados para manutenção da temperatura da água. A oxigenação da água e a suspensão do material particulado foram mantidas por fluxo de ar. O experimento teve duração de 21 dias.

Desenho experimental

O experimento era composto de três tratamentos com três repetições cada, a saber: T: tainhas mantidas em tanques com água do mar filtrada (5µm) e inoculação de 1 L de água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões *L. vannamei*; SEM: unidades experimentais mantidas com água do mar filtrada (5µm) e inoculação de 1 L de água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões *L. vannamei*, sem animais; TFC: tainhas mantidas em tanques completamente preenchidos com água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões *L. vannamei*;

Formação de bioflocos e alimentação

A água com bioflocos utilizada em todos os tratamentos foi obtida de um tanque de produção de camarões *L. vannamei* já bem estabelecido, previamente inoculado com microalgas diatomáceas e fertilizado com melão.

Após a adição de bioflocos todos os tratamentos foram fertilizados com melão e farelo de trigo, juntamente com a ração, mantendo-se uma relação de carbono:nitrogênio de 20:1 na água dos tanques (Avnimelech 1999). Após um período de cinco dias, a adição de melão foi feita de tal forma a manter uma relação carbono:nitrogênio de 6:1 a partir da concentração de N-amônia total, sempre que esta

concentração excedia 1 mg L^{-1} (Ebeling et al. 2006). Todos os tratamentos receberam ração comercial para camarões (44% PB) na proporção de 5% da biomassa para os tratamentos T e TFC, dividido em três ofertas ao dia. O tratamento SEM recebeu a média do peso (g) da ração oferecida aos tratamentos T e TFC. A análise da composição bromatológica dos bioflocos e da ração (Tabela 1) foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal - UFPEL, seguindo os protocolos da AOAC (1984).

Monitoramento da qualidade da água e microrganismos

Diariamente foram monitorados a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido da água com aparelho multiparâmetros (YSI[®]-550^a) e a salinidade utilizando refratômetro (Atago[®]). O pH foi medido com pHmetro digital (YSI[®]-pH100). Semanalmente, as concentrações de nitrato (NO_3^{-1}) foram analisadas segundo Aminot e Chaussepied (1983), a alcalinidade (CaCO_3^{-2}) segundo APHA (1989), a turbidez, utilizando turbidímetro (HACK[®]-2100P) e a concentração de sólidos suspensos totais (SST), a partir da diferença de peso dos filtros (GF 1-A[®]) previamente secos em estufa e após a filtragem de 25 ml de amostra de água (Strickland & Parsons, 1972).

As concentrações de nitrito (NO_2^{-1}) e de fosfato (PO_4^{-3}) foram analisadas duas vezes na semana segundo Aminot e Chaussepied (1983) e as concentrações de amônia total (TAN) foram analisadas cinco vezes durante a semana adotando o método da Unesco (1983). A relação N:P da água foi calculada a partir do somatório das concentrações de N-TAN, N-NO_2^{-1} e NO_3^{-1} dividido pela concentração de P-PO_4^{-3} . A concentração de clorofila *a* foi determinada semanalmente em fluorímetro (Turner[®] TD700) segundo o método descrito por Welshmeyer (1994) após extração do pigmento fotossintético em acetona 90%, no escuro, a -12°C , durante 24 horas. O volume de bioflocos (ml L^{-1}) da água foi determinado duas vezes na semana por meio de sedimentação de um litro de amostra de água durante 15 minutos em cone Imhoff, de

acordo com a metodologia descrita por Eaton et al. (1995) e adaptada por Avnimelech (2007).

Para determinação da abundância de bactérias aderidas aos bioflocos e de ciliados, amostras de água foram coletadas a cada três dias e preservadas em solução de formol tamponado (4%). Para a contagem de bactérias, 0,1 mL de amostra foi concentrada em filtros de membrana de polycarbonato (Nuclepore, 0,2 µm de diâmetro de poro), escurecidos com Irgalan Black e corados com Laranja de Acridina 1% (Hobbie et al. 1977). Foram contados 30 campos de cada lâmina, em microscópio de epifluorescência (Zeiss, Axioplan), equipado com conjuntos de filtros para excitação por luz verde (546 nm), com magnificação final de 1000 x. Para a contagem de ciliados, alíquotas de 2,1 mL das amostras foram colocadas em câmaras de sedimentação Utermöhl e 30 campos observados em microscópio de luz invertida, equipado com fase de contraste (Zeiss, Axiovert) e magnificação final de 400 x (Utermöhl 1958).

Análises estatísticas

A análise de variância não-paramétrica Kruskal-Wallis foi realizada para avaliar possíveis diferenças estatísticas entre todos os tratamentos para os parâmetros de qualidade de água, bioflocos (volume de bioflocos e concentração de sólidos suspensos totais) e de microrganismos. Os valores em percentagem foram previamente transformados para o arcoseno da raiz quadrada. Todas as análises estatísticas foram executadas ao nível de 5% de significância (Sokal & Rohlf 1995).

RESULTADOS

As concentrações de SST no início do experimento não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, que atingiram os valores máximos de $785,33 \pm 269,05 \text{ mg L}^{-1}$, $310,67 \pm 126,0 \text{ mg L}^{-1}$ e $298,67 \pm 30,28 \text{ mg L}^{-1}$, para TFC, T e SEM,

respectivamente (Figura 1). Quanto ao volume de bioflocos, no início do estudo o tratamento TFC registrava $29 \pm 1,73 \text{ mL L}^{-1}$, enquanto que os tratamentos T e SEM não apresentavam volume detectável. Ao final do experimento o tratamento TFC ($76,66 \pm 5,77 \text{ mL L}^{-1}$) registrou volume de bioflocos significativamente maior do que o tratamento SEM ($3,1 \pm 2,48 \text{ mL L}^{-1}$), enquanto que o tratamento T ($18,66 \pm 5,50 \text{ mL L}^{-1}$) não diferiu dos demais tratamentos (Figura 1).

A comunidade microbiana aderida aos bioflocos, no início do estudo, foi significativamente mais abundante no tratamento SEM, que apresentava maior quantidade de bactérias totais ($7,28 \pm 3,61 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$) do que os tratamentos T ($3,82 \pm 2,40 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$) e TFC ($2,03 \pm 0,85 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$), também diferentes entre si. Aos nove dias de estudo a maior ($P < 0,05$) abundância de bactérias totais foi observada no tratamento TFC ($8,95 \pm 2,94 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$), enquanto que os tratamentos SEM ($4,83 \pm 2,32 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$) e T ($3,57 \pm 2,55 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$) foram similares entre si. No final do estudo a maior ($P < 0,05$) abundância de bactérias totais foi registrada pelo tratamento T ($8,09 \pm 2,59 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$), enquanto que SEM ($4,01 \pm 2,40 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$) e TFC ($3,37 \pm 2,0 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$) não diferiram entre si. Em relação à presença de ciliados nas amostras, aos nove dias de estudo pode-se observar que o tratamento SEM ($885,07 \pm 455,23 \text{ org mL}^{-1}$) apresenta significativamente maior abundância de ciliados totais do que o tratamento TFC ($650,26 \pm 958,84 \text{ org mL}^{-1}$), e abundância similar ($P > 0,05$) ao tratamento T ($857,98 \pm 663,98 \text{ org mL}^{-1}$). No final do estudo a maior ($P < 0,05$) abundância de ciliados totais foi registrada no tratamento SEM ($4931,12 \pm 1730,34 \text{ org mL}^{-1}$), seguida dos tratamentos T ($993,45 \pm 709,15 \text{ org mL}^{-1}$) e TFC ($234,82 \pm 465,13 \text{ org mL}^{-1}$), todos estatisticamente diferentes entre si (Figura 2).

Com relação aos tipos de bactérias observadas aderidas aos bioflocos, no início do estudo foi observada abundância de bactérias dos tipos cocos e bacilos

significativamente maior nos tratamentos SEM (cocos: $3,58 \pm 1,73 \times 10^4$ org mL⁻¹, bacilos: $3,40 \pm 2,79 \times 10^4$ org mL⁻¹) e T (cocos: $2,03 \pm 1,31 \times 10^4$ org mL⁻¹, bacilos: $1,77 \pm 2,42 \times 10^4$ org mL⁻¹) em comparação ao tratamento TFC (cocos: $1,20 \pm 0,85 \times 10^4$ org mL⁻¹, bacilos: $0,16 \pm 0,60 \times 10^4$ org mL⁻¹). Ainda, no início do estudo o tratamento TFC registrava maior ($P < 0,05$) abundância de bactérias filamentosas ($0,65 \pm 0,54 \times 10^4$ org mL⁻¹) do que o tratamento SEM ($0,30 \pm 0,95 \times 10^4$ org mL⁻¹), enquanto que o tratamento T não registrava bactérias filamentosas. Aos nove dias de estudo o tratamento TFC apresentou maior ($P < 0,05$) abundância de bactérias do tipo cocos ($7,35 \pm 2,60 \times 10^4$ org mL⁻¹), em comparação aos tratamentos SEM ($3,07 \pm 1,52 \times 10^4$ org mL⁻¹) e T ($2,03 \pm 2,55 \times 10^4$ org mL⁻¹), que não diferiram entre si. As bactérias do tipo bacilos e filamentosas não diferiram estatisticamente entre os tratamentos SEM ($0,22 \pm 0,55 \times 10^4$ org mL⁻¹) e T ($0,16 \pm 0,37 \times 10^4$ org mL⁻¹), enquanto que o tratamento TFC não registrou bactérias filamentosas neste período amostral. No final do estudo a maior ($P < 0,05$) abundância de bactérias do tipo cocos foi registrada pelo tratamento T ($7,97 \pm 2,57 \times 10^4$ org mL⁻¹), diferindo dos tratamentos SEM ($2,70 \pm 2,36 \times 10^4$ org mL⁻¹) e TFC ($2,63 \pm 1,66 \times 10^4$ org mL⁻¹), similares entre si. Neste período somente o tratamento T registrou bactérias do tipo bacilos ($0,53 \pm 1,12 \times 10^4$ org mL⁻¹). Em contrapartida, maior abundância de bactérias filamentosas foram observadas nos tratamentos SEM ($0,79 \pm 0,72 \times 10^4$ org mL⁻¹) e TFC ($0,74 \pm 0,67 \times 10^4$ org mL⁻¹), diferindo significativamente do tratamento T ($0,10 \pm 0,24 \times 10^4$ org mL⁻¹) (Figura 3). Durante o processo de contagem de microrganismos foram visualizados os agregados microbianos/bioflocos em todos os tratamentos (Figura 4).

A composição bromatológica dos bioflocos dos tratamentos demonstra que o nível de proteína bruta variou entre 19,9% e 28,9% (tratamentos SEM e T, respectivamente) (Tabela 1).

Durante o estudo, a temperatura média da água não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A salinidade média da água foi maior e diferente no tratamento TFC. Os valores médios de oxigênio dissolvido e pH da água também mostraram influência dos tratamentos. A alcalinidade média da água durante o estudo foi maior nos tratamentos T e SEM, enquanto que a maior turbidez média da água foi observada no tratamento TFC, que também apresentou maior concentração média de clorofila *a* (Tabela 2).

Quanto aos compostos nitrogenados, o tratamento SEM apresentou concentração média de amônia total ($2,46 \pm 1,79 \text{ mg L}^{-1}$) maior do que o tratamento TFC ($0,36 \pm 0,53$ e $0,56 \pm 0,73 \text{ mg L}^{-1}$), não diferindo do tratamento T ($2,17 \pm 2,56 \text{ mg L}^{-1}$). A concentração média de nitrito mais elevada durante o estudo foi registrada no tratamento T ($9,07 \pm 9,64 \text{ mg L}^{-1}$), enquanto que a concentração média de nitrato mais elevada foi observada no tratamento TFC ($31,58 \pm 5,37 \text{ mg L}^{-1}$), assim como a concentração média de fosfato na água ($5,81 \pm 2,03 \text{ mg L}^{-1}$) foi mais elevada neste tratamento (Tabela 2).

A relação N:P teve influência do tratamento T no final do estudo, diferindo dos demais tratamentos (Figura 5).

DISCUSSÃO

Neste trabalho, foi possível constatar a manutenção e mesmo aumento na quantidade de bioflocos na criação de juvenis de tainhas *Mugil cf. hospes*. Um maior volume de bioflocos no tratamento TFC era previsto uma vez que este tratamento iniciou o estudo com os tanques preenchidos com água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões. Os tratamentos T e SEM, que iniciaram o estudo com apenas um inoculo de bioflocos, apresentaram menor concentração média de clorofila *a*. Tal fato pode ter resultado da diminuição de luz na coluna de água, uma vez que o aumento

da concentração de SST na coluna d'água acarreta no aumento da turbidez, o que dificulta a penetração de luz na água e afeta a atividade fotossintética (Vinatea et al. 2010). Por outro lado, o biofloco proveniente da criação de camarões era mais antigo e, nestes casos é normal apresentar elevadas concentrações de clorofila, devido principalmente, à maior abundância de cianobactérias filamentosas.

É importante ressaltar que, embora os tratamentos não tenham diferido na concentração final de SST, o tratamento TFC manteve e aumentou o volume dos bioflocos no sistema durante o tempo de estudo, o mesmo não ocorreu com o tratamento SEM.

A presença de animais no sistema, assim como a espécie animal produzida, parece fundamental para a manutenção dos bioflocos devido, principalmente, à comunidade microbiana predominante no sistema. Diferentes espécies incorporam e excretam nutrientes de forma diferente, sendo que os nutrientes disponíveis no meio determinam a composição da comunidade microbiana e conseqüentemente a composição dos bioflocos (Crab et al. 2010). Ferreira (2008) observou diferenças na composição dos bioflocos formados por duas espécies de camarões (*L. vannamei* e *Farfantepenaeus paulensis*), sugerindo que em função da espécie, diferentes relações N:P são observadas, e que a relação N:P pode estar relacionada com a abundância de bactérias formadoras de bioflocos, principalmente do tipo cocos. No período final do estudo foi observado que o tratamento T registrou maior relação N:P e também maior abundância de bactérias totais aderidas e bactérias do tipo cocos, o que pode indicar uma correlação entre o aumento na abundância de bactérias e o aumento na relação N:P da água.

Embora a formação de agregados microbianos em sistemas de criação onde não há renovação de água seja estimulada, a produção de bioflocos pode ocorrer em

velocidade maior que a do consumo pelos animais criados (Vinatea et al. 2010), ultrapassando os valores máximos de 400 mg L⁻¹ de SST recomendados por Avnimelech (2009) para criação de peixes em sistema de bioflocos. Ferreira (2008) observou valores médios de SST de 360 mg L⁻¹ a 940 mg L⁻¹ na produção de *L. vannamei*, e valores mínimos de 140 mg L⁻¹ em água sem animais, semelhante ao observado no tratamento SEM do presente trabalho, reforçando a importância da presença dos animais no sistema para a produção dos bioflocos.

Quanto às concentrações dos compostos nitrogenados e fosfato, o tratamento TFC apresentou maiores concentrações destes nutrientes, principalmente devido ao acúmulo de resíduos de ração e excreção dos animais, uma vez que esta é a principal via de entrada de fósforo e nitrogênio no sistema (Barak et al. 2003). O tratamento T apresentou concentrações de amônia total acima do nível de segurança (2,35 mg L⁻¹) recomendado por Sampaio et al. (2002) para juvenis de *M. platanus*. O tratamento TFC não ultrapassou este nível. Nos tratamentos T e SEM o nitrito se elevou no mesmo momento em que a amônia total diminuiu, aproximadamente em torno do décimo dia, indicando um processo de nitrificação no sistema. O tratamento TFC não apresentou concentrações altas de nitrito, embora tenha registrado a maior concentração média de nitrato, indicando um processo de nitrificação mais avançado (Avnimelech 1999). Ainda assim os níveis de nitrato estiveram dentro dos limites de segurança estipulados por Poersch et al. (2007) para juvenis de tainha *M. platanus* (152,2 mg L⁻¹).

Os diversos processos que atuam de forma inter-relacionada nesse tipo de sistema, como assimilação bacteriana, nitrificação e respiração realizados por microrganismos e até mesmo pelos organismos criados, podem refletir na redução da alcalinidade da água, frequente em sistemas com bioflocos (Azim & Little 2008). Este fato foi observado no tratamento TFC, onde os tanques foram completamente

preenchidos com água contendo bioflocos da criação de camarões *L. vannamei* e, portanto, já apresentava alcalinidade menor. Entretanto, a alcalinidade média dos tratamentos se manteve superior a 100 mg L^{-1} de acordo com o recomendado por Ebeling et al (2006) para este tipo de sistema, assim como o pH, que se manteve entre 7,0 e 9,0, dentro dos limites considerados ideais para que ocorra os processos de nitrificação no sistema (Chen et al. 2006).

No que se refere à qualidade nutricional dos bioflocos, já foi verificado sua estreita relação com a comunidade de microrganismos Silva et al. (2008) demonstraram que existe relação entre a composição da comunidade microbiana e o conteúdo de proteína e lipídio do biofilme consumido por *F. paulensis*, relatando um aumento na abundância de bactérias do tipo cocos aderidas ao substrato ao longo do tempo, e que bactérias filamentosas teriam influência sobre o conteúdo de lipídio. No presente estudo, os bioflocos do tratamento T, que apresentaram maior nível de proteína bruta, próximo a 30%, apresentaram maior abundância de bactérias do tipo cocos no final do estudo, enquanto que o tratamento SEM, que apresentou menor abundância de bactérias do tipo cocos no mesmo período, assim como o tratamento TFC, registrou o menor nível de proteína bruta nos bioflocos. Também é importante ressaltar que o maior conteúdo de lipídio foi observado nos bioflocos do tratamento SEM, que registrou a maior quantidade de ciliados totais. Embora esses resultados corroborem com os relatados por Silva et al. (2008), não é possível afirmar que exista diferença estatística entre a composição nutricional dos bioflocos dos diferentes tratamentos. Entretanto é possível afirmar que bactérias do tipo cocos foram dominantes em todos os tratamentos e em todos os períodos amostrais, sugerindo sua relação com a formação de agregados microbianos, assim como observado por Ferreira (2008). Os níveis de proteína bruta e lipídios nos bioflocos podem variar em função de diversos fatores e ao longo do período

de produção, principalmente em função da composição de microrganismos, que também varia de acordo com as condições de crescimento (Chamberlain et al. 2001). Silva (2009), após 45 dias de criação de *L. vannamei* em sistema sem renovação, observou bioflocos com valor de proteína bruta inferior a 25% e níveis de lipídio entre 2,29 a 7,15%, que variaram em função do tempo. Em contrapartida, bioflocos com níveis de proteína bruta próximos a 50% foram produzidos em sistema de criação de tilápias por Azim et al. (2008). O percentual de lipídio dos bioflocos formados durante o estudo (0,14 – 1,20%) ficou próximo ao reportado por outros autores (Wasielesky et al. 2006, Azim et al. 2008, Kuhn et al. 2009), assim como o elevado conteúdo de cinzas em bioflocos também foi relatado por Wasielesky et al. (2006), Ju et al. (2008) e Silva (2009). Interessante mencionar que os bioflocos nesse estudo apresentaram valores de proteína bruta próximos a 30%, valor este próximo aos 34% de proteína bruta estimado por Carvalho et al. (2010) para dietas de juvenis de tainha *M. platanus*.

