

# MONOCULTIVO E POLICULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus schmitti* E DO PARATI *Mugil curema* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS E ÁGUA CLARA\*

Emanuela Paula MELO<sup>1</sup>; Lidia Miyako Yoshii OSHIRO<sup>1</sup>; Michelle Midori Senna FUGIMURA<sup>1</sup>; Tiago Viana da COSTA<sup>2</sup>; Helaine dos Reis FLOR<sup>1</sup>; Nivaldo Faria SANT'ANA<sup>1</sup>

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar o monocultivo e policultivo do camarão branco *Litopenaeus schmitti* e do parati *Mugil curema* em sistema de bioflocos e água clara. O delineamento experimental foi completamente casualizado em esquema fatorial (4x2) com quatro sistemas de cultivo (estocagens de camarões e peixes) e dois meios de cultivo (água clara e bioflocos), com quatro repetições: (M50/0) - monocultivo de *L. schmitti* na densidade de 50 m<sup>-2</sup>; (P50/5) - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 5 m<sup>-2</sup>, respectivamente; (P50/10) - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 10 m<sup>-2</sup>, respectivamente; (M0/10) - monocultivo de *M. curema* na densidade de 10 m<sup>-2</sup>. O policultivo de *L. schmitti* com o parati prejudicou o desempenho zootécnico dos camarões, no entanto, juvenis de *L. schmitti* apresentaram melhor desempenho, para todos os índices analisados, quando cultivados em meio ao bioflocos. Os paratis em monocultivo e policultivo na menor densidade de estocagem (5m<sup>-2</sup>) apresentaram peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico superiores do que os paratis em policultivo na maior densidade (10m<sup>-2</sup>) e melhor desempenho quando cultivados em água clara. Os bioflocos contribuíram para o crescimento dos juvenis de camarão, no entanto os peixes não apresentaram o mesmo desempenho em sistema de bioflocos.

**Palavras-chave:** camarão-branco; sistema de cultivo; meios de cultivo

# MONOCULTURE AND POLY CULTURE OF SHRIMP *Litopenaeus schmitti* AND MULLET *Mugil curema* IN BIOFLOCS SYSTEM AND CLEAR WATER \*

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the monoculture and polyculture of white shrimp *Litopenaeus schmitti* and mullet *Mugil curema* in bioflocs system and clear water. The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement (4x2) with four cultures systems (shrimps and fish) and two culture medium (clear water and bioflocs), with four replications: (M50/0) - monoculture *L. schmitti* density 50 m<sup>-2</sup>; (P50/5) - polyculture *L. schmitti* and *M. curema* density 50 m<sup>-2</sup> and 5 m<sup>-2</sup>, respectively; (P50/10) - polyculture *L. schmitti* and *M. curema* density 50 m<sup>-2</sup> and 10 m<sup>-2</sup> respectively; (M0/10) - monoculture *M. curema* density 10 m<sup>-2</sup>. The polyculture of *L. schmitti* with mullet affected zootechnical performance of shrimp, however, *L. schmitti* juveniles showed better performance, for all analyzed indexes, when cultured in the bioflocs. The mullet in monoculture and polyculture with lower stocking density (5m<sup>-2</sup>) showed better final weight, weight gain and specific growth rate than mullet in polyculture with higher density (10m<sup>-2</sup>) and better performance when cultured in clear water. The bioflocs contributed significantly to shrimp juvenile growth, however fish did not present the same performance in bioflocs system.

**Keywords:** white shrimp; cultures systems; culture medium

---

### Artigo Científico: Recebido em 09/10/2015 - Aprovado em 01/07/2016

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Estação de Biologia Marinha. Rua Sereder, s/n, Itacuruçá, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. 23860-020. [emanuelapaula@hotmail.com](mailto:emanuelapaula@hotmail.com),

[lidiaoshiro\\_ufrjr@yahoo.com.br](mailto:lidiaoshiro_ufrjr@yahoo.com.br), [michellefugimura@yahoo.com.br](mailto:michellefugimura@yahoo.com.br), [helaineflor@yahoo.com.br](mailto:helaineflor@yahoo.com.br),

[nivaldofaria@outlook.com](mailto:nivaldofaria@outlook.com); <sup>2</sup> Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia. Estrada Parintins/Macurany, 1805, Jacareacanga, Parintins, Amazonas, Brasil. 69152-240. [tvianadacosta@yahoo.com.br](mailto:tvianadacosta@yahoo.com.br)

\* Apoio financeiro: FAPERJ (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro); CAPES (Bolsa de Mestrado).

Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 42(3): 532-547, 2016

Doi 10.20950/1678-2305.2016v42n3p532

## INTRODUÇÃO

A aquicultura atualmente busca adoção de práticas de manejo para diminuir os danos causados ao meio ambiente. Uma das alternativas para minimizar os impactos causados pelos efluentes do cultivo e evitar a disseminação de doenças é utilizar os sistemas superintensivos sem renovação de água. Outra alternativa é a técnica do policultivo que proporciona um melhor aproveitamento da área de cultivo, já que os resíduos gerados por uma espécie podem ser aproveitados por outra, aumentando o crescimento dos animais e a eficiência do sistema.

A tecnologia de bioflocos é uma técnica de controle da qualidade da água, através da adição de uma fonte de carbono orgânico no sistema de cultivo (CRAB et al., 2012). Os sistemas "ZEAH" (Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Culture Systems) ou sistemas com a tecnologia de bioflocos (BTF) reduzem o risco de introdução e disseminação de doenças, e permitem a suplementação da dieta dos animais através da produtividade natural dos viveiros (McINTOSH et al., 2000). De acordo com EMERENCIANO et al. (2007), os flocos microbianos são formados por agregados bacterianos, protozoários, metazoários, microalgas, cianobactérias, larvas de invertebrados, fezes, restos de animais mortos e exoesqueletos.

O policultivo é o cultivo simultâneo de duas ou mais espécies aquáticas criadas no mesmo ambiente, cujo objetivo principal é aumentar a produtividade, utilizando com melhor eficácia os recursos naturais disponíveis (SILVA et al., 2006). Neste sistema de cultivo, a recomendação é a utilização de espécies que apresentem hábitos alimentares diferentes (onívoro, herbívoro, detritívoro, iliófago), bem como utilizem diferentes nichos. No Brasil, existem poucos estudos com espécies marinhas e estuarinas em policultivo (CÓRDOBA e MESSINA, 2005), havendo pouco conhecimento sobre a criação comercial de peixes marinhos.

O camarão branco *Litopenaeus schmitti* é considerado uma das espécies mais promissoras para aquicultura no Brasil, atingindo um tamanho

maior que outras espécies nativas (BUENO, 1990; NASCIMENTO et al., 1991; BARBIERIERI, 2010; BARBIERI et al. 2014) possui hábito alimentar onívoro e, aproveita os restos de alimentos e fezes sedimentadas no fundo dos viveiros, o que torna possível sua criação em sistema heterotrófico e em policultivo com o parati *Mugil curema*.

A possibilidade de criação de juvenis de paratis e camarão branco em sistema heterotrófico, onde existe a presença de uma fonte suplementar de alimento (bioflocos), pode ser uma alternativa para otimizar a produção em cativeiro, melhorar a qualidade de água, reduzir as descargas dos efluentes e a introdução de doenças, além disso, os paratis em policultivo com o camarão podem promover o melhor aproveitamento da ração, dos espaços disponíveis e aumentar a produtividade. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o monocultivo e policultivo do camarão *L. schmitti* e do peixe *M. curema* em sistema de bioflocos e água clara.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os juvenis de *L. schmitti* e *M. curema* utilizados no presente estudo foram capturados em abril de 2013 por pescadores artesanais da Ilha da Madeira, Itaguaí, Rio de Janeiro. Os indivíduos foram levados para a Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (EBM/UFRRJ), em Itacuruçá, Mangaratiba/RJ, sendo aclimatados por um período de 10 dias em tanques de polietileno com capacidade de 500 L.

O delineamento experimental foi completamente casualizado em esquema fatorial (4x2) com quatro sistemas de cultivo (estocagens de camarões e peixes) e dois meios de cultivo (água clara e bioflocos), com quatro repetições, a saber: (M50/0) - monocultivo de *L. schmitti* na densidade de 50 m<sup>-2</sup>; (P50/5) - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 5 m<sup>-2</sup>, respectivamente; (P50/10) - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 10 m<sup>-2</sup>, respectivamente; (M0/10) - monocultivo de *M. curema* na densidade de 10 m<sup>-2</sup>.

As unidades experimentais utilizadas foram tanques de polietileno de 500 L, com volume útil

de 300 L e área de fundo de 0,71 m<sup>2</sup>, as quais receberam água salgada com salinidade entre 31 e 35‰, tratada antes do abastecimento através de filtros biológico e mecânico, luz ultravioleta e cloração. Os tanques externos foram protegidos por cobertura que permitia a passagem da luz natural; e receberam aeração mecânica constante durante todo o período experimental.

Para formação dos bioflocos e manutenção da qualidade da água foram inoculadas clorofíceas *Tetraselmis chuii* em uma densidade de  $3 \times 10^4$  células mL<sup>-1</sup>. Foi realizada análise de espectrometria de massa com o analisador elementar CNHS (Modelo PE-2400, Perkin Elmer) para obter as percentagens de carbono e nitrogênio presentes no melaço de cana-de-açúcar (0,3% C; 0,079 % N), farelo de trigo (0,42% C; 0,0283 N%) e ração (0,41% C; 0,069% N), que permitiu o cálculo da fertilização orgânica durante o período experimental.

Os peixes foram anestesiados com óleo de cravo *Eugenia caryophyllata* na concentração de 40 mg L<sup>-1</sup> na biometria inicial e nas biometrias seguintes com concentração de 80 mg L<sup>-1</sup> (DELBON e RANZANI PAIVA, 2012). Os camarões e peixes foram pesados em balança, com precisão de 0,01g, apresentando peso inicial (média ± DP) de  $0,90 \pm 0,05g$  e  $7,26 \pm 1,26g$ , respectivamente. Os paratis também foram mensurados para obtenção do comprimento total (cabeça até nadadeira caudal), sendo o comprimento inicial de  $7,80 \pm 0,35$  cm. Os juvenis de camarão e peixe foram estocados aleatoriamente nas respectivas unidades experimentais de acordo com cada tratamento.

Nos tratamentos com a presença de bioflocos, durante os três primeiros dias de estudo foram adicionados ração, melaço e farelo de trigo como fontes de carbono e nitrogênio, para manter uma relação carbono/nitrogênio ideal de 20:1 e estimular a formação de bioflocos (AVNIMELECH, 1999).

Após a indução inicial de formação do bioflocos, a fertilização orgânica foi realizada como base no nível de nitrogênio amoniacal total (N-AT). Quando verificado que as concentrações desses compostos nitrogenados atingiram níveis maiores

ou iguais a 1mg L<sup>-1</sup>, a adição da fonte de carbono realizou-se com base na relação C:N-AT de 6:1, seguindo as recomendações de AVNIMELECH (1999).

Nos tratamentos de monocultivo de camarão e peixe, os animais foram alimentados com uma ração comercial contendo 35% de proteína bruta da empresa Poli-Nutri Alimentos SA (Poli-camarão 350), fornecida em bandejas duas vezes ao dia, às 09h e 18h, na proporção de 10 % da biomassa dos camarões e 6,5 % dos peixes. Nas unidades experimentais, onde utilizou-se o policultivo, ofertou-se a dieta com base na biomassa dos juvenis de *L. schmitti*, considerados como a espécie principal. A cada 15 dias foi realizada uma biometria, onde todos os animais de cada unidade experimental foram pesados. O ajuste da quantidade de ração fornecida aos animais realizou-se de acordo com as biometrias e observação do consumo.

Apenas nos tratamentos em água clara, diariamente após o registro dos dados abióticos realizou-se a limpeza dos tanques através de sifonamento dos resíduos sólidos, para retirada dos restos de ração, fezes, ecdises e animais mortos, renovando-se 70% da água de cultivo.

Os parâmetros de qualidade de água, como temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram medidos através de equipamento multiparâmetro (YSI modelo Proplus, Bernauer Aquacultura), sendo registrados duas vezes ao dia, às 08 e 15h. A salinidade foi com auxílio de um salinômetro a cada dois dias, bem como as amostras de água dos tanques de cultivo, que foram coletadas para análises de amônia total (N-AT) e nitrito (NO<sub>2</sub>-N), e uma vez por semana para análises de nitrato (NO<sub>3</sub>-N) e fosfato (P-PO<sub>4</sub> mg L<sup>-1</sup>). As análises foram realizadas com o auxílio de kits colorimétricos de amônia tóxica, nitrito (Labcon Test), nitrato e fosfato (Red Sea Europe).

Nas unidades experimentais com meio de cultivo bioflocos, o volume do floco formado foi avaliado duas vezes por semana, através do cone graduado Inhoff (AVNIMELECH, 2007). A concentração de sólidos suspensos totais foi realizada a cada sete dias aplicando-se a

metodologia de gravimetria de volatilização (STRICKLAND e PARSONS, 1972).

Ao final dos 60 dias de estudo, a contagem e a pesagem individual dos animais foram realizadas para cada unidade experimental. A água de cultivo dos tratamentos com bioflocos foi filtrada, sendo os flocos microbianos secos em estufa a 60°C até atingirem peso constante, sendo posteriormente congelados. Os bioflocos foram separados para posterior análise de composição proximal no Laboratório de Tecnologia de Pescado da FIPERJ (FOLCH et al., 1957; AOAC, 2000).