Com este trabalho, pode-se concluir que foi possível a manutenção dos bioflocos em sistema de criação de juvenis de tainha *Mugil cf. hospes* e o seu desenvolvimento a partir da utilização de um inoculo. Trabalhos futuros devem ser realizados para detectar a possibilidade de formação de bioflocos na criação da referida espécie.

AGRADECIMENTOS

Andréa Ferretto da Rocha agradece a bolsa de doutorado fornecida pela CAPES. Os professores Wilson Wasielesky Jr. e Paulo César Abreu são pesquisadores do CNPq.

LITERATURA CITADA

AMINOT, A & M CHAUSSEPIED. 1983. Manuel dès analyses chimiques em milieu Marin. Brest: CNEXO. 395p. In: BAUGARTEN, MGZ, MBR JUSSELI & LFH NIENCHESKI. Manual de analises em oceanografia química. Ed. da FURG. 134p.

APHA (American Public Health Association). 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington. 1193p.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Methods of Analysis, 12. ed. Arlington. Washington. 1141p.

AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.

AVNIMELECH, Y. 2006. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, 34(3): 172-178.

AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.

AVNIMELECH, Y. 2009. *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*. Baton Rouge, Louisiana, United States. The World Aquaculture Society. 181p.

AZIM, ME & DC LITTLE. 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.

AZIM, ME, DC LITTLE & JE BRON. 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*, 99: 3590-3599.

BARAK, Y, E CYTRYN, I GELFAND, M KROM & J VAN RIJN. 2003. Phosphorus removal in a prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 220: 313-326.

BENETTI, DD & J FAGUNDES NETO. 1991. Preliminary results on growth of mullets (*Mugil liza* and *M. curema*) fed on artificial diets. *J. World Aquac. Soc.*, 22: 55-57.

- CARVALHO, CVA, A BIANCHINI, MB TESSER & LA SAMPAIO. 2010. The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). *Aquaculture Research*, 41: 511-518.
- CHAMBERLAIN, G, Y AVNIMELECH, RP MCINTOSH & M VELASCO. 2001. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems with balanced C:N, II: Composition and nutritional value of organic detritus. *Global Aquaculture Advocate*, June.
- CHAO, NL, LE PEREIRA, JP VIEIRA, MA BEMVENUTI & LP CUNHA. 1982. Relação preliminar dos peixes estuarinos e marinhos da Lagoa dos Patos e região adjacente, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Atlântica*, 5 (1): 67-75.
- CHEN, S, J LING & JP BLANCHETON. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*, 34: 179-197
- CRAB, R, B CHIELENS, M WILLE, P BOSSIER & W VERSTRAETE. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41: 559-567.
- EATON, AD, LS CLESERCI & AE GREENBERG (Eds.), 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 10th edition. Amer. Pub. Health Assoc., Washington D.C.
- EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture in aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- EL-SAYED, A-FM & AE EL-GHOBASHY. 2011. Effects of tank colour and feed colour on growth and feed utilization of thinlip mullet (*Liza ramada*) larvae. *Aquaculture Research*, 42: 1163-1169.

FERREIRA, L. 2008. Formação de flocos microbianos em cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* e do camarão-branco *Litopenaeus vannamei*. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Aquicultura. Universidade Federal do Rio Grande, 57p.

HOBBIE, JE, RL DALEY & S JASPER. 1977. Use of nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33: 1225-1228.

JU, ZY, I FORSTER, L CONQUEST, W DOMINY, WC KUO & FD HORGAN. 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquaculture Research*, 39: 118-133.

KUHN, DD, GD BOARDMAN, AL LAWRENCE, L MARSH & GJ FLICK JR. 2009. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*, 296: 51-57.

LEE CS & AC OSTROWSKI. 2001. Current status of marine finfish larviculture in the United States. *Aquaculture*, 200: 89-109.

MENEZES, NA. 1983. Guia prático para conhecimento e identificação de tainhas e paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral brasileiro. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2: 1-12.

POERSCH, LH, MHS SANTOS, K MIRANDA-FILHO & W WASIELESKY JR. 2007. Efeito agudo do nitrato sobre alevinos da tainha *Mugil platanus* (pisces: Mugilidae). *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 33(2): 247-252.

RAY, AJ, G SEABORN, JW LEFFLER, SB WILDE, A LAWSON & CL BROWDY. 2010a. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*, 310: 130-138.

SAMPAIO, LA, W WASIELESKY JR. & KC MIRANDA-FILHO. 2002. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. Bull. of Environmental Contamination and Toxicology, 68: 668-674.

SILVA, AF. 2009. Influência da densidade de estocagem sobre o desempenho do camarão branco *Litopenaeus vannamei* durante a fase final de engorda em sistema super-intensivo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande. 45p.

SILVA, CF, E BALLESTER, J MONSERRAT, L GERACITANO, W WASIELESKY JR. & PC ABREU. 2008. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. Aquaculture Nutrition, 14: 507-514.

SOKAL, RR & FJ ROHLF. 1995. Biometry. 3rd edition. W. H. Freeman and Company: New York. 887p.

STRICKLAND, JDH & TR PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2ed. Ottawa: Bulletin 167.

THOMPSON, FL, PC ABREU & W WASIELESKY. 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. Aquaculture, 203: 263-278.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and guides. Paris. 12p.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 9: 1-38.

VINATEA, L, AO GÁLVEZ, CL BROWDY, A STOKES, J VENERO, J HAVEMAN, BL LEWIS, A LAWSON, A SHULER, & JW LEFFLER. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. Aquacultural Engineering, 42: 17-24.

WASIELESKY JR., W, H ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.

WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and pheopigments. *Limnol. Oceanogr.*, 39: 1985-1992.

Tabela 1 - Composição bromatológica da ração, dos bioflocos formados nos diferentes tratamentos (n=1) e dos ingredientes utilizados como fonte de carbono durante o estudo.

	Proteína bruta (%MS ¹)	ENN ² (%)	Extrato etéreo (%MS)	Fibras (%MS)	Cinzas (%MS)	MS (%)
Ração	43,97	29,07	8,13	4,28	14,55	86,14
Bioflocos T	28,90	24,65	0,30	2,46	43,69	88,57
Bioflocos SEM	19,88	19,95	1,20	3,91	55,06	90,86
Bioflocos TFC ³	-	-	-	-	-	-
Bioflocos inicial ⁴	25,60	18,75	0,14	5,44	50,07	93,42
Melaço em pó	5,6	81,64	0,16	0,2	12,4	61
Farelo de trigo	18,9	61,1	2,7	11,3	6,0	88,1

¹Matéria seca, ²Extrativo não-nitrogenado: estimados através da diferença [100-(PB+EE+FB+cinzas)], ³Amostra danificada, ⁴Amostra retirada da criação de camarões *L. vannamei*

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade da água nos tratamentos T, TFC e SEM durante o estudo. Valores apresentados em média \pm desvio padrão. Letras diferentes entre colunas indicam diferença estatística ($P < 0,05$) entre os tratamentos após o teste Kruskal-Wallis.

Parâmetro	T	TFC	SEM
Temperatura (°C)	24,53 \pm 1,56 ^a	24,57 \pm 1,44 ^a	24,80 \pm 1,48 ^a
Salinidade	31,37 \pm 1,47 ^a	33,33 \pm 1,71 ^b	31,32 \pm 1,21 ^a
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	5,47 \pm 0,85 ^a	5,93 \pm 0,70 ^b	5,72 \pm 0,61 ^{ab}
pH	8,00 \pm 0,28 ^a	7,95 \pm 0,25 ^a	8,09 \pm 0,28 ^a
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	345,11 \pm 46,0 ^a	277,22 \pm 34,02 ^b	397,89 \pm 72,22 ^a
Turbidez (ntu)	77,20 \pm 58,25 ^a	341,78 \pm 103,8 ^b	35,44 \pm 26,46 ^a
Clorofila <i>a</i> (μ g L ⁻¹)	3,81 \pm 2,97 ^a	180,83 \pm 45,58 ^b	2,87 \pm 2,39 ^a
N-Amônia total (mg L ⁻¹)	2,17 \pm 2,56 ^{ab}	0,36 \pm 0,53 ^a	2,46 \pm 1,79 ^b
N-Nitrito (mg L ⁻¹)	9,07 \pm 9,64 ^a	0,55 \pm 0,92 ^b	2,29 \pm 3,80 ^a
N-Nitrato (mg L ⁻¹)	6,32 \pm 7,48 ^a	31,58 \pm 5,37 ^b	1,84 \pm 1,79 ^a
Fosfato (mg L ⁻¹)	2,37 \pm 1,44 ^a	5,81 \pm 2,03 ^b	3,38 \pm 2,06 ^a

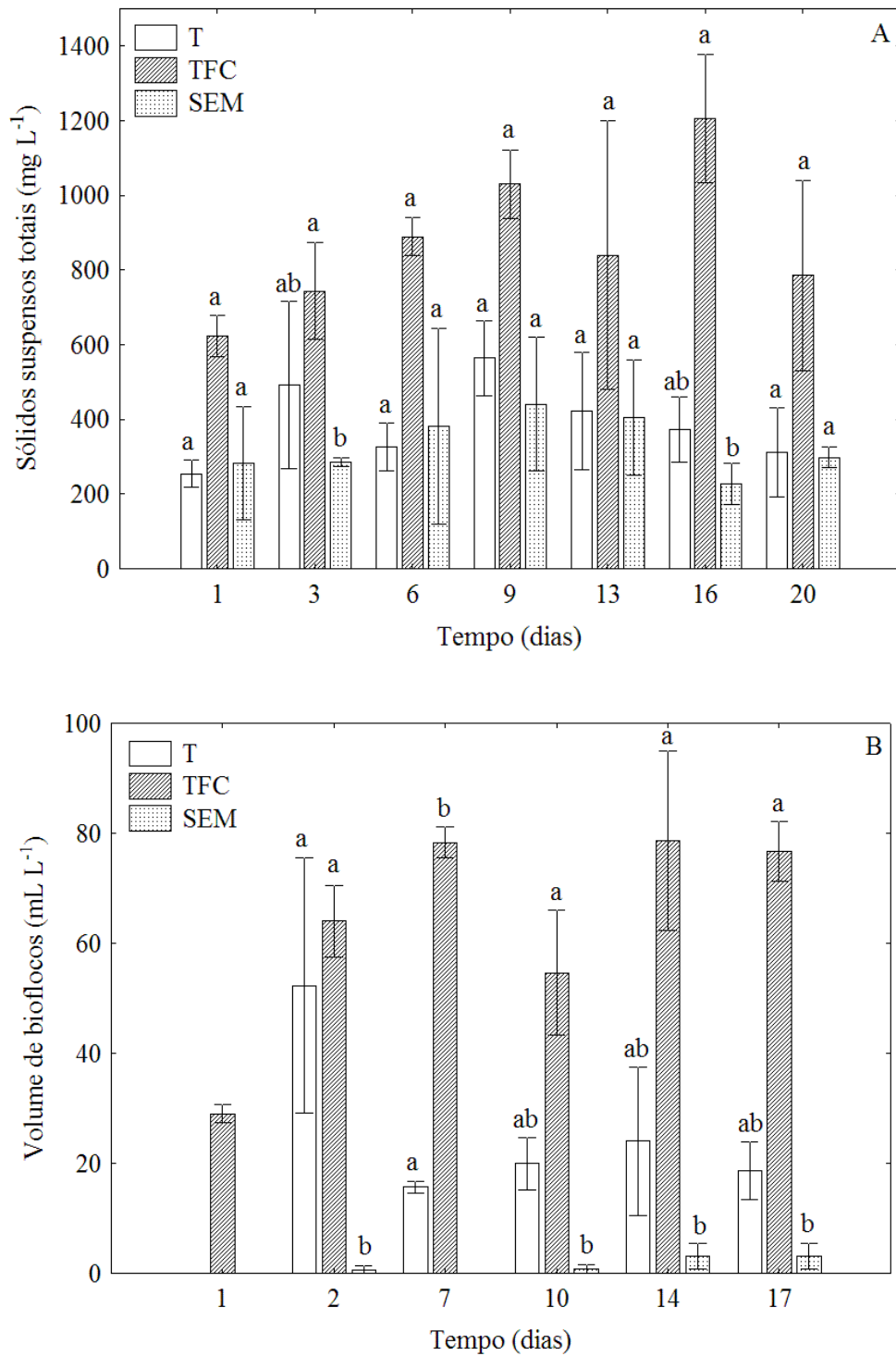


Figura 1. Concentração de sólidos suspensos totais (A) e volume de bioflocos (B) durante o estudo nos tratamentos T, TFC e SEM. Valores expressos em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) entre os tratamentos no teste Kruskal-Wallis em cada período amostral.

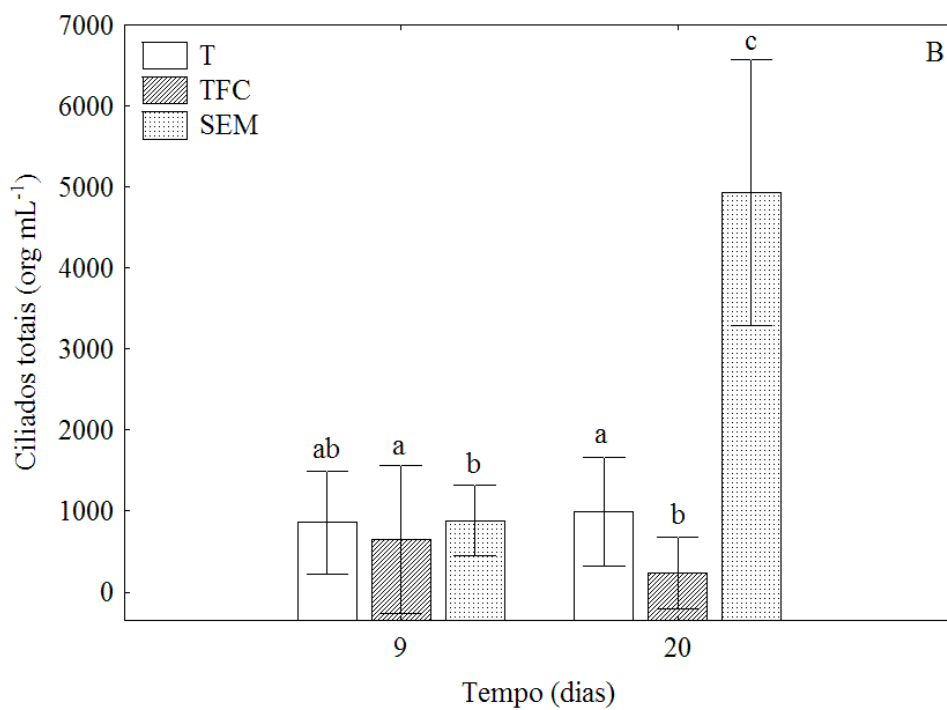
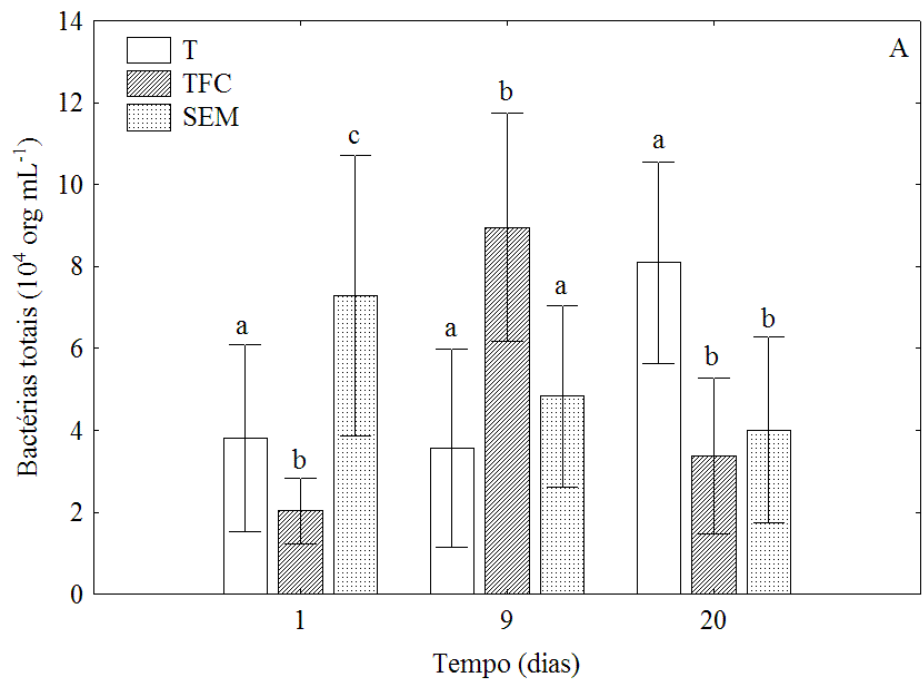
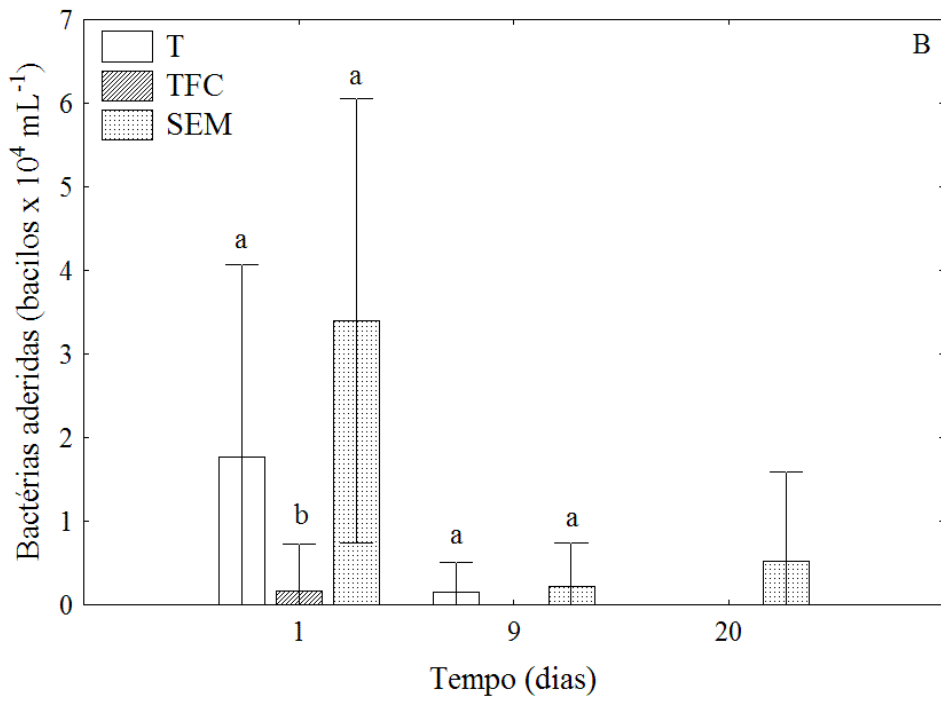
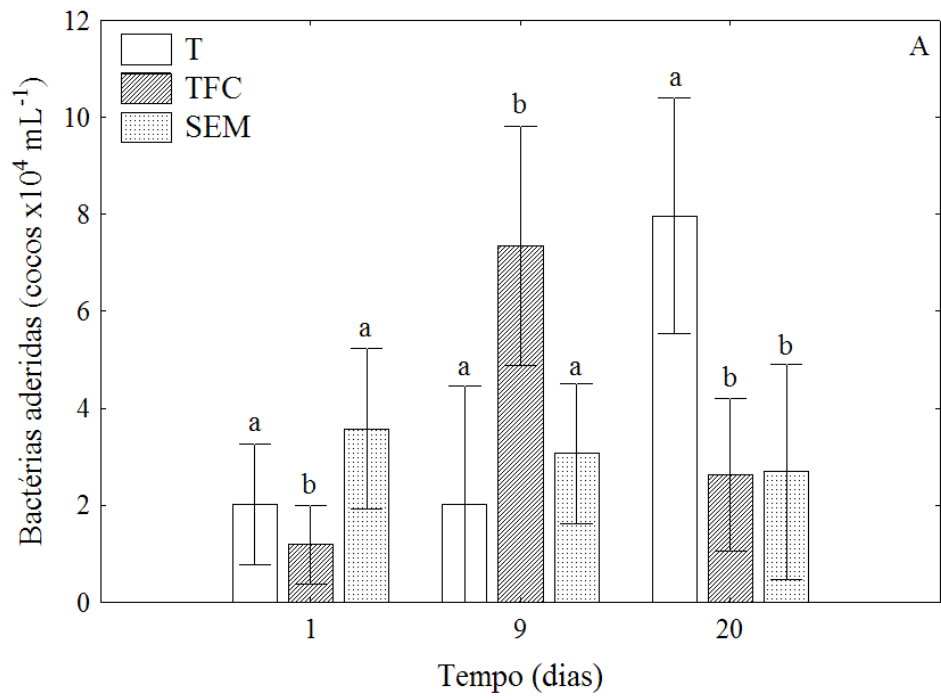