A avaliação do desempenho dos juvenis de *L. schmitti* e *M. curema* foi calculada a partir dos seguintes índices zootécnicos: peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente, produtividade e sobrevivência. O fator de condição também foi calculado para os peixes. As fórmulas utilizadas foram as seguintes:

**Ganho de peso (GP) (g)** = peso médio final - peso médio inicial

**Taxa de crescimento específico (%/dia)** =  $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) * 100] / \text{tempo}$

**Conversão alimentar aparente (CAA)** = Quantidade de ração fornecida / Ganho de peso total

**Produtividade (PROD) (kg/ha)** =  $[\text{biomassa} * 10.000] / \text{área de cultivo (m}^2\text{)}$

**Sobrevivência (S) (%)** =  $(\text{número final de animais} / \text{número inicial de animais}) * 100$

**Fator de condição (K)** =  $[\text{peso final} / (\text{comprimento total final})^3] * 100$

Os resultados de desempenho zootécnico dos animais, parâmetros de qualidade de água, volume do floco, sólidos suspensos totais (SST) e composição centesimal dos bioflocos foram analisados pelos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. Quando necessário os dados foram transformados antes das análises estatísticas: peso final e ganho de peso dos camarões por  $\sqrt{x}$  (raiz quadrada de x) e a produtividade dos camarões por Log10; ganho

de peso dos peixes por Log10 e taxa de crescimento específico dos peixes por  $1/x$ . Apenas os dados não transformados são apresentados no presente estudo. Os dados obtidos foram analisados pela análise de variância bifatorial (ANOVA). A existência de diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram verificadas pelo teste de Duncan e consideradas significativas em nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS

### Qualidade de Água

Os parâmetros de qualidade de água registrados durante o período experimental estão apresentados na Tabela 1. Não houve efeito de interação ( $p > 0,05$ ) entre os fatores, sistemas de cultivo e meios de cultivo para todas as variáveis de qualidade de água analisadas. Nitrito e o nitrato diferiram ( $p < 0,05$ ) com relação aos sistemas de cultivo. Houve efeito ( $p < 0,05$ ) de meios de cultivo para as variáveis temperatura da manhã e tarde, pH manhã e tarde, oxigênio dissolvido manhã e tarde, salinidade, nitrito e nitrato.

Dentro do fator sistema de criação, a temperatura média da água, durante os períodos da manhã e da tarde mantiveram-se com valores similares, variando entre 27,47 e 27,86°C. O mesmo pode ser observado para o pH nos diferentes tratamentos, com valores variando entre 8,40 e 8,49. O oxigênio dissolvido na água apresentou uma variação entre os tratamentos de 6,34 e 6,67 mg L<sup>-1</sup> nos turnos da manhã e tarde, respectivamente. A salinidade apresentou valores similares variando de 31,38 a 31,68 nos diferentes tratamentos. A concentração de amônia na água manteve-se igual ou abaixo de 0,50 mg L<sup>-1</sup> em todos os tratamentos. Quanto à concentração de nitrito o menor valor foi encontrado no tratamento M0/10, que diferiu ( $p < 0,05$ ) dos demais tratamentos que foram estatisticamente iguais entre si. As concentrações de nitrato foram superiores significativamente nos tratamentos P50/10 e M50/0, e inferiores no tratamento

M0/10. O fosfato apresentou valores médios igual ou abaixo de 0,83 mg L<sup>-1</sup>.

cultivo com bioflocos em relação à água clara, exceto temperatura manhã, salinidade e fosfato.

A maioria dos parâmetros de qualidade de água apresentaram-se superiores no meio de

**Tabela 1.** Parâmetros de qualidade da água do monocultivo e policultivo dos juvenis de *L. schmitti* e *M. curema* em água clara e bioflocos.

Parâmetros	Sistemas de cultivo			Meios de cultivo			Valor P <sup>2</sup>
	M50/0	P50/5	P50/10	M0/10	AC	BF	
Temperatura manhã (°C)	27,47	27,64	27,83	27,68	28,02 <sup>a</sup>	27,27 <sup>b</sup>	0,69
Temperatura tarde (°C)	27,64	27,68	27,86	27,63	27,52 <sup>b</sup>	27,93 <sup>a</sup>	0,92
pH manhã	8,49	8,48	8,49	8,49	8,44 <sup>b</sup>	8,53 <sup>a</sup>	0,87
pH tarde	8,40	8,40	8,43	8,44	8,38 <sup>b</sup>	8,45 <sup>a</sup>	0,76
OD manhã (mg L <sup>-1</sup> )	6,67	6,52	6,51	6,58	6,35 <sup>b</sup>	6,79 <sup>a</sup>	0,66
OD tarde (mg L <sup>-1</sup> )	6,50	6,35	6,34	6,53	6,28 <sup>b</sup>	6,58 <sup>a</sup>	0,66
Salinidade	31,38	31,65	31,58	31,68	31,85 <sup>a</sup>	31,28 <sup>b</sup>	0,51
Amônia (N-AT mg L <sup>-1</sup> )	0,23	0,36	0,50	0,36	0,33 <sup>b</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,55
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup> )	3,07 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>	2,09 <sup>b</sup>	0,42 <sup>b</sup>	5,12 <sup>a</sup>	0,35
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup> )	31,46 <sup>a</sup>	27,75 <sup>b</sup>	37,03 <sup>a</sup>	12,45 <sup>c</sup>	2,95 <sup>b</sup>	54,91 <sup>a</sup>	0,34
Fosfato (P-PO <sub>4</sub> mg L <sup>-1</sup> )	0,10	0,12	0,83	0,20	0,99 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>	0,56

Letras diferentes na mesma linha (dentro de cada fator: sistema de cultivo e meio de cultivo) indicam diferenças significativas (P<0,05). M50/0 - monocultivo de *L. schmitti* na densidade de 50 m<sup>-2</sup>; P50/5 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 5 m<sup>-2</sup>, respectivamente; P50/10 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade 50 m<sup>-2</sup> e 10 m<sup>-2</sup>, respectivamente; M0/10 - monocultivo de *M. curema* na densidade de 10 m<sup>-2</sup>. AC - Água clara, BF - Bioflocos, CV - Coeficiente de variação, SC - Sistema de cultivo, MC - Meios de cultivo.

*Volume do Floco e Sólidos Suspensos Totais (SST)*

Houve diferença significativa (p<0,05) do volume do floco e da concentração dos sólidos

suspensos totais para os diferentes sistemas de cultivo em bioflocos (Tabela 2).

O volume do floco sedimentável foi maior no tratamento P50/5. O menor volume do floco foi registrado no tratamento M0/10, que não diferiu ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos M50/0 e P50/10. Os Sólidos Suspensos Totais (SST) foram superiores

nos tratamentos P50/10, P50/5 e M50/0. A menor concentração de sólidos suspensos totais foi verificada no tratamento M0/10, entretanto não diferiu ( $p > 0,05$ ) do tratamento P50/5.

**Tabela 2.** Volume e concentração dos flocos microbianos nos diferentes sistemas de cultivo em meio ao bioflocos.

Parâmetros	Tratamentos				CV%	Valor P
	M50/0	P50/5	P50/10	M0/10		
Cone Inhoff (mL L <sup>-1</sup> )	7,11 <sup>b</sup>	17,74 <sup>a</sup>	9,70 <sup>ab</sup>	6,42 <sup>b</sup>	46,08	0,04
SST (mg L <sup>-1</sup> )	149,16 <sup>a</sup>	143,79 <sup>ab</sup>	186,10 <sup>a</sup>	98,69 <sup>b</sup>	17,75	0,02

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ). M50/0 - monocultivo de *L. schmitti* na densidade de 50 m<sup>-2</sup>; P50/5 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 5 m<sup>-2</sup>, respectivamente; P50/10 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade 50 m<sup>-2</sup> e 10 m<sup>-2</sup>, respectivamente; M0/10 - monocultivo de *M. curema* na densidade de 10 m<sup>-2</sup>. SST - Sólidos Suspensos Totais, CV - Coeficiente de variação.

#### Composição Centesimal do Bioflocos

A composição centesimal do bioflocos para os diferentes sistemas de cultivos, não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabela 3). Desempenho Zootécnico dos Juvenis de *Litopenaeus schmitti*

Os resultados do desempenho zootécnico dos camarões encontram-se na Tabela 4.

Com relação às variáveis de desempenho dos camarões, houve diferenças significativas entre os sistemas de cultivo para o peso final, taxa de crescimento específico, sobrevivência, conversão alimentar e produtividade ( $p < 0,05$ ). As variáveis peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, sobrevivência, conversão alimentar aparente e produtividade diferiram com relação aos meios de cultivo ( $p < 0,05$ ).

Não houve interação entre os fatores sistemas e meios de cultivo para todas variáveis estudadas ( $p > 0,05$ ). O peso final dos camarões no tratamento

M50/0 foi maior que nos tratamentos P50/5 e P50/10, que foram iguais estatisticamente entre si. O ganho de peso foi similar entre os tratamentos. Com relação à taxa de crescimento específico no tratamento M50/0 observou-se valor superior ( $p < 0,05$ ), quando comparado aos tratamentos de policultivo P50/5 e P50/10, no qual os camarões apresentaram resultados inferiores de crescimento. A taxa de sobrevivência foi superior no tratamento M50/0 ( $p < 0,05$ ) comparada ao tratamento P50/5. Quanto à conversão alimentar aparente, o tratamento M50/0 proporcionou uma melhor eficiência. A produtividade foi superior no tratamento M50/0 e inferior nos tratamentos P50/5 e P50/10.

Os juvenis de *L. schmitti* apresentaram melhor desempenho para todas as variáveis quando cultivados em meio ao bioflocos em relação ao cultivo em água clara ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4).

**Tabela 3.** Composição centesimal do bioflocos nos diferentes sistemas de cultivo em meio ao bioflocos.

Composição centesimal (% MS)	Sistemas de cultivo				CV %	Valor P
	M50/0	P50/5	P50/10	M0/10		
Proteína Bruta	26,03	23,19	24,88	26,70	9,79	0,33
Lipídio	0,92	0,88	0,74	0,80	53,78	0,95
Cinza	45,65	47,51	45,52	46,45	5,83	0,72

M50/0 - monocultivo de *L. schmitti* na densidade de 50 m<sup>-2</sup>; P50/5 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 5 m<sup>-2</sup>, respectivamente; P50/10 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade 50 m<sup>-2</sup> e 10 m<sup>-2</sup>, respectivamente; M0/10 - monocultivo de *M. curema* na densidade de 10 m<sup>-2</sup>. MS - Matéria Seca, CV - Coeficiente de variação.

**Tabela 4.** Índices zootécnicos dos juvenis de *L. schmitti* cultivados em monocultivo e policultivo em meios de água clara e bioflocos.

Índices	Sistemas de cultivo			Meios de cultivo		Valor P <sup>2</sup>
	M50/0	P50/5	P50/10	AC	BF	
Peso final (g)	1,29 <sup>a</sup>	1,22 <sup>b</sup>	1,23 <sup>b</sup>	1,18 <sup>b</sup>	1,30 <sup>a</sup>	0,67
Ganho de peso (g)	1,09	1,08	1,08	1,01 <sup>b</sup>	1,45 <sup>a</sup>	0,09
Taxa de crescimento específico (% dia <sup>-1</sup> )	3,16 <sup>a</sup>	2,33 <sup>b</sup>	2,34 <sup>b</sup>	1,72 <sup>b</sup>	3,38 <sup>a</sup>	0,74
Sobrevivência (%)	74,29 <sup>a</sup>	63,57 <sup>b</sup>	66,43 <sup>ab</sup>	58,0 <sup>b</sup>	76,19 <sup>a</sup>	0,32
Conversão alimentar aparente	1,33 <sup>b</sup>	2,34 <sup>a</sup>	2,30 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>	1,53 <sup>b</sup>	0,06
Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )	987,03 <sup>a</sup>	693,55 <sup>b</sup>	721,34 <sup>b</sup>	556,00 <sup>b</sup>	1070,00 <sup>a</sup>	0,28

Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem (p<0,05) pelo teste de Duncan. M50/0 - monocultivo de *L. schmitti* na densidade de 50 m<sup>-2</sup>; P50/5 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 5 m<sup>-2</sup>, respectivamente; P50/10 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade 50 m<sup>-2</sup> e 10 m<sup>-2</sup>, respectivamente; M0/10 - monocultivo de *M. curema* na densidade de 10 m<sup>-2</sup>. AC - Água clara, BF- Bioflocos, SC- Sistema de cultivo, MC - Meios de cultivo.

*Desempenho Zootécnico dos Juvenis de Mugil curema*

Os resultados de desempenho zootécnico dos peixes encontram-se na Tabela 5. Com relação aos sistemas de cultivo foi verificada diferença significativa para as variáveis peso final, ganho de peso, taxa crescimento específico, sobrevivência e fator de condição ( $p < 0,05$ ). As variáveis peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, produtividade diferiram em relação aos meios de cultivo ( $p < 0,05$ ). Não foi verificado efeito de interação para os fatores sistemas de cultivo e meios de cultivo em todas as variáveis analisadas ( $p > 0,05$ ). No presente estudo, em relação aos sistemas de cultivo, os peixes apresentaram peso final, ganho de peso e taxa de

crescimento específico superiores nos tratamento P50/5 e M0/10 e inferiores no tratamento P50/10. A taxa de sobrevivência foi superior para os peixes no tratamento P50/5 e inferior nos tratamentos M0/10 e P50/10. A produtividade não diferiu entre os sistemas de cultivo utilizados. O fator de condição foi superior para os peixes no tratamento M0/10 e inferior nos tratamentos P50/10 e P50/5. Os juvenis de *M. curema* apresentaram melhor desempenho para a maioria das variáveis, quando cultivados em água clara ( $p < 0,05$ ), exceto para sobrevivência e fator de condição (Tabela 5).

**Tabela 5.** Índices zootécnicos dos juvenis de *M. curema* cultivados em monocultivo e policultivo em meio de água clara e bioflocos.

Índices	Sistemas de cultivo			Meios de cultivo		Valor P <sup>2</sup>
	M0/10	P50/5	P50/10	AC	BF	SCxMC
Peso final (g)	14,60 <sup>a</sup>	17,78 <sup>a</sup>	12,95 <sup>b</sup>	16,51 <sup>a</sup>	13,50 <sup>b</sup>	0,30
Ganho de peso (g)	7,69 <sup>a</sup>	9,35 <sup>a</sup>	5,65 <sup>b</sup>	8,92 <sup>a</sup>	5,88 <sup>b</sup>	0,15
Taxa de crescimento específico (% dia <sup>-1</sup> )	12,59 <sup>a</sup>	13,95 <sup>a</sup>	9,10 <sup>b</sup>	14,06 <sup>a</sup>	9,30 <sup>b</sup>	0,43
Sobrevivência (%)	78,57 <sup>b</sup>	96,87 <sup>a</sup>	78,57 <sup>b</sup>	88,10	81,79	0,44
Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )	1126,8	978,10	1016,8	1163,60 <sup>a</sup>	875,30 <sup>b</sup>	0,47
Fator de condição	2,01 <sup>a</sup>	1,82 <sup>b</sup>	1,79 <sup>b</sup>	1,89	1,82	0,87

Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Duncan. M50/0 - monocultivo de *L. schmitti* na densidade de 50 m<sup>-2</sup>; P50/5 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade de 50 m<sup>-2</sup> e 5 m<sup>-2</sup>, respectivamente; P50/10 - policultivo de *L. schmitti* e *M. curema* na densidade 50 m<sup>-2</sup> e 10 m<sup>-2</sup>, respectivamente; M0/10 - monocultivo de *M. curema* na densidade de 10 m<sup>-2</sup>. AC - Água clara, BF- Bioflocos, SC - Sistema de cultivo, MC - Meios de cultivo.