Figura 2. Abundância de bactérias totais aderidas aos bioflocos (A) e ciliados totais (B) durante o estudo na água dos tratamentos T, TFC e SEM. Valores expressos em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) após o teste Kruskal-Wallis em cada período amostral.



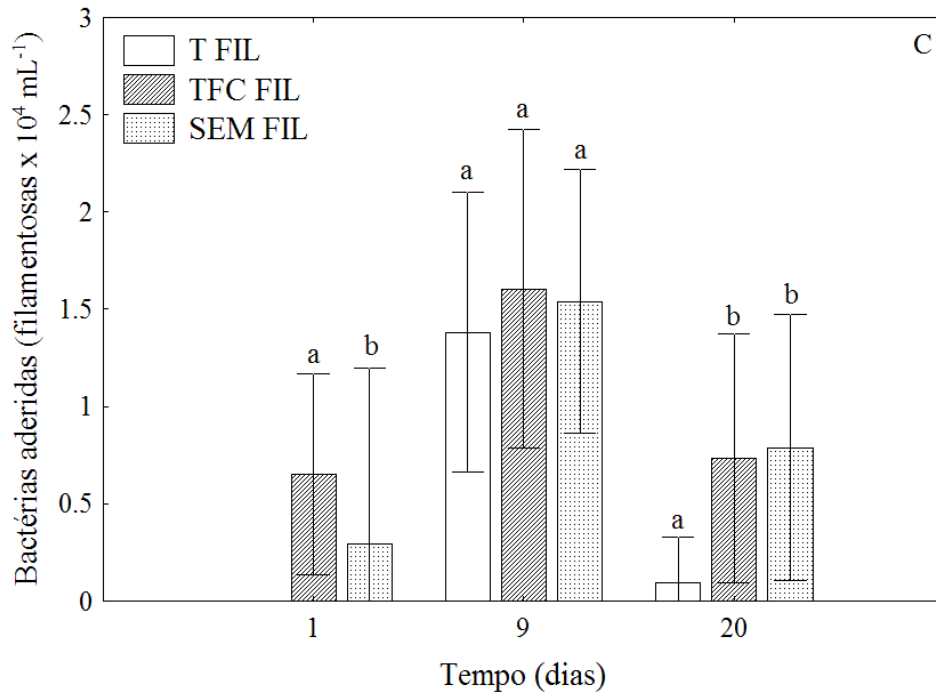
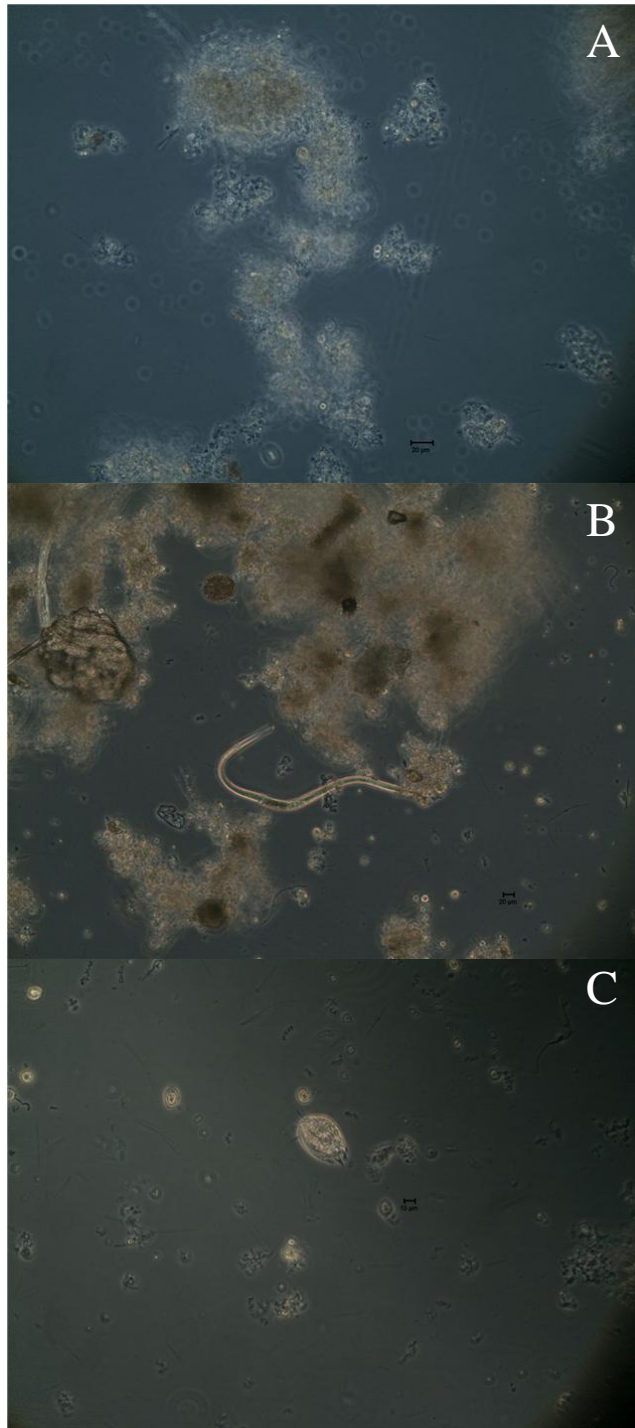


Figura 3. Abundância de bactérias do tipo cocos (A), bacilos (B) e filamentosas (C) aderidas aos bioflocos nos tratamentos T, TFC e SEM durante o estudo. Valores expressos em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) após o teste Kruskal-Wallis em cada período amostral.



Fotos: Prof. Paulo César Abreu.

Figura 4. Imagens de bioflocos observados em microscópio Axiovert – Zeiss (A=400x), nas amostras de água dos tratamentos T (A), TFC (B) e SEM (C) no 9º dia do estudo.

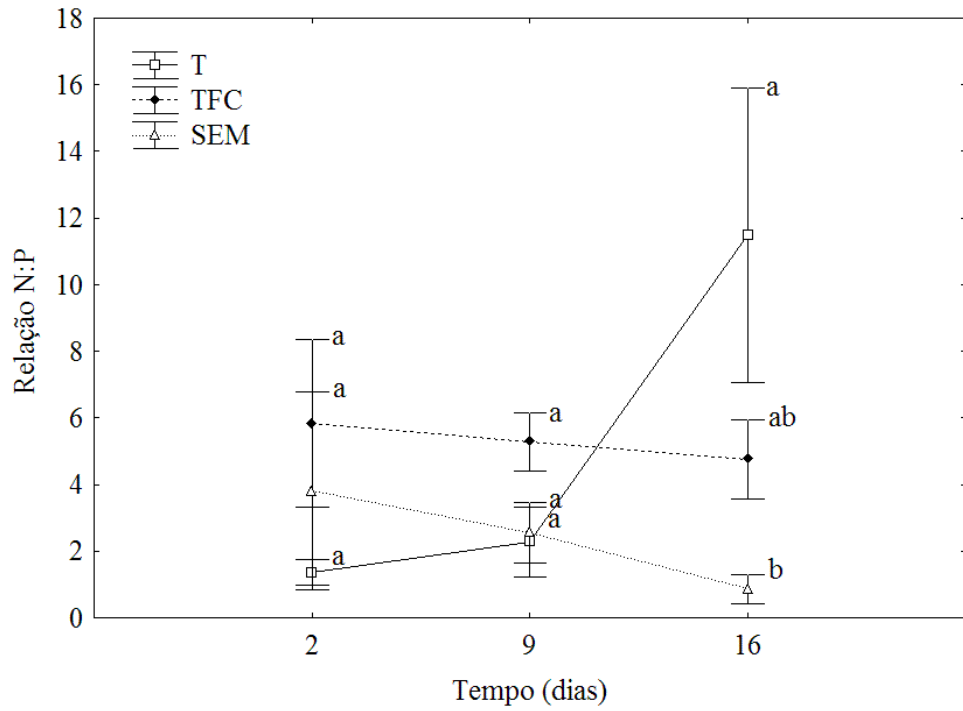


Figura 5. Relação N:P da água durante o estudo nos tratamentos T, TFC e SEM. Valores expressos em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) após o teste Kruskal-Wallis em cada período amostral.

Capítulo 2. Artigo submetido para publicação na revista PAB (Pesquisa Agropecuária Brasileira).

Avaliação da utilização de substratos artificiais e bioflocos no desempenho zootécnico de juvenis de tainhas *Mugil liza*

Andréa Ferretto da Rocha⁽¹⁾, Paulo César Abreu⁽²⁾, Wilson Wasielesky Jr.⁽³⁾ e Marcelo Borges Tesser⁽⁴⁾

¹ Programa de Pós-Graduação em Aquicultura,

Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, CP 474, Rio Grande, RS, Brasil

² Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos,

³ Laboratório de Carcinocultura,

⁴ Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos

andreaferretto@hotmai.com

Resumo

Com o objetivo de avaliar a importância da alimentação natural no desempenho em crescimento de juvenis de tainhas *Mugil liza* (peso médio inicial de $0,66 \pm 0,21$ g), três diferentes sistemas de criação foram utilizados durante 30 dias, sendo um sistema realizado em água clara, um sistema que consistia de água contendo bioflocos e substrato artificial com perifíton, e um terceiro sistema realizado em água clara contendo substrato artificial com perifíton. Todos os tratamentos receberam ração comercial (42% PB), e os tratamentos com água clara tiveram renovações de água diariamente. A sobrevivência final dos juvenis foi superior a 90% em todos os tratamentos, sem diferença entre eles. O tratamento que utilizou perifíton e bioflocos conjuntamente resultou em maior crescimento em peso dos juvenis de tainhas e menor taxa de conversão alimentar aparente, em comparação aos demais tratamentos. Adicionalmente, este tratamento registrou menor concentração média de amônia total na água dos tanques de criação.

Palavras-chave: Aquacultura, bioflocos, perifíton, tainhas

Abstract

With the aim to evaluate the importance of the natural food on growth performance of juveniles of mullets *Mugil liza* (initial weight 0.66 ± 0.21 g), the second experiment using three different culture systems was conducted during 30 days: (1) system of clear water, (2) biofloc and periphyton, (3) clear water and periphyton. All treatments received a commercial feed (42% CP). The treatment biofloc and periphyton had a better influence in weight and length of the juveniles, as well as feed conversion rate, than other treatments. The parameters of water quality in biofloc and periphyton was more efficient, thru a significant decrease in ammonia. The survival was above 90% in all treatments, no significant difference between them.

Keywords: Aquaculture, biofloc, periphyton, mullets

Introdução

As tainhas, peixes de grande importância na pesca artesanal da Lagoa dos Patos, RS (Reis & D'Incao, 2000) e criadas comercialmente em países como Estados Unidos e Egito (Lee & Ostrowski, 2001; El-Sayed & El-Ghobashy, 2010), tem sido objeto de diversos estudos relacionados à possibilidade de sua criação também no Brasil. A característica de se alimentarem inicialmente com perifíton e posteriormente com detritos orgânicos (Oliveira & Soares, 1996) sugere a possibilidade de sua criação em sistemas que utilizem o alimento natural disponível.

A utilização de substratos artificiais para formação de perifíton tem sido amplamente empregada em diversos países, na criação de camarões e peixes, representando baixo custo de implantação e aumento da produtividade das espécies criadas (Azim et al., 2002; Van Dam et al., 2002; Ballester et al., 2007), e sua importância já foi verificada também para a criação de tainhas *Mugil cephalus* (Jana et al., 2004). O perifíton é descrito como toda a biota formada nos substratos artificiais submersos, que compreende microrganismos autótrofos e heterótrofos que podem servir como fonte adicional de alimento e promover a qualidade da água de criação (Thompson et al., 2002).

Da mesma forma, sistemas que utilizam a tecnologia dos bioflocos por meio da manipulação da relação C:N na água, frequentemente fazendo uso de fonte suplementar de carbono orgânico (farelos, acetato, glicose, melão de cana-de-açúcar), transformando os compostos nitrogenados do sistema em biomassa bacteriana que pode ser consumida pelos organismos criados, já demonstraram sua eficiência na criação de camarões e tilápias (Wasielesky et al., 2006; Avnimelech, 2007). Adicionalmente, a utilização das duas técnicas conjuntamente já vem sendo investigada para criação de

peixes e camarões, em monocultivo e policultivo, como uma forma de tornar a atividade economicamente sustentável (Asaduzzaman et al., 2010).

Considerando a importância da alimentação natural para as tainhas, os efeitos da utilização de perifíton e de bioflocos sobre o desempenho em crescimento de juvenis de *Mugil liza* foram avaliados.

Material e Métodos

Instalações e condições experimentais

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, durante 30 dias, entre janeiro e fevereiro de 2010. Juvenis de tainhas *Mugil liza*, peso médio inicial de $0,66 \pm 0,21$ g, capturados na praia do Cassino, RS, foram distribuídos em tanques retangulares de polietileno com volume útil de 50 L, na densidade de 0,6 animais L^{-1} . Os tanques foram alocados em ambiente externo, com luminosidade e fotoperíodo naturais, água filtrada (filtro CUNO® - 5µm de poro) e salinidade 10, cobertos por uma tela e sombrite reflexivo. A oxigenação da água e a suspensão do material particulado foram mantidas por fluxo de ar. Todos os tratamentos receberam ração comercial (42% PB, 8% EE, 14% CINZAS-MS) na proporção de 5% da biomassa dividida em três ofertas ao dia.

Foram avaliados três tratamentos com três repetições cada: BFP: tainhas mantidas com substrato artificial contendo perifíton previamente formado e um inoculo de água contendo bioflocos provenientes da produção de camarões *Litopenaeus vannamei*; ACP: tainhas mantidas em tanques com substrato artificial contendo perifíton previamente formado e AC: tainhas mantidas em tanques com água clara.

Os tratamentos AC e ACP tiveram 90% do volume da água renovado ao dia. O tratamento BFP não teve renovação de água e recebeu adição de dextrose como fonte de carbono orgânico quando os níveis de amônia total excediam $1 \text{ mg } L^{-1}$, na proporção de

6C:1N, com base no N-amônia total, de acordo com Ebeling et al. (2006), que reporta ser necessário 6g de carbono para imobilizar 1g de N-amoniaco.

Origem dos bioflocos e do perifíton

O tratamento BFP recebeu inicialmente 20 mL L⁻¹ de água contendo bioflocos, volume obtido de um tanque de produção de camarões *Litopenaeus vannamei* do Laboratório de Carcinocultura da Estação Marinha de Aquacultura - FURG. O volume de bioflocos na água deste tratamento foi determinado uma vez na semana por meio de sedimentação de um litro de amostra de água durante 15 minutos em cone Imhoff (Avnimelech, 2007). Uma nova adição de bioflocos (20 mL L⁻¹) foi realizada quando o volume de bioflocos nos tanques se encontrava abaixo de 5 mL L⁻¹ no cone Imhoff.

Nos tratamentos BFP e ACP, duas telas de polietileno (20 x 15 cm) com perifíton previamente formado foram colocadas em cada unidade experimental, aumentando em 82% a superfície vertical de cada tanque. Em cada tela foram fixados nove pedaços de tela menores (3 x 3 cm), que serviram como unidades amostrais para as análises de biomassa e clorofila *a* do perifíton. As telas de polietileno foram mantidas durante 14 dias em um tanque com água na mesma salinidade da utilizada no estudo, com adição diária de ração, para formação de perifíton antes do início do estudo.