## DISCUSSÃO

### Qualidade de Água

A temperatura da água manteve-se em níveis aceitáveis para a espécie cultivada, pois segundo KUBTIZA (2003), em cultivos de *L. vannamei*, as

variações de temperatura entre 28 e 30°C, apresentam-se como as mais adequadas para um bom desempenho e crescimento de camarões. De acordo com OKAMOTO et al. (2006), as tainhas *Mugil platanus* apresentaram melhor crescimento e conversão alimentar em temperaturas acima de

30°C. Portanto, o desempenho tanto dos camarões como dos peixes, provavelmente não foram afetados pela temperatura.

A faixa ideal de pH para o cultivo de *L. vannamei* varia entre 8,1 e 9,0 (HERNANDEZ e NUNES, 2001) e entre 7,5 e 8,5 para a maioria dos camarões marinhos (KUBITZA, 2003). De acordo com KUBITZA (1998), os valores de pH de 6,5 a 9,0 são mais adequados para peixes, e o crescimento e a reprodução podem ser prejudicados quando esses valores apresentam-se acima ou abaixo dessa faixa de conforto. Para FURTADO *et al.* (2013), o pH nos períodos da manhã e tarde no meio de bioflocos foi superior, quando comparado ao meio de cultivo em água clara; no entanto o pH manteve-se na faixa ideal de 7 a 9 para formação do floco microbiano. Assim, o pH nos tratamentos do presente estudo se apresentou dentro dos níveis adequados para o cultivo dos animais. O mesmo pode ser verificado para o oxigênio dissolvido, que de acordo com KUBITZA (2003), devem permanecer acima de 4mg L<sup>-1</sup> e para a salinidade, conforme reportado por BOYD (1997) para peixes e crustáceos marinhos.

Os compostos nitrogenados em concentrações elevadas no ambiente de cultivo são aproveitados pelos microorganismos e transformados em proteína microbiana, melhorando a qualidade de água e servindo de fonte alimentar para os camarões (POERSCH *et al.*, 2012). As concentrações de amônia durante o estudo estiveram dentro da faixa recomendada por HERNÁNDEZ e NUNES (2001) para camarões marinhos e por MIRANDA-FILHO *et al.* (1995) para tainhas.

As concentrações de nitrito foram elevadas no cultivo com bioflocos em relação à água clara, entretanto estiveram dentro dos limites recomendados para as duas espécies (MIRANDA-FILHO *et al.*, 1995; VAN WYK e SCARPA 1999). De acordo com KRUMMENAUER *et al.* (2013), a estabilização da comunidade microbiana pode demorar até seis semanas, após o pico inicial de amônia, quando surge o nitrito que é um dos compostos nitrogenados mais tóxicos na aquicultura, sendo inevitável a mortalidades e

reduções no crescimento dos animais, quando essas comunidades não estão completamente estáveis no sistema de cultivo. Portanto, o período de estudo provavelmente foi suficiente para promover à proliferação das bactérias heterotróficas e estabilizar a microbiota bacteriana do sistema.

As concentrações de nitrato apresentaram-se elevadas no cultivo em bioflocos, no entanto esse composto é menos tóxico para os organismos aquáticos confinados (GAONA *et al.*, 2012), o que provavelmente não comprometeu o desempenho das duas espécies estudadas.

No presente estudo, os baixos níveis de fosfato não interferiram no desempenho dos peixes e camarões, no entanto altas concentrações desse elemento devem ser evitadas devido à proliferação de cianobactérias no ambiente de cultivo (ANDERSON *et al.*, 2002). De acordo com GALVÃO *et al.* (2012), o aumento de cianobactérias pode reduzir as concentrações de oxigênio na água e ocasionar a morte dos animais.

#### ***Volume do Floco e Sólidos Suspensos Totais (SST)***

O maior volume de floco sedimentável e concentração de sólidos suspensos totais nos tratamentos de policultivo podem ser devido à maior presença de restos alimentares, ecdises e excreção proveniente em conjunto dos peixes e camarões, no entanto o monocultivo de camarão também apresentou alta concentração de SST. As concentrações de SST se mantiveram abaixo do limite máximo de 400 mg L<sup>-1</sup>, recomendado por AVNIMELECH (2009) para peixes cultivados em bioflocos e abaixo de 500 mg L<sup>-1</sup> para cultivos de camarões com bioflocos (SAMOCHA *et al.*, 2007). Já AVNIMELECH (2011) recomenda que o volume do floco mantenha-se entre 5 - 50 mL L<sup>-1</sup>. Portanto, o volume do floco manteve-se dentro dos limites aceitáveis para as duas espécies cultivadas.

#### ***Composição Centesimal do Floco***

Os níveis de proteína bruta dos bioflocos estiveram próximos aos citados por JU *et al.* (2008), que obtiveram uma variação na composição proteica dos flocos de 26 a 41,9%. No

entanto, BALLESTER et al. (2010), EMERENCIANO et al. (2007, 2012) e LUO et al. (2014) mencionaram níveis acima de 30% de proteína bruta, superiores ao do presente estudo.

No geral, os teores de cinza do presente estudo foram altos e superiores aos encontrados por EMERENCIANO et al. (2007, 2012), JU et al. (2008) e BALLESTER et al. (2010); entretanto, WASIELESKY et al. (2006) encontraram teores de cinza próximo ao do presente estudo, afirmando que os níveis elevados desse nutriente foram provenientes das fezes dos camarões.

Os teores de lipídio no presente estudo foram superiores aos relatados por EMERENCIANO et al. (2007, 2012), BALLESTER et al. (2010) e inferiores aos encontrados por JU et al. (2008) e LUO et al. (2014).

AVNIMELECH (2007) mencionou que a composição bromatológica do bioflocos depende da fonte de carbono introduzida no meio de cultivo, da biota microbiana, ração, animais e outros fatores relacionados à sua formação. Portanto, a qualidade do floco microbiano é influenciada pela fonte de carbono, sendo sua escolha de grande importância em sistemas de cultivo sem renovação de água (CRAB et al., 2010). No presente estudo, o melaço de cana-de-açúcar, o farelo de trigo e a ração contribuíram para a formação e melhoria da qualidade nutricional do bioflocos.

GALINDO et al. (1992) recomendaram dietas com 25 a 35% de proteína bruta e 6 a 8% de lipídio para o camarão *L. schmitti*, portanto o teor de proteína dos bioflocos esteve dentro dos níveis de exigência nutricional dessa espécie, entretanto o mesmo não ocorreu para o lipídio.

Os níveis de proteína dos flocos microbianos podem chegar acima de 50% (AZIM e LITTLE, 2008), comprovando seu valor nutricional e a possibilidade de reduzir os níveis de proteína bruta da ração e consequentemente os custos com alimentação. Entretanto, no presente estudo, os níveis de proteína bruta do floco ficaram abaixo dos 34 e 40% de proteína bruta recomendados por ITO e BARBOSA (1997) e CARVALHO et al. (2010), para dietas de juvenis de *M. platanus*.

#### Desempenho Zootécnico dos Juvenis de *Litopenaeus schmitti*

O desempenho zootécnico foi superior para o camarão *L. schmitti* quando cultivado em monocultivo, exceto para ganho de peso e sobrevivência. O policultivo afetou negativamente o peso final dos camarões no presente estudo, provavelmente pela competição por alimento e pela presença dos peixes, pois foi observado que os camarões nadavam próximos à parede dos tanques, o que pode caracterizar um estresse causado pela presença dos paratis. Entretanto, COSTA et al. (2013), relataram um crescimento superior ao do presente estudo para o camarão *L. vannamei* no policultivo com a tainha *M. platanus*. HERNANDEZ-BARRAZA et al. (2012) também verificaram maior crescimento do *L. vannamei* em policultivo com a tilápia *Oreochromis niloticus*. Provavelmente a utilização da maior densidade de estocagem no presente estudo, para as espécies em policultivo, ocasionou maior disputa por alimento e espaço no ambiente de cultivo, prejudicando o desempenho dos camarões. PRETO et al. (2005) afirmaram que altas densidades de estocagens diminuem o crescimento dos camarões, devido principalmente à competição por alimento, espaço e canibalismo.

A introdução de paratis em policultivo nas densidades de 5 e 10 indivíduos m<sup>-2</sup> proporcionou ganho de peso semelhante dos camarões. No entanto, COSTA et al. (2013) estudando o camarão *L. vannamei* em mono e policultivo com a tainha (*Mugil platanus*) obtiveram resultados superiores ao do presente estudo, variando de 15,59 e 12,65 g nas densidades de 10 pós-larvas m<sup>-2</sup>. Entretanto, a sobrevivência dos camarões no presente trabalho reduziu significativamente no tratamento com o policultivo na menor densidade de peixes (5 m<sup>-2</sup>) em comparação com o monocultivo de camarão, demonstrando que a presença dos paratis pode ter contribuído para a mortalidade dos camarões. ARTILES et al. (2001) avaliaram o policultivo da tainha *Mugil liza* com o camarão *L. schmitti* em tanques de terra com 1,7 e 0,05 ha, onde somente os camarões foram alimentados com ração de 28% de proteína bruta, e verificaram sobrevivências de 53,3% em 1,7ha e de 63% e 57% em 0,05ha nas

densidades de 13 e 8 juvenis m<sup>-2</sup> de *L. schmitti*, respectivamente, valores inferiores aos obtidos no presente estudo. Resultados similares de sobrevivência foram encontrados por COSTA et al. (2013).

A baixa conversão alimentar dos camarões em policultivo deve-se provavelmente à menor quantidade de ração consumida, já que foram alimentados com 10% do seu peso vivo e essa ração não foi suficiente para alimentar as duas espécies e promover um bom desempenho do camarão. Possivelmente o parati consumiu a ração destinada aos camarões, comprometendo os valores reais de conversão alimentar desta espécie em policultivo. ARTILES et al. (2001) reportaram valores próximos ao do presente estudo, variando de 2,18 a 2,25 para *L. schmitti* em policultivo com *M. liza*, em tanques de terra de 1,7 e 0,05 ha.

No presente estudo a introdução dos paratis na densidade de 5 e 10 indivíduos m<sup>-2</sup> em policultivo, proporcionou resultados semelhantes de produção de camarão, mas inferiores de camarão produzido em monocultivo. Esses resultados discordam em parte de SIMÃO et al. (2013), que trabalharam com *L. vannamei* e *O. niloticus* em sistema de monocultivo com 10 camarões m<sup>-2</sup> e policultivo com 10 camarões m<sup>-2</sup> e 0,5 e 1 tilápia m<sup>-2</sup>, obtendo produtividades finais para o camarão de 613,5 kg ha<sup>-1</sup>; 362,75 e 183,74 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, durante 95 dias de cultivo, onde somente os camarões receberam uma ração de 30% de proteína bruta. De acordo com TIAN et al. (2001), geralmente o camarão apresenta rendimento superior em policultivo, demonstrando um melhor aproveitamento do alimento disponível, entretanto, no presente estudo, o policultivo mostrou-se prejudicial ao camarão.

O melhor desempenho dos juvenis de *L. schmitti* quando cultivados em meio ao bioflocos, provavelmente está relacionado com a presença de flocos microbianos no ambiente de cultivo. De acordo com CUZON et al. (2004) a presença de bactérias heterotróficas nos meios de cultivo melhora significativamente o ganho de peso, a sobrevivência, o crescimento e a conversão alimentar dos camarões. Segundo BURFORD et al.

(2004) mais de 29% do alimento consumido pelo *L. vannamei* em meio heterotrófico, deve-se ao flocos microbiano presente. E de acordo com POERSCH et al. (2012), os agregados microbianos possibilitam um maior aproveitamento dos nutrientes gerados e da ração não consumida pelos animais, reduzindo a conversão alimentar e os níveis de farinha de peixe na alimentação.

No presente estudo, o flocos microbiano contribuiu significativamente para o crescimento dos juvenis de camarão, provavelmente atendendo suas exigências nutricionais em proteína bruta, além disso, reduziu a conversão alimentar, comprovando que o sistema de bioflocos melhorou o desempenho dos animais.

#### ***Desempenho Zootécnico dos Juvenis de Mugil curema***

O peso final, ganho de peso e a taxa de crescimento específico foi superior para os paratis cultivados em monocultivo e policultivo na menor densidade de 5 m<sup>-2</sup>. Portanto a maior densidade de estocagem de *M. curema* (10 m<sup>-2</sup>) influenciou negativamente estes parâmetros.

YUAN et al. (2010) verificaram que o policultivo de *O. niloticus* nas densidades 0,4, 0,8 e 1,2 tilápias m<sup>-2</sup> com 60 camarões m<sup>-2</sup>, não influenciaram no peso final das tilápias. Portanto, segundo esses autores, o aumento da densidade não afetou o desempenho das tilápias em policultivo, entretanto esse padrão não foi observado no presente estudo. COSTA et al. (2013) verificaram que o ganho de peso da tainha *M. platanus* em policultivo com o *L. vannamei* foi de 42,72g e 31,04g no monocultivo na densidade de 0,67 tainhas m<sup>-2</sup>. Assim, os resultados do presente estudo foram bem inferiores aos encontrados por este último autor.

MUANGKEOW et al. (2007) criando *L. vannamei* com *O. niloticus*, verificou que o crescimento dos peixes reduziu significativamente com o aumento da densidade de estocagem de tilápias, corroborando com o presente estudo. Durante o período experimental foi observado que os paratis apresentaram maior habilidade na captura da ração em relação aos camarões, o que

pode ter contribuído para seu maior crescimento em policultivo na menor densidade de estocagem (COSTA et al., 2013). Segundo BRITO et al. (2014), as tilápias apresentam forte hierarquia, quando cultivadas com outras espécies de peixes e crustáceos, sendo necessário cuidados com as espécies que vivem no mesmo ambiente de cultivo, para obter bom crescimento e bem-estar dos mesmos. A alta densidade de tilápias pode reduzir o crescimento dos camarões devido à baixa disponibilidade de alimentos naturais, que são consumidos pelas tilápias em grande proporção (MUANGKEOW et al., 2007). Portanto, no presente estudo pode-se afirmar que os paratis competiram com o camarão por alimento e se beneficiaram para o seu crescimento.