Para as análises da clorofila *a* do perifíton, amostras foram diretamente congeladas, e o pigmento extraído com acetona 90% durante 24h no escuro a -12°C. A concentração de clorofila *a* foi determinada em fluorímetro (Turner® TD700) segundo o método descrito por Welshmeyer (1994).

Avaliação da sobrevivência e do crescimento

Foram realizadas três biometrias para avaliação do peso e do comprimento total dos animais. Os juvenis de tainhas foram anestesiados com benzocaína 50 ppm, pesados em balança digital (0,1 g) e o seu comprimento total medido por meio de ictiômetro. As

biometrias realizadas no início e no final do experimento quantificaram todos os animais, enquanto que uma biometria realizada aos 15 dias de experimento utilizou 30 animais por tratamento. Ao final do experimento foi avaliada a sobrevivência, a taxa de conversão alimentar e a taxa de crescimento específico. A taxa de conversão alimentar (TCA) foi calculada a partir da quantidade de ração fornecida dividida pelo ganho em peso (g). A taxa de crescimento específico (TCE) foi calculada pela equação:

$TCE (\% \text{ dia}^{-1}) = 100 \times (\ln B_f - \ln B_i) / t$, onde: $\ln B_f$ = logaritmo neperiano da biomassa final, $\ln B_i$ = logaritmo neperiano da biomassa inicial, t = tempo em dias

Monitoramento da qualidade da água

Diariamente foram monitorados a temperatura da água e a concentração de oxigênio dissolvido com aparelho multiparâmetros (YSI[®]-550^a) e a salinidade utilizando refratômetro (Atago[®]). O pH foi medido com pHmetro digital (YSI[®]-pH100). Semanalmente, a concentração de nitrato (N-NO_3^{-1}) foi analisada segundo Aminot & Chaussepied (1983), a alcalinidade (CaCO_3^{-2}) segundo APHA (1989), a turbidez, utilizando turbidímetro (HACK[®]-2100P) e a concentração de sólidos suspensos totais (SST), a partir da diferença de peso dos filtros (GF 1-A[®]) previamente secos em estufa e após a filtragem de 25 mL de amostra de água (Strickland & Parsons, 1972).

O nitrito (N-NO_2^{-1}) e o fosfato (P-PO_4^{3-}) foram analisados duas vezes na semana segundo Aminot & Chaussepied (1983) e a amônia total (N-AT) foi analisada cinco vezes por semana adotando o método da Unesco (1983). Para as análises da clorofila *a* da água, amostras semanais de 20 mL foram filtradas (filtros GF 1-A[®]) e congeladas a -12 °C. A concentração de clorofila *a* foi determinada em fluorímetro (Turner[®] TD700) segundo o método descrito por Welshmeyer (1994) após extração do pigmento fotossintético em acetona 90%, no escuro, a -12 °C, durante 24 horas.

Análises estatísticas

Para avaliar possíveis diferenças significativas na sobrevivência final das tainhas, crescimento em peso, taxa de conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico e concentração de sólidos suspensos totais foi utilizada a análise de variância ANOVA uma-*via* considerando-se as premissas de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade (Cochran C) dos dados. O teste de Tukey foi aplicado para a comparação de médias quando detectada diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Para a análise do crescimento em comprimento dos animais e avaliação dos demais parâmetros de qualidade de água foi utilizada a análise de variância não-paramétrica Kruskal-Wallis, pois não atenderam as premissas consideradas anteriormente. Os valores em percentual foram transformados (arcoseno da raiz quadrada) antes da aplicação dos testes (Sokal & Rohlf, 1995). Todas as análises estatísticas foram executadas ao nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

Após 30 dias os juvenis de tainhas de todos os tratamentos aumentaram seu peso aproximadamente quatro vezes. Os animais do tratamento BFP apresentaram peso e comprimento significativamente maiores do que os animais dos tratamentos AC e ACP (Tabela 1). O tratamento BFP apresentou taxa de conversão alimentar aparente (TCA) menor do que o tratamento ACP, enquanto que a TCA do tratamento AC foi similar aos tratamentos BFP e ACP. A taxa de crescimento específico (TCE) não diferiu significativamente entre os tratamentos BFP, AC e ACP. A sobrevivência dos juvenis após 30 dias de estudo em todos os tratamentos foi superior a 90%, sem diferença estatística entre os tratamentos. Carvalho et al. (2010) relataram valores semelhantes de sobrevivência ($96,3 \pm 2,2\%$) para juvenis de tainhas após 35 dias de experimento mantidas em temperatura média de $24,0 \pm 0,2$ °C e recebendo ração com 40% de

proteína bruta, e observou TCE de $3,60 \pm 0,1\%$ dia⁻¹, inferior às taxas encontradas no presente estudo que foram acima de 4,2%.

Neste trabalho pode-se considerar que a presença de bioflocos e de perifíton no sistema otimizou o crescimento em peso dos animais do tratamento BFP, o que não ocorreu no tratamento que apresentava apenas perifíton (ACP), mesmo sendo observada a predação sobre este. Richard et al. (2010) relataram que juvenis de tainhas *Liza aurata* criadas em tanques que continham substrato com perifíton aderido também não apresentaram crescimento favorecido em comparação com tainhas criadas em tanques que não continham substratos com perifíton.

Em relação aos parâmetros de qualidade da água (média \pm desvio padrão) durante o estudo, a temperatura da água ($26,7 \pm 1,7$ °C), a concentração de oxigênio dissolvido ($7,36 \pm 0,25$ mg L⁻¹), a salinidade ($9,16 \pm 3,37$) e o pH ($7,74 \pm 0,28$) não variaram entre os tratamentos. Os parâmetros de salinidade e temperatura se mantiveram dentro dos limites sugeridos para tainhas por Fonseca Neto & Spach (1999) e Okamoto et al. (2006), para salinidade e temperatura, respectivamente.

A alcalinidade média foi maior no tratamento BFP, alcançando 100 mg L⁻¹, valor recomendado por Ebeling et al. (2006) para sistemas com bioflocos, onde é comum ocorrer a redução da alcalinidade devido aos diversos processos biológicos envolvidos. Contudo, não foi observada redução da alcalinidade no tratamento com bioflocos, e os valores médios de pH não diferiram entre os tratamentos. Burford et al. (2003) enfatizam que as oscilações do pH decorrentes dos processos de fotossíntese e respiração, assim como morte do fitoplâncton, são fatores preocupantes no sistema aquático. Entretanto, Ebeling et al. (2006) relatam que em sistemas onde há presença de nitrato na água, a incorporação deste pelo fitoplâncton eleva a alcalinidade (Tabela 2).

A turbidez média da água foi mais elevada no tratamento BFP, que continha bioflocos juntamente com perifíton. Como a turbidez está diretamente relacionada com a concentração de SST na água, também o tratamento BFP apresentou concentração média de SST maior que o tratamento AC, enquanto que o tratamento ACP foi estatisticamente similar aos demais (Tabela 2). A concentração média de SST apresentada pelo tratamento BFP ($206,57 \pm 88,90 \text{ mg L}^{-1}$) está abaixo do limite máximo de 400 mg L^{-1} de SST recomendado por Avnimelech (2009) para sistemas de criação de peixes em bioflocos.

Asaduzzaman et al. (2008) relatam que após 56 dias realizando fertilização em tanques sem animais para obtenção de bioflocos a concentração média de SST atingiu 350 mg L^{-1} , produzindo $6,25 \text{ g m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$ de biomassa de bioflocos (matéria seca), quantidade que, segundo os autores, seria suficiente para alimentar aproximadamente 312 g de peixes na taxa de 2% da biomassa ao dia.

Adicionalmente, Avnimelech (2009) ressalta a possibilidade de que sistemas de criações de tilápias podem apresentar concentração de SST superior a 1000 mg L^{-1} , representando importante quantidade de alimento disponível no sistema, visto que 1 Kg de tilápias (peso médio de 107 g) é capaz de consumir cerca de $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de SST. O mesmo autor sugere que a utilização de bioflocos pode contribuir com até 50% da proteína necessária na dieta de tilápias, reduzindo consideravelmente os custos com alimentação (Avnimelech, 2007).

Quanto à biomassa de perifíton, Azim et al. (2003) estimam que é necessário uma biomassa diária de $1,76 \text{ g m}^{-2}$ de perifíton (sobre a matéria seca) para alimentar tilápias sem a utilização de ração. Ao final do estudo, o perifíton formava uma biomassa (sobre a matéria seca) de $0,0103 \text{ mg cm}^{-2}$ e $0,0092 \text{ mg cm}^{-2}$ nos tratamentos BFP e ACP, respectivamente, sem diferença significativa entre os tratamentos (Fig. 1 A), assim

como ocorreu com a concentração média de clorofila *a* do perifíton, que ao término do estudo registrou valores médios de $0,32 \pm 0,06 \mu\text{g cm}^{-2}$ e $0,64 \pm 0,41 \mu\text{g cm}^{-2}$, nos tratamentos BFP e ACP, respectivamente (Fig. 1 B). Uddin et al. (2007) ao estudarem o efeito da adição de perifíton na criação de tilápias *Oreochromis niloticus* em sistemas de monocultivo e policultivo não registraram diferenças na biomassa de perifíton e concentração de clorofila *a* da água entre os diferentes sistemas, embora tenham observado maior sobrevivência e crescimento em peso das tilápias mantidas em sistemas com perifíton, indicando que a predação sobre este pode ter ocorrido de forma semelhante entre os tratamentos, assim como a sua velocidade de regeneração. Também é possível que a oferta de ração diminua o consumo de alimento natural. Esse fato já foi observado e relatado por Larson & Shanks (1996), que evidenciaram redução no consumo de bioflocos por juvenis de tainhas *Mugil curema* e *Mugil cephalus* com a presença de outro alimento.

A quantidade de alimento natural disponível também é importante. Richard et al. (2010), ao avaliarem a utilização de substratos artificiais na criação de tainhas *Liza aurata*, observaram uma biomassa de perifíton de $13,5 \pm 0,8 \text{ mg cm}^{-2}$ (sobre a matéria seca) e concentração de clorofila *a* também do perifíton de $6,8 \pm 5,2 \mu\text{g cm}^{-2}$ após 35 dias, valores médios superiores aos encontrados no presente estudo, e ainda assim os autores sugerem a necessidade de períodos mais prolongados de imersão do substrato para que ocorra formação de perifíton suficiente para a alimentação das tainhas. Azim et al. (2002) relata que a biomassa de perifíton em viveiros de criações de peixes normalmente oscila, observando biomassas de perifíton entre $3,3$ a $6,7 \text{ mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (sobre a matéria seca), valores suficientes para garantir maiores taxas de sobrevivência, de crescimento e de produtividade de carpas em comparação aos sistemas que não utilizaram substratos com perifíton.

A utilização de substratos artificiais em sistemas de criação de camarões e peixes tem sido amplamente empregada, principalmente em sistemas extensivos e com espécies de hábitos herbívoros (Van Dam et al., 2002), e a contribuição do perifíton já foi verificada em muitos estudos. Ballester et al. (2007) demonstraram que a utilização de perifíton melhorou a sobrevivência e o crescimento de camarões *Farfantepenaeus paulensis*. Uddin et al. (2007) observaram que o crescimento de tilápias pode ser otimizado em mais de 40% com a utilização de substratos. A colaboração do perifíton no estado nutricional dos animais criados deve-se, em grande parte, aos microrganismos aderidos ao substrato, que de acordo com Thompson et al. (2002), contribuem com elementos essenciais como aminoácidos, vitaminas e ácidos graxos poliinsaturados, fatores que auxiliam o desenvolvimento dos animais criados. Azim et al. (2002) relataram uma produtividade de carpas 2,8 vezes maior em sistema de criação contendo substratos com perifíton comparado ao sistema sem substrato. Entretanto, a influência da adição de perifíton sobre o desempenho em crescimento das tainhas não pode ser comprovada neste estudo.

Em sistemas que estimulam a formação de bioflocos frequentemente ocorre a diminuição da produtividade primária ao longo do tempo, devido ao aumento da concentração de SST e conseqüentemente da turbidez da água. Essa relação não foi observada neste estudo, uma vez que a concentração média final de clorofila *a* na água do tratamento BFP ($325,3 \pm 59,27 \mu\text{g L}^{-1}$), que continha bioflocos e perifíton, foi significativamente mais elevada do que nos tratamentos AC ($141,76 \pm 60,18 \mu\text{g L}^{-1}$) e ACP ($38,56 \pm 41,68 \mu\text{g L}^{-1}$) (Fig. 2), indicando maior abundância de fitoplâncton no tratamento BFP. Thompson et al. (2002), ao avaliarem a utilização de perifíton na criação do camarão-rosa *F. paulensis* observaram que a captação da amônia da água foi realizada em grande parte pelo fitoplâncton e também por bactérias nitrificantes,

comprovando a importância do fitoplâncton e das bactérias para a manutenção da qualidade da água em aquicultura.

Moriarty (1997) já ressaltava a importância dos microrganismos nos sistemas de criação na ciclagem dos nutrientes, melhorando assim a qualidade da água, entretanto esta observação não pode ser confirmada no presente estudo, pois os tratamentos com água clara (AC e ACP) tiveram renovação de água diária de 90% do volume por apresentarem níveis elevados de amônia e nitrito, o que deve ter impedido o estabelecimento da comunidade perifítica, que leva em torno de 10-15 dias para se tornar eficiente (Thompson et al. 2002). Em contrapartida, o tratamento BFP manteve os níveis de compostos nitrogenados controlados, sem a necessidade de renovação de água durante os 30 dias do experimento, com valores médios de amônia e nitrato significativamente menores que os registrados nos tratamentos AC e ACP, enquanto que a concentração média de nitrito e fosfato durante o tempo experimental foi similar entre os tratamentos (Tabela 2). A explicação para o tratamento BFP ter registrado concentração média de nitrato significativamente menor do que os tratamentos que tiveram renovação pode estar na presença do fitoplâncton e também na ocorrência de processos de desnitrificação. Isso é possível devido a formação de zonas anóxicas nas camadas mais internas do biofilme e mesmo no interior das partículas dos bioflocos (Ebeling et al., 2006), fato que também justifica este tratamento ter registrado significativamente maior alcalinidade média do que os demais. Também é possível observar no tratamento BFP que no mesmo período em que as concentrações de nitrato diminuem há um aumento na alcalinidade do tratamento, possivelmente em função dos processos de desnitrificação (Fig. 3).

Também a fertilização orgânica durante o estudo deve ter contribuído para a manutenção dos compostos nitrogenados no tratamento BFP, juntamente com o

perifíton. Asaduzzaman et al. (2009), ao avaliarem a criação de tilápias em sistema com bioflocos e substrato artificial, conseguiram manter os níveis de compostos nitrogenados sempre baixos devido a uma relação C:N de 20:1, mantida com adição de uma fonte extra de carbono orgânico no sistema. Esses resultados demonstram a eficiência do sistema que utilizou perifíton e bioflocos (BFP) na manutenção da qualidade da água em comparação aos tratamentos com água clara. Hargreaves (2006) já fazia referência a uma maior eficiência de bactérias heterotróficas e fitoplâncton na remoção de compostos nitrogenados no sistema, quando comparadas às bactérias nitrificantes.

Considerando que a utilização de sistemas de criação com bioflocos pode ser realizada com mínima ou nenhuma renovação de água, os custos de produção podem ser reduzidos consideravelmente com a redução de captação/tratamento da água, além de fornecer uma fonte suplementar de alimento, de acordo com o reportado por Crab et al. (2007).

A possibilidade de criação de juvenis de tainhas em sistema com bioflocos e perifíton sem renovação de água pode colaborar com uma atividade economicamente sustentável, considerando os benefícios de produtividade e qualidade de água que o emprego das duas técnicas conjuntamente pode proporcionar e ambientalmente amigável, uma vez que é gerado menos efluentes nesse tipo de sistema.

Conclusões

Juvenis de tainha *Mugil liza* podem ser criadas em sistema sem renovação, com o crescimento em peso otimizado com a utilização conjunta de bioflocos e perifíton, apresentando também melhor taxa de conversão alimentar aparente do que no sistema de água clara.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de doutorado de A.F. Rocha. Os pesquisadores P.C. Abreu e W. Wasielesky Jr. são bolsistas de produtividade científica do CNPq.

Referências

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. Manuel des analyses chimiques em milieu Marin. Brest: CNEXO. 1983. 395p. In: BAUGARTEN, M.G.Z.; JUSSELI, M.B.R.; NIENCHESKI, L.F.H. **Manual de análises em oceanografia química**. Ed. da FURG, 1996.134p.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. 12.ed. Washington: Arlington, 1984. 1141p.

APHA (American Public Health Association). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: 1989. 1193p.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J; HUQUE, S.; SALAM, M.A.; AZIM, M.E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v.280, p.117-123, 2008.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J; BENERJEE, S.; AKTER, T.; HASAN, M.M.; AZIM, M.E. Effects of addition of tilapia *Oreochromis niloticus* and substrates for periphyton developments on pond ecology and production in C/N-controlled freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming systems. **Aquaculture**, v.287, p.371-380, 2009.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J; ADHIKARY, R.K.; RAHMAN, S.M.S.; AZIM, M.E.; VERRETH, J.A.J. Effects of carbohydrate source for maintaining a high C:N ratio and fish driven re-suspension on pond ecology and

production in periphyton-based freshwater prawn culture systems. **Aquaculture**, v.301, p.37-46, 2010.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v.264, p.140-147, 2007.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**. Baton Rouge, Louisiana, United States, 2009. 181p. (The World Aquaculture Society).

AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VAN DAM, A.A.; BEVERIDGE, M.C.M.; MILSTEIN, AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J.; RAHMAN, M.M.; WAHAB, M.A.; VAN DAM, A.A.; BEVERIDGE, M.C.M. Evaluation of polyculture of Indian major carps in periphyton-based ponds. **Aquaculture**, v.213, p.131-149, 2002.

AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J.; MATINGH, I.; VAN DAM, A.A.; BEVERIDGE, M.C.M. Ingestion and utilization of periphyton growth on artificial substrates by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v.34, p.85-92, 2003.

BALLESTER, E.L.C.; WASIELESKY JR., W.; CAVALLI, R.O.; ABREU, P.C. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. **Aquaculture**, v.269, p.355-362, 2007.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; MCINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, v.219, p.393-411, 2003.

CARVALHO, C.V.A.; BIANCHINI, A.; TESSER, M.B.; SAMPAIO, L.A. The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). **Aquaculture Research**, v.41, p.511-518, 2010.

- CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v.270 p.1-14, 2007.
- EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.257, p.346-358, 2006.
- EL-SAYED, A-F.M.; EL-GHOBASHY. A.E. Effects of tank colour and feed colour on growth and feed utilization of thinlip mullet (*Liza ramada*) larvae. **Aquaculture Research**, v.42, p.1163-1169, 2011.
- FONSECA NETO, C.; SPACH, H.L. Sobrevivência de juvenis de *Mugil platanus* Günther, 1880 (Pisces, Mugilidae) em diferentes salinidades. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.25, p.13-17, 1999.
- HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.344-363, 2006.
- LARSON, E.T.; SHANKS, A.L. Consumption of marine snow by two species of juvenile mullet and its contributions to their growth. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v.130, p.19-28, 1996.
- JANA, B.S.N; GARG, S.K.; PATRA, B.C. Effect of periphyton on growth performance of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.), in inland saline groundwater ponds. **J. Appl. Ichthyol.**, v.20, p.110-117, 2004.
- LEE C.S.; OSTROWSKI, A.C. Current status of marine finfish larviculture in the United States. **Aquaculture**, v.200, p.89-109, 2001.
- MORIARTY, D.J.W. The role of microorganisms in aquaculture ponds. **Aquaculture**, v.151, p.333-349, 1997.

OKAMOTO, M.H.; SAMPAIO, L.A.; MAÇADA A.P. Efeito da temperatura sobre o crescimento e a sobrevivência de juvenis da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880. **Atlântica**, v.28, p.61-66, 2006.

OLIVEIRA, I.R.; SOARES, L.S.H. Alimentação da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (Pisces: Mugilidae), da região estuarino-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, v.23, p.95-104, 1996.

REIS, E.G; D'INCAO, F. The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. **Ocean and Coastal Management**, v.43, p.585-596, 2000.

RICHARD, M.; MAURICE, J.T.; ANGINOT, A.; PATICAT, F.; VERDEGEM, M.C.J.; HUSSENOT, J.M.E. Influence of periphyton substrates and rearing density on *Liza aurata* growth and production in marine nursery ponds. **Aquaculture**, v.310, p.106-111, 2010.

SOKAL, R.R.; RHOLF, J. **Biometry. The principles and practice of statistics in biological research**. New York: W. H. Freeman and Company, 1995. 887p. 3rd edition.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. **A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada**. Canada: Bulletin of Fishery Research, 1972. 310p.

THOMPSON, F.L.; ABREU, P.C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, v.203, p.263-278, 2002.

UDDIN, M.S.; FARZANA, A.; FATEMA, M.K.; AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J. Technical evaluation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) monoculture and tilapia-prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture in earthen

ponds with or without substrates for periphyton development. **Aquaculture**, v.269, p.232-240, 2007.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). **Chemical methods for use in marine environmental monitoring**. Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission, Manual and guides, 1983. 12p.

VAN DAM, A.A.; MALCOLM, C.M.; BEVERIDGE, M.; AZIM, E.; VERDEGEM, M.C.J. The potential of fish production based on periphyton. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.12, p.1-31, 2002.

WASIELESKY JR, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.258, p. 396-403, 2006.

WELSCHMEYER, N.A. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and pheopigments. **Limnol. Oceanogr.**, v.39, p.1985-1992, 1994.

Tabela 1. Parâmetros de crescimento de juvenis de *Mugil liza* avaliados ao final do estudo para os tratamentos BFP (bioflocos e perifíton), ACP (água clara com perifíton) e AC (água clara). Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

Tratamentos	Peso final (g)	Comprimento final (cm)	TCA ¹	TCE ² (% dia ⁻¹)	Sobrevivência (%)
BFP	2,87 \pm 0,73 ^a	6,30 \pm 0,54 ^a	1,82 \pm 0,11 ^a	4,80 \pm 0,19 ^a	100 ^a
ACP	2,39 \pm 0,64 ^b	5,83 \pm 0,56 ^b	2,30 \pm 0,19 ^b	4,25 \pm 0,26 ^a	93,33 \pm 5,77 ^a
AC	2,49 \pm 0,55 ^b	6,03 \pm 0,48 ^b	2,21 \pm 0,13 ^{ab}	4,38 \pm 0,03 ^a	97,78 \pm 3,85 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($P < 0,05$) após teste de Tukey (peso final, TCA, TCE e sobrevivência) e Kruskal-Wallis para o comprimento total.

¹TCA= taxa de conversão alimentar

²TCE= taxa de crescimento específico

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água durante o estudo nos tratamentos BFP (bioflocos e perifíton), ACP (água clara com perifíton) e AC (água clara). Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

Parâmetro	BFP	ACP	AC
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	105,94 \pm 26,47 ^a	67,78 \pm 15,55 ^b	73,33 \pm 19,40 ^b
Turbidez (ntu)	93,98 \pm 78,72 ^a	7,22 \pm 3,43 ^c	16,47 \pm 6,21 ^b
SST (mg L ⁻¹)	206,57 \pm 88,90 ^a	138,57 \pm 90,30 ^{ab}	128,80 \pm 107,82 ^b
Amônia total (mg L ⁻¹)	0,73 \pm 0,78 ^a	1,27 \pm 0,63 ^b	1,19 \pm 0,48 ^b
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,08 \pm 0,17 ^a	0,18 \pm 0,44 ^a	0,04 \pm 0,08 ^a
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,52 \pm 0,53 ^a	1,32 \pm 1,01 ^b	1,36 \pm 0,80 ^b
Fosfato (mg L ⁻¹)	0,35 \pm 0,42 ^a	0,41 \pm 0,31 ^a	0,40 \pm 0,41 ^a

Letras diferentes entre colunas indicam diferença estatística significativa ($P < 0,05$) após análise não-paramétrica Kruskal-Wallis.

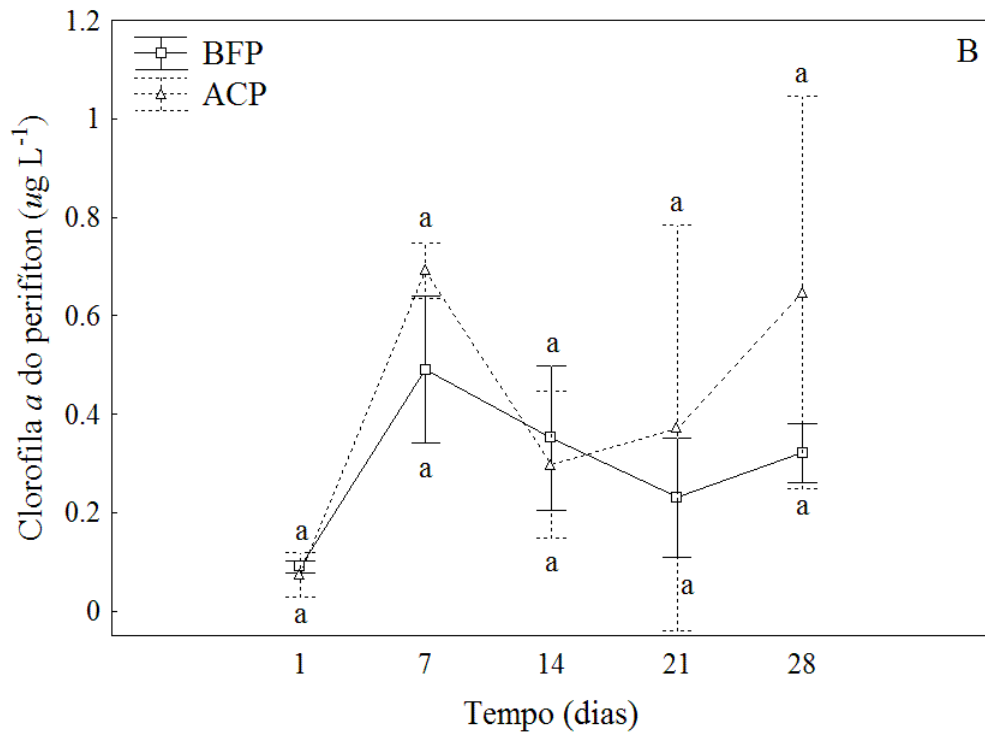
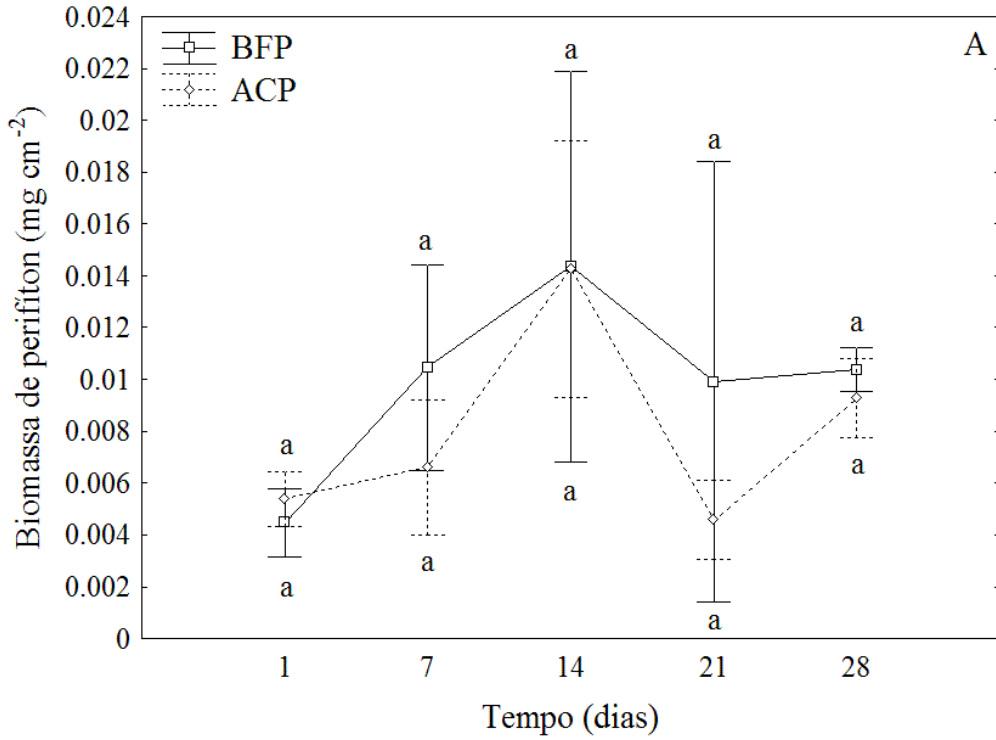


Fig. 1. Biomassa de perifíton (A) e concentração de clorofila *a* do perifíton (B) dos tratamentos durante o tempo experimental. Letras diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos após o teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$) em cada período amostral.

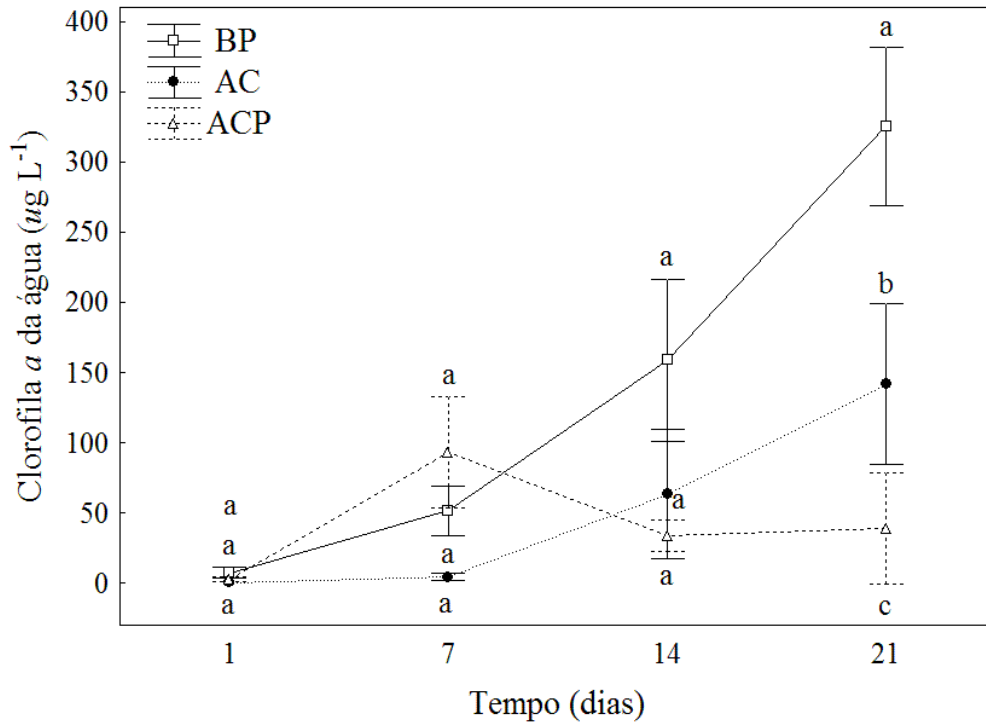


Fig. 2. Concentração de clorofila *a* da água dos tratamentos durante o tempo experimental. Letras diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos após o teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$) em cada período amostral.

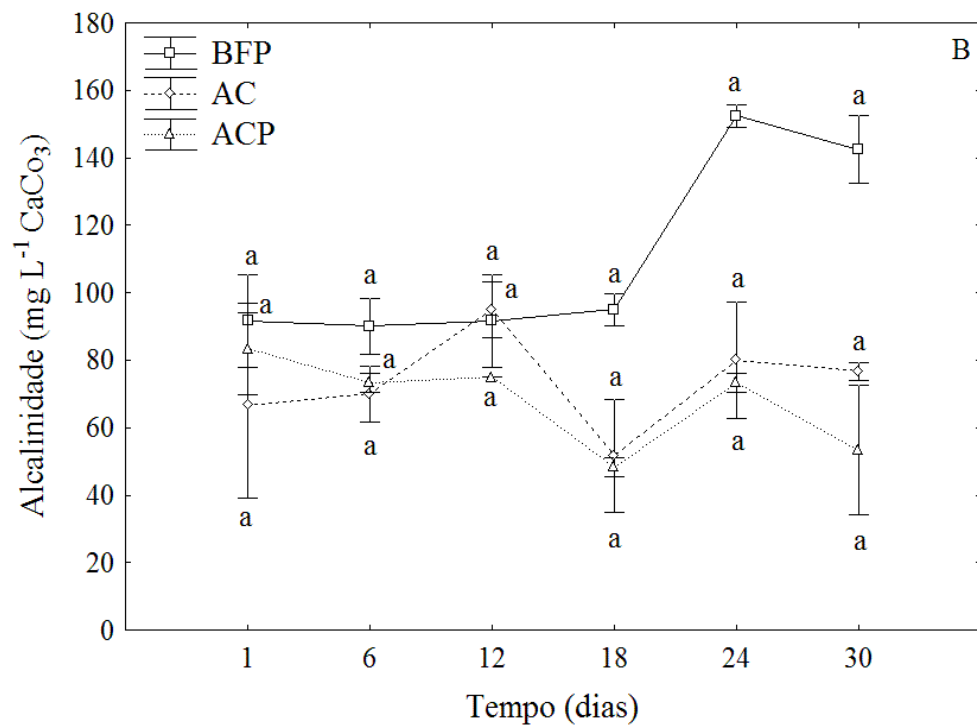
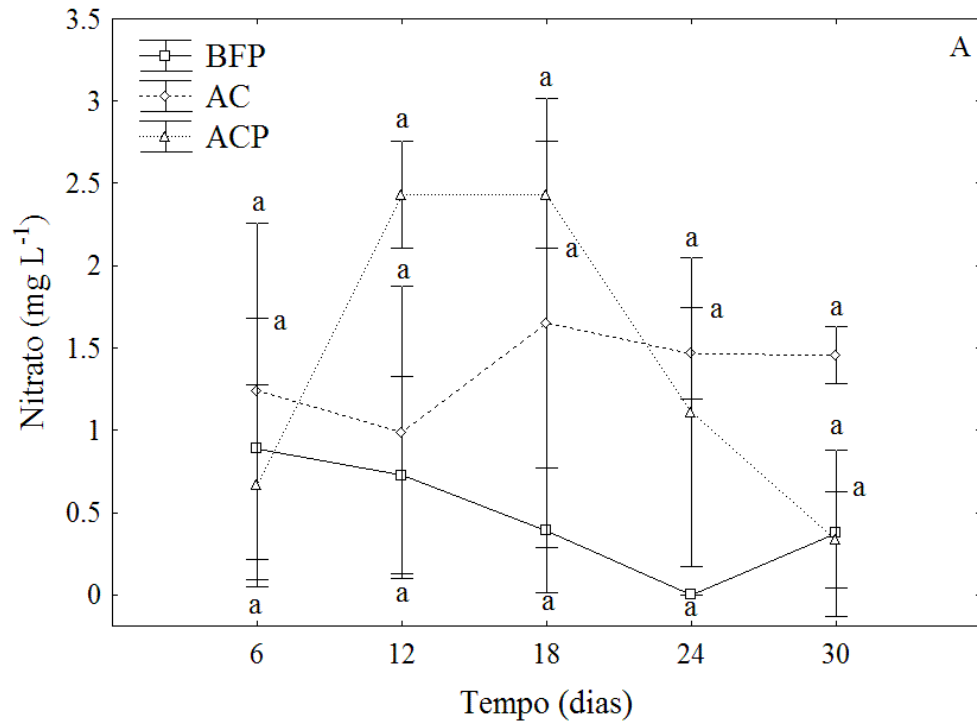


Fig. 3. Concentração de nitrato (A) e alcalinidade (B) da água dos tratamentos durante o tempo experimental. Letras iguais no mesmo período amostral indicam que não houve diferença estatística significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos no teste não-paramétrico Kruskal-Wallis.

Capítulo 3. Artigo escrito de acordo com as normas da revista Atlântica.

**EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CARBONO ORGÂNICO
NA QUALIDADE DA ÁGUA E NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE
JUVENIS DE TAINHAS *Mugil liza* CRIADAS EM SISTEMA
COM MÍNIMA RENOVAÇÃO**

Andréa Ferretto da Rocha⁽¹⁾, Vitalina Magalhães Barbosa⁽¹⁾, Wilson Wasielesky Jr.⁽²⁾,
Paulo César Abreu⁽³⁾, Marcelo Borges Tesser⁽⁴⁾

¹ Programa de Pós-Graduação em Aquicultura,

Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, CP 474, Rio Grande, RS, Brasil

²Laboratório de Carcinocultura, ³Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos,

⁴Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos

mbtesser@gmail.com

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes fontes de carbono orgânico sobre a qualidade de água e o desempenho zootécnico de juvenis de tainhas *Mugil liza* mantidas em sistema BFT. Com duração de 45 dias foram testados 4 tratamentos: dextrose, melação de cana-de-açúcar líquido, farelo de arroz e um tratamento em água clara foi utilizado como controle (três replicas cada). 15 juvenis de *M. Liza* ($7,99 \pm 2,57$ g) em cada unidade experimental (160 L, salinidade $14,0 \pm 4,2$ e temperatura de $27,0 \pm 3,3$ °C). As tainhas foram alimentadas com ração comercial (55% PB) quatro vezes ao dia. Ao final do experimento os pesos dos juvenis de tainhas, ganho de peso e taxa de crescimento específico não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) entre os diferentes tratamentos. A sobrevivência foi superior a 90% em todos os tratamentos, sem diferença significativa entre eles. O maior volume médio de

bioflocos foi registrado no tratamento farelo de arroz ($161,4 \pm 66,29 \text{ ml L}^{-1}$), seguido de melação ($96,46 \pm 96,24 \text{ ml L}^{-1}$), e o menor volume foi observado no tratamento dextrose ($52,54 \pm 57,29 \text{ ml L}^{-1}$), todos significativamente diferentes entre si. A concentração média de SST (mg L^{-1}) na água foi maior ($P < 0,05$) nos tratamentos com bioflocos do que em água clara ($492,05 \pm 456,83 \text{ mg L}^{-1}$), mas não diferiu entre os tratamentos dextrose, melação e farelo de arroz ($926,16 \pm 299,03$; $932,18 \pm 309,72$ e $809,31 \pm 217,77 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). O tratamento dextrose apresentou maior ($P < 0,05$) abundância de bactérias totais aderidas do que os tratamentos melação, farelo de arroz e água clara. A adição de uma fonte suplementar de carbono orgânico, melação ou farelo de arroz, se mostrou eficiente no desenvolvimento de bioflocos e controle dos níveis de amônia e nitrito da água, em comparação à utilização de dextrose e ao sistema de água clara.

PALAVRAS-CHAVE: Aquacultura, carbono orgânico, sistema heterotrófico.

ABSTRACT

This study aimed at investigating the effect of addition in different organic carbon sources on the water quality parameters and production of juvenile mullet *Mugil liza* in Biofloc Technology Systems. In 45-days study four treatments were tested: dextrose, liquid molasses, rice meal a treatment in clear water was used as control (three replicates). Fifteen juveniles of *M. Liza* ($7.99 \pm 2.57\text{g}$) were stocked in each experimental units (160 L, salinity 14.0 ± 4.2 and temperature of $27.0 \pm 3.3 \text{ }^\circ \text{C}$). The mullet were fed with commercial feed (55% CP) four times per day. At the end of the trial mean final weight, weight gain and specific growth rate did not differ significantly ($P > 0.05$) among the different treatments. Survival was superior to 90% for all treatments, without significant difference. The largest volume of biofloc was recorded in the treatment rice meal ($161.4 \pm 66.29 \text{ ml L}^{-1}$), followed by molasses (96.46 ± 96.24

ml L⁻¹), the lower volume was observed in the treatment dextrose (52.54 ± 57.29 ml L⁻¹). The average concentration of TSS (mg L⁻¹) into the water was higher ($P < 0.05$) in treatments with biofloc than in clear water (492.05 ± 456.83 mg L⁻¹), but did not differ among the treatments dextrose, molasses and rice meal (926.16 ± 299.03 , and 932.18 ± 309.72 mg L⁻¹, respectively). Treatment dextrose showed higher ($P < 0.05$) abundance of total bacteria attached than treatments molasses, rice meal and clear water. The addition of an additional source of organic carbon from molasses or rice meal was efficient in the development of biofloc and control of ammonia and nitrite levels of water, compared to the use of dextrose and the system of clear water.

KEYWORDS: Aquaculture, organic carbon, heterotrophic system.

INTRODUÇÃO

A aquicultura está entre os setores da produção de alimento que mais cresceu nas últimas décadas, com uma taxa média de crescimento anual de 6,6% até 2008, contribuindo com 46% do pescado consumido no mundo. A produção de peixes marinhos foi responsável por 2,6% do total produzido, somando 1,8 milhões de toneladas em 2008 (FAO 2010), e a produção de tainhas contribuiu com 235 mil toneladas da produção total. O principal país produtor de tainhas é o Egito, seguido da República da Korea e Taiwan, onde são criadas principalmente em viveiros, lagos e reservatórios (FAO 2011), em sistemas extensivos (Cafsi et al. 2003). Entretanto, as tainhas também tem sido objeto de estudo para aperfeiçoar as técnicas de criação de forma intensiva (Lee & Ostrowski, 2001).

A tainha *Mugil liza* (Menezes et al. 2010), anteriormente denominada *Mugil platanus*, tem grande importância na pesca artesanal na Lagoa dos Patos, RS (Reis & D'Incao 2000), e diversos estudos já avaliaram seu potencial para aquicultura. De um modo geral as tainhas podem ser consideradas peixes eurihalinos permitindo sua criação em águas de diferentes salinidades (Fonseca Neto & Spach 1999), são adaptadas ao clima tropical e subtropical, embora tenham o crescimento favorecido em temperatura de 30 °C (Okamoto et al. 2006), e estudos realizados com toxicidade aos compostos nitrogenados demonstraram que juvenis de *M. platanus* apresentam ampla tolerância a concentrações de amônia, nitrito (Miranda-Filho et al. 1995; Sampaio et al. 2002) e nitrato (Poersch et al. 2007). Também foi verificado o potencial de criação de *M. platanus* em policultivo com camarões *Litopenaeus vannamei* (Costa et al. 2008) e em tanques-rede (Maçada et al. 2000). A biologia reprodutiva da espécie também já foi estudada (Vieira & Scalabrin 1991), assim como a possibilidade de realizar sua reprodução em cativeiro a partir de indução hormonal (Godinho et al. 1993).

As tainhas, quanto ao hábito alimentar, são consideradas herbívoras e detritívoras (Oliveira & Soares 1996), normalmente se alimentam dos níveis tróficos mais baixos, o que torna a espécie apta a criações em sistemas que utilizem o alimento natural como fonte suplementar, possibilitando a redução dos custos de produção.

Trabalhos sobre a necessidade protéica da tainha *Mugil platanus* indicam que é necessário 34% de proteína bruta na dieta de juvenis, sendo que essa exigência pode ser reduzida se houver a oferta de alimento natural disponível (Carvalho et al. 2010). A possibilidade de criação de tainhas com a utilização de perifíton como fonte adicional de alimento já foi verificada (Jana et al. 2004), assim como o consumo de bioflocos já foi avaliado (Larson & Shanks 1996), indicando a possibilidade de criação em sistemas alternativos, como o sistema de bioflocos.

Os sistemas de bioflocos, ou BFT, vem sendo utilizados tanto para a criação de camarões (Burford et al. 2003; Wasielesky et al. 2006) como para a criação de peixes (Avnimelech 1999; Azim & Little 2008), sendo que o sistema pode ser melhor aproveitado na criação de espécies de hábitos alimentares onívoros/detritívoros, e a tainha *Mugil liza*, objeto de diversas pesquisas direcionadas à sua produção no Brasil, pode se beneficiar desse sistema de criação.

A tecnologia de bioflocos consiste em um manejo do sistema por meio da manipulação da relação carbono:nitrogênio na água de criação, normalmente com a adição de uma fonte suplementar de carbono orgânico, aeração constante e turbulência da água (Avnimelech 1999). Esse processo estimula a assimilação dos compostos nitrogenados gerados no sistema pela comunidade microbiana heterotrófica, transformando a amônia em biomassa microbiana. Conseqüentemente há uma melhora na qualidade da água, possibilitando seu reuso e reduzindo a frequência de renovações. Adicionalmente, a biomassa microbiana formada pode servir de alimento suplementar

aos organismos criados, o que pode reduzir as taxas de arraçoamento e os níveis de proteína na dieta dos animais (Avnimelech 1999).

A adição de uma fonte suplementar de carbono em sistemas de criação para elevar a relação C:N preferencialmente acima de 15:1 é eficaz no desenvolvimento de bioflocos e remoção do nitrogênio da água, tanto em sistemas intensivos (Avnimelech 1999), como em sistemas extensivos de criação, com efeitos positivos sobre a produção (Hari et al. 2004). Diversas fontes de carbono orgânico já foram utilizadas em sistemas BFT, como acetato, glicerol, farinha de tapioca, farelo de trigo, melaço de cana-de-açúcar, celulose, entre outros. Pesquisas sobre a criação de camarões *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos foram realizadas utilizando como acetato, glicerol, glicose (Crab et al. 2010) e farinha de tapioca (Asaduzzaman et al. 2008), como fonte de carbono; na criação de tilápias pode ser citado a utilização de celulose (Avnimelech et al. 1989), farelo de milho (Asaduzzaman et al. 2010) e farelo de trigo (Azim & Little 2008); na criação de camarões *Litopenaeus vannamei* foram utilizados principalmente melaço de cana-de-açúcar (Samocho et al. 2007; Maicá et al. 2011), glicose (Hari et al. 2004) e dextrose (Krummenauer et al. 2011). A influência de diferentes fontes de carbono orgânico sobre a composição nutricional dos bioflocos tem sido investigada e sua interferência sobre a sobrevivência de camarões *Macrobrachium rosenbergii* já foi verificada por Crab et al. (2010). Também o efeito de diferentes fontes de carbono sobre a produtividade de camarões *Litopenaeus vannamei* criados em sistema de bioflocos foi avaliado por Suita et al. (2009).

Emerenciano et al. (2011) relatam que alguns fatores devem ser analisados na escolha da fonte de carbono orgânico, como a disponibilidade local do produto, custo, biodegradabilidade e eficiência de assimilação bacteriana. Para tanto é necessário

informações sobre a utilização das diferentes fontes de carbono orgânico que podem ser utilizadas em sistema de bioflocos.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de três diferentes fontes de carbono orgânico sobre a qualidade da água e o desempenho zootécnico de juvenis de tainhas *Mugil liza* em sistema de bioflocos.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalações e condições experimentais

O estudo foi conduzido durante 45 dias na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS. Juvenis de tainhas *Mugil liza* com peso médio inicial de $7,99 \pm 2,57$ g foram distribuídos em tanques circulares de polietileno (160 L) na densidade de 15 animais em cada tanque.

Foram avaliados quatro tratamentos com três repetições cada, sendo que três tratamentos foram mantidos em sistema de bioflocos com adição de diferentes fontes de carbono orgânico: dextrose (41% C e 0,19% N), melão de cana-de-açúcar líquido (38% C e 0,57% N) e farelo de arroz (44% C e 3,11% N). Um tratamento foi mantido em água clara como controle, com um biofiltro acoplado. Todos os tratamentos receberam ração comercial para peixes marinhos (55% PB, 14,5% EE, 13% cinzas, 4551 Kcal Kg⁻¹ de energia total) na proporção de 10 - 15% da biomassa dividida em quatro ofertas ao dia.

Os tanques foram abastecidos com água captada da praia do Cassino, filtrada (microfiltro CUNO[®] - 5µm de diâmetro de poro) e água de abastecimento público previamente dechlorada, gerando uma salinidade média de $14,0 \pm 4,0$. Os tanques foram mantidos em ambiente interno com fotoperíodo de 24 horas claro (luminosidade artificial por lâmpadas fluorescentes, ≈ 250 lux na superfície) e aeração constante. A

temperatura média da água foi mantida em $27,0 \pm 3,3$ °C com a utilização de aquecedores submersos (250 W). Os tratamentos com bioflocos receberam $0,15 \text{ g L}^{-1}$ de cal hidratada – Ca(OH)_2 quando a alcalinidade da água se encontrava abaixo de $100 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (Furtado et al. 2011). Os tratamentos com bioflocos tiveram renovação para redução da matéria orgânica no sistema, enquanto que o sistema com água clara teve renovações mais frequentes para redução dos níveis de amônia total na água.

Antes de iniciar o estudo foi realizada a formação dos bioflocos utilizando inoculo (10% do volume dos tanques) de bioflocos provenientes da produção de camarões *Litopenaeus vannamei* do Laboratório de Carcinocultura da Estação Marinha de Aquacultura – FURG, e adição de NH_4Cl , na concentração de 3 mg L^{-1} de amônia total na água (Miranda et al. 2009). Durante 14 dias os tanques foram fertilizados com a fonte de carbono de cada tratamento com o objetivo de manter uma relação C:N de 20:1 (Avnimelech 1999) e ocorrer o desenvolvimento dos bioflocos. Ao iniciar o estudo, todos os tratamentos já apresentavam volume médio de bioflocos superior a 30 mL L^{-1} . A partir desse momento a fertilização passou a ser realizada quando os níveis de amônia total na água excediam $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, na proporção de 6C:1N, com base no N - amônia total (Ebeling et al. 2006).

Crescimento e sobrevivência

Foram realizadas três biometrias durante o experimento para avaliação do crescimento em peso úmido dos juvenis de tainhas ($n=30$), que foram anestesiados com benzocaína 100 ppm, pesados em balança digital (0,1 g), e uma biometria final em que todos os animais foram pesados e quantificados, sendo contabilizada a sobrevivência (%), o ganho em peso (peso final – peso inicial) e a taxa de crescimento específico: $\text{TCE} (\% \text{ dia}^{-1}) = [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / (\text{dias}) \times 100]$.

Qualidade da água e bioflocos

Diariamente foram monitorados a temperatura e o oxigênio dissolvido da água com aparelho multiparâmetros (YSI[®]-550^a), a salinidade utilizando refratômetro (Atago[®]) e o pH medido com aparelho de bancada (Mettler Toledo[®] - FE20/FG2). As concentrações de amônia total (N-AT), 5 vezes na semana, e nitrito (N-NO₂⁻¹), a cada três dias, foram determinadas por espectrofotometria, de acordo com Unesco (1983) e Aminot & Chaussepied (1983), respectivamente. Semanalmente foram analisadas as concentrações de nitrato (N-NO₃⁻¹) e fosfato (P-PO₄³⁻) seguindo a metodologia de Aminot & Chaussepied (1983), e a alcalinidade da água (CaCO₃⁻²) segundo APHA (1989).

A turbidez da água foi analisada no início, aos 30 dias e no final do experimento com turbidímetro (HACK[®] - 2100P). A concentração de clorofila *a* da água foi determinada duas vezes na semana, a partir da filtração (filtros GF 1-A[®]) de 20 mL de amostras de água e congelamento a -12 °C, e após a extração do pigmento fotossintético em acetona 90% (24 h no escuro e -12 °C) as amostras foram analisadas em fluorímetro (Turner[®] - TD700) (Welshmeyer 1994).

Para avaliar o desenvolvimento dos bioflocos e realizar o manejo do sistema, duas vezes na semana foram monitorados os parâmetros de volume de bioflocos (mL L⁻¹), determinado por meio de sedimentação de um litro de amostra durante 20 minutos em cone Imhoff, de acordo com a metodologia proposta por Eaton et al. (1995) e adaptada por Avnimelech (2007), e a concentração de sólidos suspensos totais (SST) na água, determinada a partir da diferença de peso dos filtros (GF 1-A[®]) em balança analítica de precisão antes e após a filtração de 20 mL de amostra e secagem dos filtros em estufa (60 °C) durante 24 h (AOAC 2000).

Para análise de bactérias, amostras de água foram preservadas em formalina (4% no volume final) e 0,1 mL foi concentrado em filtro de membrana de policarbonato

(Nucleopore, 0,2 µm de diâmetro de poro e 2,5 mm de diâmetro), previamente escurecido com Irgalan Black e corado com Laranja de Acridina 1% (Hobbie et al. 1977), e 30 campos aleatórios foram observados em microscópio de epifluorescência (Zeiss, Axioplan), equipado com conjuntos de filtros para excitação por luz verde (546 nm), e magnificação final de 1000 x. As análises de clorofila *a* e de microrganismos foram realizadas no Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e de Microorganismos Marinhos da FURG.

Análises estatísticas

Para avaliar possíveis diferenças significativas no crescimento em peso úmido, ganho em peso, taxa de crescimento específico e sobrevivência dos animais, assim como na alcalinidade, foi utilizada a análise de variância ANOVA uma-via considerando-se as premissas de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade (Cochran C) dos dados, e quando detectada diferença significativa ($P < 0,05$) o teste de Tukey foi aplicado para a comparação de médias. Os valores em percentuais de sobrevivência foram previamente transformados em arco-seno da raiz quadrada. A análise de variância não-paramétrica Kruskal-Wallis foi utilizada para avaliar os demais parâmetros de qualidade de água, concentração de clorofila *a* e abundância de microrganismos (Sokal & Rohlf 1995). As análises estatísticas foram executadas ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento e sobrevivência

Ao final do estudo, não foi observada influência dos tratamentos no peso final, ganho em peso, taxa de crescimento específico (TCE), assim como na sobrevivência, que foi superior a 90% em todos os tratamentos (Tabela 1). Carvalho et al. (2010) relataram sobrevivência em torno de 88% para juvenis de *Mugil platanus* após 35 dias

mantidas em temperatura média de 24 °C e recebendo ração com 50% de proteína bruta. Contudo, alcançaram TCE de $3,01 \pm 0,1\%$ dia⁻¹, superior às taxas encontradas no presente estudo.

Fonseca Neto & Spach (1999) recomendam salinidade superior a 5 para criação de juvenis de *M. platanus* e Okamoto et al. (2006) observaram melhor crescimento de tainhas *M. platanus* em temperatura de 30 °C. No presente estudo, a salinidade média foi superior e a temperatura inferior ao recomendado, entretanto, estes fatores não podem ser considerados isoladamente, visto que Costa et al. (2008) observaram TCE de $3,69 \pm 0,57\%$ dia⁻¹ para juvenis de *M. platanus* criadas em viveiros e alimentadas com ração contendo 38% de proteína bruta, submetidas à temperatura média de 25 °C e salinidade média inferior a 10.