A taxa de sobrevivência foi superior no tratamento de policultivo na menor densidade de estocagem (5m<sup>-2</sup>), corroborando com CARVALHO et al. (2010), que encontraram taxas de sobrevivência de 95,7 e 96,3% para espécie *M. platanus*. SOUZA et al. (2009) encontraram sobrevivências de 88,33 e 85,33%, em policultivo de alevinos de *O. niloticus* com o camarão *Macrobrachium amazonicum* alimentados com ração farelada e peletizada de 33% de proteína bruta, respectivamente, embora esses resultados estejam um pouco abaixo daqueles do presente estudo. As altas taxas de sobrevivência indicam que os parâmetros de qualidade de água estiveram dentro da faixa ideal de conforto para a espécie estudada.

A produtividade não foi influenciada pelos sistemas de cultivo e pelas densidades de estocagens estudadas, corroborando com SANTOS e VALENTI (2002), que concluíram que o policultivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* com a tilápia não interfere na produtividade dos peixes, obtendo produções médias de 3445 kg ha<sup>-1</sup>, 3671 - 3857 kg ha<sup>-1</sup> em monocultivo e policultivo de tilápia, respectivamente.

O fator de condição para os peixes foi superior no monocultivo do que nos policultivos. De acordo com a FISH BREEDING ASSOCIATION (2003), um fator de condição < 1,8 indica condições precárias de bem-estar, enquanto

um fator de condição > 2, indica que os peixes estão em bom estado fisiológico. CRAB et al. (2009) encontraram um fator de condição similar ao do presente estudo, variando de 2,1 a 2,3 para híbridos de tilápia (*O. niloticus* × *O. aureus*) cultivados em meio heterotrófico. Portanto, conclui-se que a tainha *M. curema* permaneceu em bom estado fisiológico durante o presente estudo.

Apesar da eficiência do bioflocos já ter sido comprovada como fonte suplementar para peixes com hábitos alimentares onívoros detritívoros (AVNIMELECH, 2007), no presente estudo não foi verificado um bom desempenho para os peixes cultivados em bioflocos, apresentando resultados superiores para a maioria das variáveis em água clara.

A turbidez devido ao bioflocos pode reduzir a visibilidade dos peixes e conseqüentemente o consumo de ração artificial. Segundo SAMOCHA et al. (2007), o grande volume de flocos (sólidos em suspensão) pode ocasionar o entupimento das brânquias, prejudicando a respiração dos peixes, reduzindo o consumo de alimento e conseqüentemente aumentando o estado de estresse dos animais. No entanto, no presente estudo os sólidos suspensos totais ficaram dentro das concentrações aceitáveis. Aparentemente os paratis reduziram o consumo de ração, devido à visibilidade reduzida em meio heterotrófico, e em água clara os paratis consumiram adequadamente a ração ofertada, o que explica o maior desempenho dos peixes nesta condição.

## CONCLUSÃO

O policultivo do camarão *L. schmitti* com o parati *M. curema* prejudicou o desempenho dos camarões, no entanto, juvenis de *L. schmitti* apresentaram melhor desempenho para todas as variáveis, quando cultivados em meio ao bioflocos. O floco microbiano contribuiu significativamente para o crescimento e melhoria da conversão alimentar dos juvenis de camarão.

O parati *M. curema* em monocultivo e policultivo na menor densidade de estocagem (5m<sup>-2</sup>) apresentaram peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico superiores ao

policultivo na maior densidade (10m<sup>-2</sup>). Quanto ao meio de cultivo, o desempenho foi superior para a maioria das variáveis em água clara quando comparado à produção em bioflocos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pela concessão da Bolsa de Mestrado/UFRRJ à primeira autora, à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela concessão do auxílio financeiro (Processo E-26/110.362/2010) e ao Pesquisador da Fundação do Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), Ricardo Cavalcanti Martino pelo auxílio nas análises bromatológicas do bioflocos.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, D.M.; GLIBERT, P.M.; BURKHOLDER, J. M. 2002 Harmful Algal Blooms and Eutrophication Nutrient Sources, Composition, and Consequences. *Estuaries*, 25: 704 -726.
- AOAC. 2000 *Official methods of analysis*. 17<sup>a</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- ARTILES, M. A.; REYES, R.; TIZOL, R. 2001 Policultivo de lisa (*Mugil liza*) con camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) en estanques de tierra. *Boletín del Centro Investigaciones Biológicas*, 35(3): 325-338.
- AVINEMELECH, Y. 2011 Tilapia Production Using Biofloc Technology: Saving Water, Waste Recycling Improves Economics. *Global Aquaculture Advocate*, 14(3): 66-68.
- 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.
- AVNIMELECH, Y. 2009 *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*. Baton Rouge, Louisiana, United States. The World Aquaculture Society. 181 p.
- AZIM, M. E e LITTLE, D. C. 2008 The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *Aquaculture*, 283: 29 - 35.
- BALLESTER, E. L, C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O.; EMERENCIANO, M.; ABREU, L.; WASIELESKY, W. 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.
- BARBIERI, E.; BONDIOLI, A. C. V.; MELO, C. B.; HENRIQUES, M. B. 2014 Nitrite toxicity to *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture Research*, 47(4): 1260-1268.
- BARBIERI, E. 2010 Acute toxicity of ammonia in White shrimp (*Litopenaeus schmitti*) (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture*, 302(1-4): 231-237.
- BOYD, C. E. 1997 *Pond bottom soil and water quality management for pond aquaculture*. Alabama: ASA, 55 p.
- BUENO, S. L. S. 1900 Maturation and spawning of the white shrimp *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936, under large scale rearing conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, 3(21): 170 - 179.
- BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; McINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. 2004 The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity zero-exchange system. *Aquaculture*, 232(1 - 4): 525 - 537.
- CARVALHO, C. V. A.; BIANCHINI, A.; TESSER, M. B.; SAMPAIO, L. A. 2010 The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Gunther). *Aquaculture Research*, 41: 511 - 518.

- CARVALHO, C. V. A.; BIANCHINI, A.; TESSER, M. B.; SAMPAIO, L. A. 2010 The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Gunther). *Aquaculture Research*, 41: 511-518.
- COSTA, L. C. O.; XAVIER, J. A. A.; NEVES, L. F. M.; AZAMBUJA, A. M. V.; WASIELESKY, W. JR.; FIGUEIREDO, M. R. C. 2013 Polyculture of *Litopenaeus vannamei* shrimp and *Mugil platanus* mullet in earthen ponds. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(9): 605 - 611.
- CRAB, R., DEFOIRD, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. 2012 Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356-357: 351 - 356.
- CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M.; BOSSIER P.; VERSTRAETE, W. 2010 The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41: 559 - 567.
- CRAB, R.; KOCHVAC, M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. 2009 Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, 40(3): 105 - 112.
- CUZON, G.; LAURENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C.; GUILLAUME, J. 2004 Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235: 513 - 531.
- DELBON e RANZANI PAIVA. 2012 Eugenol em juvenis de Tilápia do Nilo: concentrações e administrações sucessivas. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38(1): 43 - 52.
- EMERENCIANO, M. G. C.; WASIELESKY, W. JR.; SOARES, R. B.; BALLESTER, E. C.; IZEPPI, E. M.; CAVALLI, R. O. 2007 Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 29(1): 1 - 7.
- EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. JR. 2012 Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43: 447 - 457.
- FISH BREEDING ASSOCIATION. 2003 *Technical Handbook*. Fish Breeding Association, Israel, 106 p.
- FOLCH, J. M.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biological Chemistry*, 226: 497 - 507.
- FURTADO, P. S.; GAOANA, C. A. P.; SERRA, F. P.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. JR. 2013 Cultivo de camarões marinhos com tecnologia de bioflocos: A influência da alcalinidade pH e CO<sub>2</sub>. *Panorama da Aquicultura*, 23(135): 43 - 53.
- GALINDO, J.; ÁLVAREZ, J.; FRAGA, I.; REYES, R.; JAIME, B.; FERNÁNDEZ, I. 1992 Requerimientos de lípidos de juveniles de camarón blanco *Panaeus schmitti*. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 17(2): 23 - 36.
- GALVÃO, J. A.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; OETTERER, M. 2012 Cultivo aquático sustentável implica melhoramento de cianobactérias. *Revista Visão Agrícola*, 11: 54 - 55.
- GAONA, C. N.; SERRA, F. P.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. JR. 2012 Sistema de bioflocos: A importância e o manejo dos sólidos suspensos totais. *Panorama da aquicultura*, 22(134): 38 - 46.
- HERNÁNDEZ, J. Z. e NUNES, A. J. P. 2001 Biossegurança no cultivo de camarão marinho qualidade da água e fatores ambientais. *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, 3(2): 55 - 59.
- HERNANDEZ-BARRAZA, C.; LOREDO, J.; ADAME, JORGE.; FITZSIMMONS, K. M. 2012 Effect of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in a sequential polyculture system. *Latin American Journal Aquatic Research*, 40(4): 936-942.
- ITO, K. e BARBOSA, J. C. 1997 Nível protéico e proporção de proteína de origem animal em dietas artificiais para tainha, *Mugil platanus*. *Boletim do Instituto de Pesca*, 24: 111 - 117.

- JU, Z. Y.; FORSTER, I.; CONQUEST, L.; DOMINY, W.; KUO, W. C.; HORGREN, F. V. 2008 Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquaculture Research*, 39: 118 - 133.
- KRUMMENAUER, D.; LARA, G.; FOÉS, G.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. JR. 2013 Sistema de Bioflocos: É possível reutilizar a água por diversos ciclos? *Panorama da aquicultura*, 136(23): 40 - 47.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes - parte I. 1998 *Panorama da aquicultura*, 8(45): 36 - 41.
- KUBITZA, F. 2003 *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. 1ª ed. Jundiaí: F. Kubitza. 229 p.
- LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L.; TAN, H. 2014 Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422 - 423: 1 - 7.
- McINTOSH, D.; SAMOCHA, T. M.; JONES, E. R.; LAWRENCE, A. L.; MCKEE, D. A.; HOROWITZ, S.; HOROWITZ, A. 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.
- MIRANDA-FILHO, K. C.; WASIELESKY, W. JR.; MAÇADA, A. P. 1995 Efeito da amônia e nitrato no crescimento da tainha *Mugil platanus* (Pisces, Mugilidae). *Brazilian Journal of Biology*, 55: 45 - 50.
- MUANGKEOW, B.; IKEJIMA, K.; POWTONGSOOK, S.; YI, Y. 2007 Effects of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), and Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* L., stocking density on growth, nutrient conversion rate and economic return in integrated closed recirculation system. *Aquaculture*, 269: 363 - 376.
- NASCIMENTO, I. A.; BRAY, W. A.; LEUNG TRUJILLO, J. R.; LAWRENCE, A. L. 1991 Reproduction of ablated and unbled *Penaeus schmitti* in captivity using diets consisting of fresh-frozen natural and dried formulated feeds. *Aquaculture*, 99: 387 - 398.
- OKAMOTO, M. H.; SAMPAIO, L. A.; MAÇADA, A. P. 2007 Efeito da temperatura sobre o crescimento e sobrevivência de juvenis de tainha *Mugil platanus* Günther, 1880. *Atlântica*, 28: 61 - 66.
- POERSCH, L. H.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; ROMANO, L. A.; WASIELESKY, W. JR. 2012 Bioflocos uma alternativa para camarões saudáveis. *Panorama da Aquicultura*, 22(130): 28 - 37.
- POERSCH, L. H.; SANTOS, M. H. S.; MIRANDA-FILHO, K.; WASIELESKY, W. JR. 2007 Efeito agudo do nitrato sobre alevinos de tainha. *Boletim do Instituto de Pesca*, 33(2): 247 - 252.
- PRETO, A.; CAVALLI, R. O.; PISSETI, T.; ABREU P. C.; WASIELESKY, W. JR. 2005 Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós-larvas do camarão-rosa, *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em gaiolas. *Ciência Rural*, 35: 1417 - 1423.
- SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALLI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. L. 2007 Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Engineering*, 36(2): 184 - 191.
- SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALLI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. L. 2007 Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Engineering*, 36(2): 184 - 191.
- SANTOS, M. J. M. e VALENTI, W. C. 2002 Production of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked at different densities in polyculture systems in Brazil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(3), 369 - 376.

- SILVA, L. B.; BARCELLOS, L. J. G.; QUEVEDO, R. M.; SOUZA, S. M. G.; KREUTZ, L. C.; RITTER, F.; FINCO, J. A.; BEDIN, A. C. 2006 Alternative species for traditional carp polyculture in southern South America: Initial growing period. *Aquaculture*, 255: 417 - 428.
- SIMÃO, B.; RODRIGO.; BRITO, L. O.; MAIA, A. S. C.; MIRANDA, L. C.; AZEVEDO, C. M. S. B. 2013 Stocking densities and feeding strategies in shrimp and tilapia polyculture in tanks. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8): 1088 - 1095.
- SOUZA, B. E.; STRINGUETTA, L. L.; BORDIGNON, A.C.; BOHNENBERGER, L.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. 2009 Policultivo do camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) com a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com rações peletizada e farelada. *Semina: Ciências Agrárias*, 30(1): 225 - 232.
- STICKLAND, J. H. D. e PARSONS, T. R. 1972 *A practical handbook of seawater analysis*. 2ª ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada. Bulletin, 167. 311 p.
- TIAN, X.; LI, D.; DONG, S.; YAN, X.; QI, Z.; LIU, G.; LU, J. 2001 An experimental study on closed-polyculture of penaeid shrimp with tilapia and constricted tagelus. *Aquaculture*, 202: 57 - 71.
- VAN WYK, P e SCARPA, J. 1999 *Water Quality and Management*. In: VAN WYK, P., et al. (Ed)., Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Florida: Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee. p. 128 - 138.
- WASIELESKY, W. JR.; ATWOOD, H.; STOKES, AL.; BROWDY, C. L. 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.
- YUAN, D.; YI, Y.; YAKUPITTYAGE, A.; FITZIMMONS, K.; DIANA, J. S. 2010 Effects of addition of red tilapia (*Oreochromis* spp.) at different densities and sizes on production, water quality and nutrient recovery of intensive culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in cement tanks. *Aquaculture*, 298: 226 - 238.