Qualidade da água e bioflocos

A utilização de dietas artificiais de maneira inadequada pode ocasionar problemas à qualidade de água de criação. Isso ocorre porque apenas cerca de 25% do nitrogênio incorporado nas dietas é aproveitado pelos peixes, sendo que o restante permanece na água, resultando em amônia (Avnimelech & Ritvo 2003). Naturalmente ocorrem processos de ciclagem destes nutrientes pelos microrganismos, sendo necessário um aporte de oxigênio dissolvido no sistema de forma constante e suficiente para garantir também a respiração dos organismos criados (McIntosh 2000). Durante o estudo a concentração média de oxigênio dissolvido na água no período da tarde foi significativamente menor nos tratamentos com bioflocos do que no tratamento água clara. Essa diferença não foi observada nas concentrações médias de oxigênio dissolvido na água no período da manhã. A diminuição da concentração de oxigênio dissolvido ao longo do dia é justificada pela adição de carbono orgânico na água. No momento da fertilização, as bactérias heterotróficas presentes na água incorporam o

oxigênio dissolvido juntamente com o nitrogênio inorgânico e o carbono orgânico, reduzindo, assim, as concentrações de oxigênio dissolvido no sistema (Ebeling et al. 2006) (Tabela 2).

De acordo o relatado por Crab et al. (2007), a imobilização da amônia pelas bactérias heterotróficas presentes na água ocorre em poucas horas quando se utiliza no sistema uma razão de C:N em torno de 20:1 e esse processo pode ser favorecido pela adição de uma fonte suplementar de carbono orgânico (Samocha et al. 2007). No presente estudo foi verificado que os tratamentos com bioflocos, todos fertilizados com fonte adicional de carbono orgânico, apresentaram níveis médios de amônia total e nitrito significativamente menores em comparação ao tratamento água clara, confirmando o reportado por estes autores (Tabela 2).

Em relação à fonte de carboidrato utilizada, Suita et al. (2009) relatam que não houve diferença significativa entre a utilização de dextrose ou melão sobre as concentrações médias de amônia total e nitrito durante a produção de camarões *L. vannamei* em sistema com bioflocos, diferente do observado no presente estudo, onde foi observado que os tratamentos fertilizados com melão e farelo de arroz apresentaram concentração média de nitrito significativamente menor em comparação aos demais tratamentos.

Iniciar o estudo a partir de um inoculo de bioflocos de um sistema considerado estável, com ausência de amônia e nitrito na água, parece ser fundamental para acelerar o desenvolvimento dos bioflocos, como já havia sido mencionado por Krummenauer et al. (2011), e manter as concentrações dos compostos nitrogenados dentro dos limites recomendados para a espécie, como descrito por Sampaio et al. (2002) para amônia, Miranda Filho et al. (1995) para nitrito e Poersch et al. (2007) para nitrato. O mesmo

não foi observado no sistema de água clara, que precisou de maiores taxas de renovação de água para eliminar os compostos nitrogenados.

Sistemas BFT frequentemente são mantidos com nenhuma ou mínima renovação de água, podendo ocorrer acúmulo de nutrientes como nitrato e fosfato ao longo do tempo. Concentrações elevadas desses nutrientes atuam diretamente sobre o desenvolvimento da comunidade algal e bacteriana, podendo ocasionar problemas de qualidade de água (Burford et al. 2004). Durante o tempo experimental a concentração média de nitrato foi significativamente mais elevada nos tratamentos com bioflocos do que no tratamento água clara, resultado da atuação das bactérias nitrificantes no sistema com bioflocos (Avnimelech 2009). A concentração média de fosfato do tratamento água clara foi significativamente menor do que os tratamentos melão e farelo de arroz, devido à maior taxa de renovação desse tratamento. O tratamento dextrose apresentou concentração média de fosfato similar aos demais tratamentos, enquanto que a relação N:P média não diferiu entre os tratamentos (Tabela 2).

Em sistemas com bioflocos é comum que ocorra uma diminuição da alcalinidade e pH da água ao longo do tempo, principalmente devido a intensificação dos processos de decomposição da matéria orgânica e respiração na água (Wasielesky et al. 2006). A alcalinidade média dos tratamentos com bioflocos foi inferior à do tratamento água clara (Tabela 2). Contudo, os valores estão próximos de 100 mg L^{-1} , recomendado por Ebeling et al. (2006) para esse tipo de sistema, evitando reduções consideráveis no pH da água. O pH médio da água dos tratamentos durante o tempo do estudo ficou em torno de 7,7, sendo que o tratamento água clara apresentou valor médio de pH mais elevado do que os tratamentos com bioflocos (Tabela 2).

O pH da água também pode ser afetado pela presença de fitoplâncton no sistema, principalmente quando a alcalinidade é reduzida (Vinatea 2004). Durante o

estudo a concentração de clorofila *a* da água dos tratamentos com bioflocos apresentou uma redução ao longo do tempo (Figura 1). Isso se deve principalmente à turbidez, que foi significativamente mais elevada nos tratamentos com bioflocos, sem diferença entre a fonte de carbono utilizada ($P>0,05$) (Figura 2). A turbidez está diretamente relacionada com a concentração de SST na água, que reduz a incidência luminosa na coluna d'água e limita o crescimento dos organismos fotoautotróficos (Vinatea et al. 2010). Essa informação foi confirmada no presente estudo, que registrou significativamente menor concentração média de SST na água do tratamento água clara ($492,05 \pm 456,83 \text{ mg L}^{-1}$), não diferindo ($P>0,05$) entre os tratamentos com bioflocos em relação a fonte de carbono utilizada: dextrose ($926,16 \pm 299,03 \text{ mg L}^{-1}$), melão ($932,18 \pm 309,72 \text{ mg L}^{-1}$) e farelo de arroz ($809,31 \pm 217,77 \text{ mg L}^{-1}$) (Figura 3). Contudo, o maior ($P<0,05$) volume médio de bioflocos foi registrado no tratamento farelo de arroz ($161,4 \pm 66,29 \text{ ml L}^{-1}$), seguido do tratamento melão ($96,46 \pm 96,24 \text{ ml L}^{-1}$), enquanto que o tratamento dextrose ($52,54 \pm 57,29 \text{ ml L}^{-1}$) apresentou menor volume médio de bioflocos, todos estatisticamente diferentes entre si (Figura 4).

O desenvolvimento da comunidade microbiana predominantemente heterotrófica não depende de luminosidade, e a sua abundância está diretamente relacionada com a disponibilidade de substrato e oxigênio dissolvido no meio (Avnimelech 2009). No início do estudo foi observada significativamente maior abundância de bactérias aderidas totais nos tratamentos com bioflocos do que no tratamento água clara. Após 15 dias de estudo o tratamento melão apresentava maior ($P<0,05$) abundância de bactérias totais do que os demais tratamentos, sem diferença estatística entre eles. Aos 30 dias de estudo o tratamento dextrose diferiu significativamente dos demais tratamentos, apresentando maior abundância de bactérias totais, enquanto que o tratamento água clara apresentou menor ($P<0,05$) abundância de bactérias totais. No final do estudo, aos

45 dias, o tratamento dextrose ainda apresentava significativamente maior abundância de bactérias totais do que os demais tratamentos, todos similares entre si ($P > 0,05$) (Figura 5).

Crab et al. (2010), ao utilizarem três diferentes fontes de carbono orgânico (acetato, glicerol e glicose) observaram maior conteúdo de proteína na composição nutricional dos bioflocos fertilizados com acetato e glicerol, sugerindo que estas fontes de carbono favorecem o desenvolvimento de bactérias que investem mais energia para o crescimento e produzem menor quantidade de exopolissacarídeos. Contudo, no presente trabalho, apenas a abundância de bactérias totais aderidas aos bioflocos foi avaliada.

Hari et al. (2004) também verificaram o aumento da abundância de bactérias heterotróficas ao longo do tempo na criação de *L. vannamei* com adição de glicose como fonte de carbono orgânico. Entretanto, Avnimelech & Kochba (2009) já haviam estimado que o tempo de residência de um microrganismo aderido a um biofloco é de aproximadamente 10 h, ou seja, a dominância de determinado microrganismo pode variar ao longo do tempo e em função de diversos fatores. Hari et al. (2004) sugerem que essa formação depende mais da relação C:N empregada do que da fonte de carbono orgânico utilizada, sendo que esta razão deve ser igual ou superior a 15C:1N no sistema, de acordo com o recomendado por Avnimelech (1999).

Partindo do pressuposto que as bactérias heterotróficas se reproduzem mais rapidamente do que as nitrificantes, havendo substrato e oxigênio dissolvido disponível no meio certamente ocorrerá aumento de SST e do volume de bioflocos na água (Avnimelech 2009). No entanto, esses níveis devem ser monitorados para que não ultrapassem os limites de capacidade de carga do sistema. No presente estudo, os valores médios de SST de todos os tratamentos ultrapassaram o limite de 200 - 400 mg L⁻¹ sugerido por Avnimelech (2009) para criação de peixes em sistema com bioflocos.

Quando a produção de bioflocos ultrapassa a capacidade de consumo pelos animais, a matéria orgânica pode acumular no fundo e gerar problemas de qualidade de água (Avnimelech 2009). Nessas situações deve haver um manejo do sistema, seja a redução da oferta de ração e fertilizantes, aumento da aeração ou então retirada do material orgânico excedente da água. Durante o estudo se procedeu a renovação da água dos tanques com bioflocos, em uma taxa média de renovação de 4% do volume ao dia⁻¹ para eliminação da matéria orgânica, enquanto que os tanques em água clara apresentaram uma taxa média de renovação de água de 23% do volume ao dia⁻¹. Esses valores podem representar importante economia com captação e tratamento da água com a utilização do sistema BFT, conforme reportado por Crab et al. (2007).

O sistema com bioflocos pode ser utilizado para a criação de juvenis de tainhas *Mugil liza*, visto que ocorreu desenvolvimento de bioflocos independente da fonte de carbono utilizada, e mínima renovação de água durante o período experimental, sem prejuízo ao crescimento dos animais em comparação ao sistema em água clara. Estudos posteriores devem avaliar o valor nutricional dos bioflocos desenvolvidos em sistema BFT de criação de tainhas com diferentes fontes de carbono orgânico.

CONCLUSÃO

As fontes de carbono orgânico melão e farelo de arroz se mostraram eficientes na manutenção da qualidade da água dos tanques de criação, sem prejuízos ao crescimento e à sobrevivência dos animais durante o período experimental, possibilitando a criação de juvenis de tainhas *Mugil liza* em sistemas de bioflocos com mínima renovação de água. A utilização de dextrose não foi tão eficiente na remoção do nitrito da água em comparação à utilização de melão e farelo de arroz.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pelo auxílio financeiro. Paulo César Abreu e Wilson Wasielesky Jr. são bolsistas de produtividade CNPq.

LITERATURA CITADA

- AMINOT, A & M CHAUSSEPIED. 1983. Manuel dês analyses chimiques em milieu Marin. Brest: CNEXO. 395p. In: BAUGARTEN, MGZ, MBR JUSSELI & LFH NIENCHESKI. Manual de análises em oceanografia química. Ed. da FURG. 134p.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1984. Official Methods of Analysis, 12^a ed. Arlington. Washington. 1141p.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington. 1193p.
- ASADUZZAMAN M, MA WAHAB, MCJ VERDEGEM, S HUQUE, MA SALAM & ME AZIM. 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. Aquaculture, 280:117-123.
- ASADUZZAMAN, M, MM RAHMAN, ME AZIM, M ASHRAFUL ISLAM, MA WAHAB, MCJ VERDEGEM & JAJ VERRETH. 2010. Effects of C / N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. Aquaculture, 306:127-136.
- AVNIMELECH, Y, S MOKADY & GL SCHORODER. 1989. Circulated ponds as efficient bioreactors for single cell protein production. Bamdige, 41:58-66.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture, 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y & G RITVO. 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. Aquaculture, 220: 549-567.

- AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- AVNIMELECH, Y. 2009. *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*. Baton Rouge, Louisiana, United States. The World Aquaculture Society. 181p.
- AVNIMELECH, Y & M KOCHBA. 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using ¹⁵N tracing. *Aquaculture*, 287: 163-168.
- AZIM, ME & DC LITTLE. 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.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393-411.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232: 525-537.
- CAFSI, M EL, MS ROMDHANE, A CHAOUCH, W MASMOUDIA, S KHE'RRIJIA, F CHANUSSOTD & A CHE'RIF. 2003. Qualitative needs of lipids by mullet, *Mugil cephalus*, fry during freshwater acclimation. *Aquaculture*, 225: 233-241.
- CARVALHO, CVA, A BIANCHINI, MB TESSER & LA SAMPAIO. 2010. The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). *Aquaculture Research*, 41: 511-518.
- COSTA, LCO, LFM NEVES, JA XAVIER, VC LISBOA, MRC FIGUEIREDO & WFB WASIELESKY JR. 2008. Policultivo de tainha *Mugil platanus* com camarão

- Litopenaeus vannamei* em viveiros de terra no extremo sul do Brasil. 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais. Lavras, MG – UFLA.
- CRAB, R, Y AVNIMELECH, T DEFOIRDT, P BOSSIER & W VERSTRAETE. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270: 1-14.
- CRAB, R, B CHIELENS, M WILLE, P BOSSIER & W VERSTRAETE. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocos, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41: 559-567.
- EATON, AD, LS CLESERCI & AE GREENBERG (Eds.), 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 10th edition. Amer. Pub. Health Assoc., Washington D.C.
- EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- EMERENCIANO, M, ELC BALLESTER, RO CAVALLI & W WASIELESKY. 2011. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 2011, 1-11. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2010. The State of World Fisheries and Aquaculture 2010. Rome, FAO – Fisheries and Aquaculture Department. 197p.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2011. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans – Trend and prospects. Rome, 102p.

- FONSECA NETO, JC & HL SPACH. 1998/1999. Sobrevivência de juvenis de *Mugil platanus* Günther, 1880 (pisces, Mugilidae) em diferentes salinidades. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 25 (único): 13-17.
- FURTADO, PS, LH POERSH & W WASIELESKY JR. 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. Aquaculture, 321: 130-135.
- GODINHO, HM, ET KAVAMOTO, EF ANDRADE-TALMELI, PCS SERRALHEIRO, P PAIVA, & EM FERRAZ. 1993. Induced spawning of the mullet *Mugil platanus* Günther, 1880, in Cananéia, São Paulo, Brazil. Boletim do Instituto de Pesca, 20: 59-66.
- HARI, B, K MADHUSOODANA, JT VARGHESE, JW SCHAMA & MCJ VERDEGEM. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. Aquaculture, 241: 179-194.
- HOBBIE, JE, RL DALEY & S JASPER. 1977. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. Applied and Environmental Microbiology, 33: 1225-1228.
- JANA, BSN, SK GARG & BC PATRA. 2004. Effect of periphyton on growth performance of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.), in inland saline groundwater ponds. J. Appl. Ichthyol., 20:110-117.
- KRUMMENAUER, D, CA SEIFERT JR., LH POERSCH, GK FOES, GR DE LARA & W WASIELESKY JR. 2011. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. Atlântica. Artigo aceito para publicação.

- LARSON, ET & AL SHANKS.1996. Consumption of marine snow by two species of juvenile mullet and its contributions to their growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 130:19-28.
- LEE, CS & AC OSTROWSKI. 2001. Current status of marine finfish larviculture in the United States. *Aquaculture*, 200:89-109.
- MAÇADA, AP, M OKAMOTO & LA SAMPAIO. 2000. Avaliação preliminar do cultivo de tainha *Mugil platanus* em tanque-rede. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 13, Anais. Itajaí, SC, Univali, 1: 684-687.
- MAICÁ, PF, BORBA, MR & W WASIELESKY JR. 2011. Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquaculture Research*, 2011, 1-10, doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02838.x.
- MCINTOSH, D. 2000. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 21: 215-227.
- MENEZES, NA, C OLIVEIRA & M NIRCHIO. 2010. An old taxonomic dilemma: the identity of the western south Atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes: Mugilidae). *Zootaxa* 2519: 59-68.
- MIRANDA, MHC, GK FOES, L POERSCH & W WASIELESKY JR. 2009. Influência da adição de amônia na velocidade de formação dos flocos microbianos e no desempenho do camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*, cultivado em sistema de bioflocs technology (BFT). In: FENACAM - Feira Nacional do Camarão, Anais. Natal, RN, Brasil.

- MIRANDA FILHO, KC, W WASIELESKY JUNIOR, AP MAÇADA. 1995. Efeito da amônia e do nitrito no crescimento da tainha *Mugil platanus* (Pisces:Mugilidae). *Brazilian Journal of Biology*, 5: 45-50.
- OKAMOTO, MH, LA SAMPAIO & AP MAÇADA. 2006. Efeito da temperatura sobre o crescimento e a sobrevivência de juvenis da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880. *Atlântica*, 28: 61-66.
- OLIVEIRA, IR & LSH SOARES. 1996. Alimentação da tainha *Mugil platanus* Gunther, 1880 (pisces: mugilidae), da região estuarino-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 23: 95-104.
- POERSCH, LH, MHS SANTOS, K MIRANDA-FILHO & W WASIELESKY JR. 2007. Efeito agudo do nitrato sobre alevinos da tainha *Mugil platanus* (Pisces:Mugilidae). *Boletim do Instituto de Pesca*, 33(2): 247-252.
- REIS, EG & F D'INCAO. 2000. The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. *Ocean and Coastal Management*, 43: 585-596.
- SAMOCHA, TM, S PATNAIK, M SPEED, AM ALI, JM BURGER, RV ALMEIDA, Z AYUB, M HARISANTO, A HOROWITZ & DL BROCK. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36: 184-191.
- SAMPAIO, LA, W WASIELESKY JR & KC MIRANDA FILHO. 2002. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 68: 668-674.
- SOKAL, RR & FJ ROHLF. 1995. *Biometry*. 3rd edition. W. H. Freeman and Company: New York. 887p.

- SUITA, SM, PC ABREU, EB & W WASIELESKY. 2009. A aplicação da dextrose como fonte de carbono na formação de bioflocos e no desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema sem renovação de água. In: FENACAM - Feira Nacional do Camarão, Anais. Natal, RN, Brasil.
- UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and guides. Paris. 12p.
- VIEIRA, PV & C SCALABRIN. 1991. Migração reprodutiva da “tainha” (*Mugil platanus* Günther, 1980) no Sul do Brasil. Atlântica 13(1), 131-141.
- VINATEA, L. 2004. Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2^a ed. rev. e amp. Florianópolis: Ed. Da UFSC. 231p.
- VINATEA, L, AO GÁLVEZ, CL BROWDY, A STOKES, J VENERO, J HAVEMAN, BL LEWIS, A LAWSON, A SHULER & JW LEFFLER. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. Aquacultural Engineering, 42: 17-24.
- WASIELESKY JR, W, H ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, 258: 396-403.
- WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and pheopigments. Limnology and Oceanography, 39: 1985-1992.

Tabela 1. Resultados de crescimento em peso, ganho em peso, taxa de crescimento específico (TCE) e sobrevivência de juvenis de *Mugil liza* criados durante 45 dias em sistema com bioflocos fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico (dextrose, melação e farelo de arroz) e em água clara.

Parâmetros	Dextrose	Melaço	Farelo de arroz	Água clara
Peso inicial (g)	7,69 ± 2,53 ^a	8,43 ± 2,81 ^a	7,19 ± 2,14 ^a	8,66 ± 2,61 ^a
Peso final (g)	12,93 ± 4,04 ^a	14,17 ± 5,30 ^a	12,45 ± 4,18 ^a	13,80 ± 3,28 ^a
Ganho em peso (g)	6,19 ± 1,85 ^a	5,72 ± 1,68 ^a	4,91 ± 0,67 ^a	5,13 ± 2,24 ^a
TCE (% dia ⁻¹)	1,06 ± 0,50 ^a	1,06 ± 0,41 ^a	0,87 ± 0,58 ^a	0,89 ± 0,50 ^a
Sobrevivência (%)	100 ^a	95,6 ± 3,85 ^{a*}	90 ± 14,14 ^a	95,56 ± 7,70 ^a

Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ($P < 0,05$) na análise de variância ANOVA-uma via e no teste de Tukey. * média ± desvio padrão de duas réplicas.

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água durante 45 dias de criação de juvenis de *Mugil liza* em sistema com bioflocos fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico (dextrose, melão e farelo de arroz) e em água clara.

Parâmetros	Dextrose	Melão	Farelo de arroz	Água clara
OD (mg L ⁻¹) manhã	6,30 ± 0,78 ^a	6,32 ± 0,72 ^a	6,39 ± 0,79 ^a	6,49 ± 1,40 ^a
OD (mg L ⁻¹) tarde	5,58 ± 1,1 ^a	5,74 ± 0,75 ^a	5,98 ± 0,79 ^a	6,46 ± 1,03 ^b
Amônia total (mg L ⁻¹)	0,59 ± 1,31 ^b	0,56 ± 1,45 ^b	0,41 ± 0,92 ^b	1,39 ± 2,01 ^a
Nitrito (mg L ⁻¹)	2,81 ± 2,91 ^a	1,41 ± 1,97 ^b	0,66 ± 0,60 ^b	5,15 ± 4,95 ^c
Nitrato (mg L ⁻¹)	25,57 ± 25,72 ^a	34,84 ± 24,58 ^a	21,62 ± 14,31 ^a	7,82 ± 5,26 ^b
Fosfato (mg L ⁻¹)	5,89 ± 4,77 ^{ab}	7,37 ± 5,42 ^a	7,91 ± 4,94 ^a	3,31 ± 1,92 ^b
Relação N:P	10,26 ± 11,11 ^a	10,04 ± 12,42 ^a	4,99 ± 5,35 ^a	7,47 ± 8,07 ^a
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	137,31 ± 57,85 ^a	112,95 ± 49,0 ^a	138,97 ± 57,85 ^a	209,87 ± 47,0 ^b
pH	7,71 ± 0,44 ^a	7,40 ± 0,60 ^b	7,77 ± 0,30 ^a	7,97 ± 0,23 ^c

Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ($P < 0,05$). OD = oxigênio dissolvido.

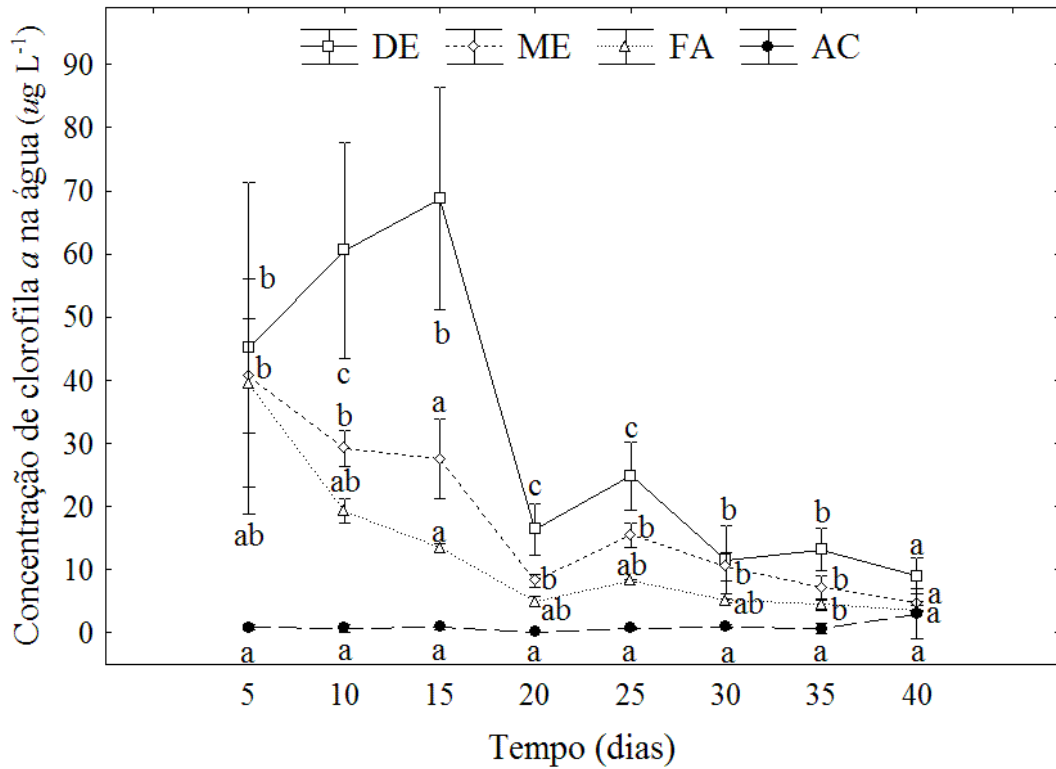


Figura 1. Concentração de clorofila *a* da água dos tratamentos com bioflocos fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico e água clara durante o estudo. DE- dextrose, ME- melaço, FA- farelo de arroz e AC- água clara. Valores são apresentados em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) após o teste não- paramétrico Kruskal-Wallis em cada período amostral.

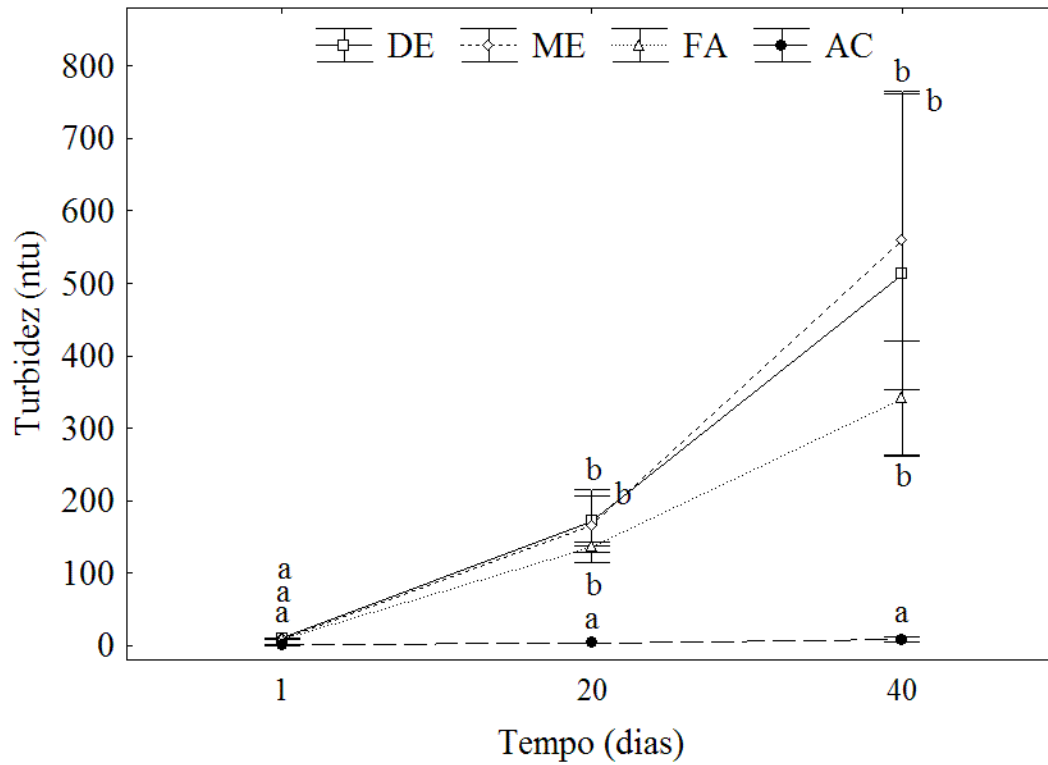


Figura 2. Turbidez da água dos tratamentos com bioflocos fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico e água clara durante o estudo. DE- dextrose, ME- melado, FA- farelo de arroz e AC- água clara. Valores são apresentados em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) após o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis em cada período amostral.

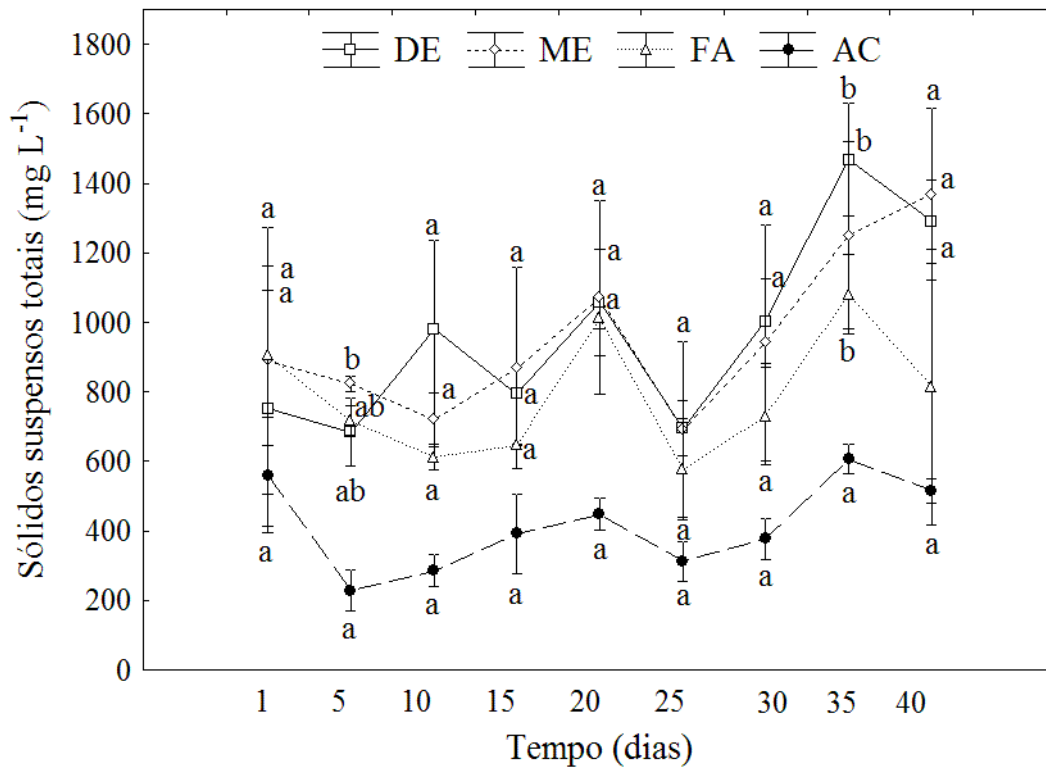


Figura 3. Concentração de sólidos suspensos totais na água dos tratamentos com bioflocos fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico e água clara durante o estudo. DE- dextrose, ME- melaço, FA- farelo de arroz e AC- água clara. Valores são apresentados em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) após o teste não- paramétrico Kruskal-Wallis em cada período amostral.

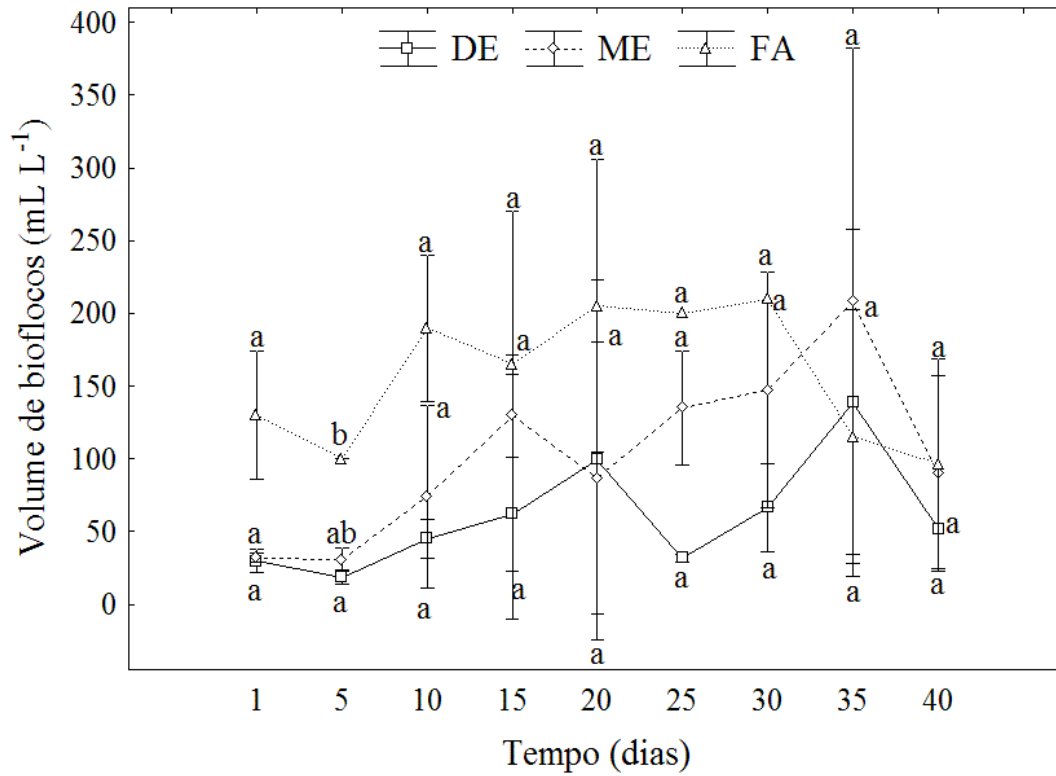


Figura 4. Volume de bioflocos da água dos tratamentos com bioflocos fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico durante o estudo. DE- dextrose, ME- melaço, FA- farelo de arroz. Valores são apresentados em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) após o teste não- paramétrico Kruskal-Wallis em cada período amostral.

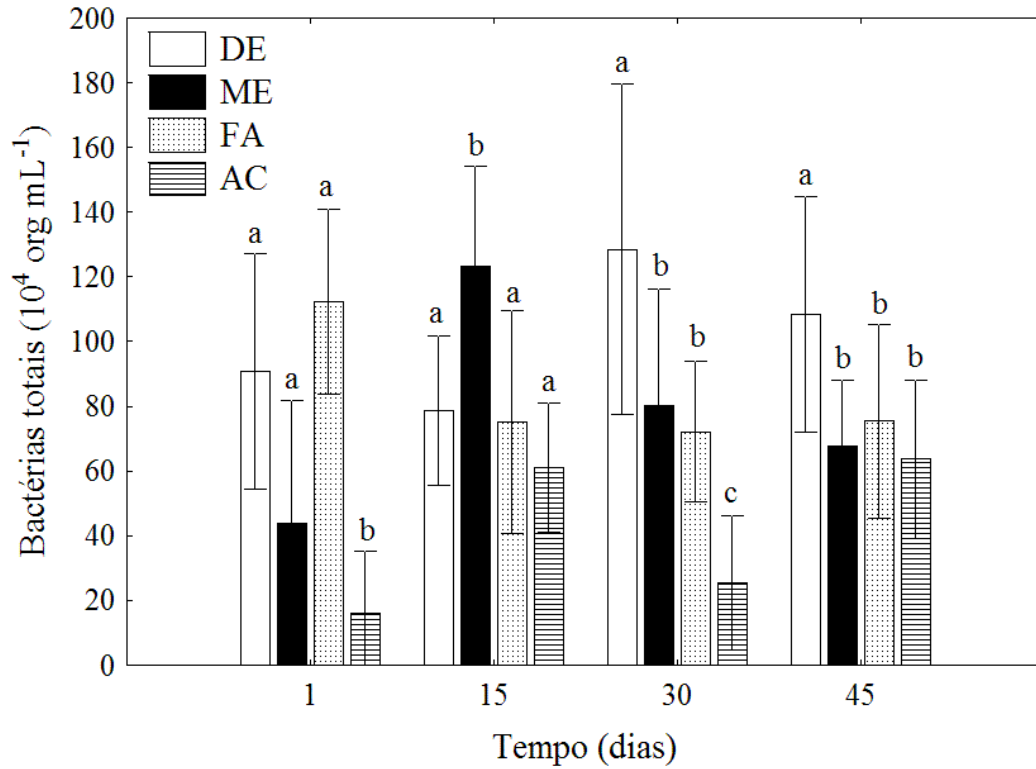


Figura 5. Abundância de bactérias totais durante o estudo na água dos tratamentos DE- dextrose, ME- melaço, FA- farelo de arroz e AC- água clara. Valores são apresentados em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) após o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis em cada período amostral.

CONCLUSÃO FINAL

A partir dos resultados obtidos nos três estudos pode-se concluir que:

- juvenis de tainhas *Mugil cf hospes* podem ser mantidas em sistema de bioflocos sem renovação, com manutenção dos bioflocos a partir da utilização de um inoculo;
- juvenis de tainhas *Mugil liza* apresentam crescimento favorecido em sistema de bioflocos com perifíton em comparação aos sistemas de água clara e água clara com perifíton;
- juvenis de tainhas *Mugil liza* podem ser mantidas em sistema de bioflocos com mínima renovação de água, sem prejuízos ao crescimento, em comparação ao sistema de água clara;
- as fontes de carbono orgânico dextrose, melão e farelo de arroz são eficientes na redução dos níveis de amônia da água de criação de juvenis de tainhas *Mugil liza* mantidas em sistema de bioflocos com mínima renovação de água;
- as fontes de carbono orgânico melão e farelo de arroz foram mais eficientes na remoção do nitrito em comparação à dextrose.