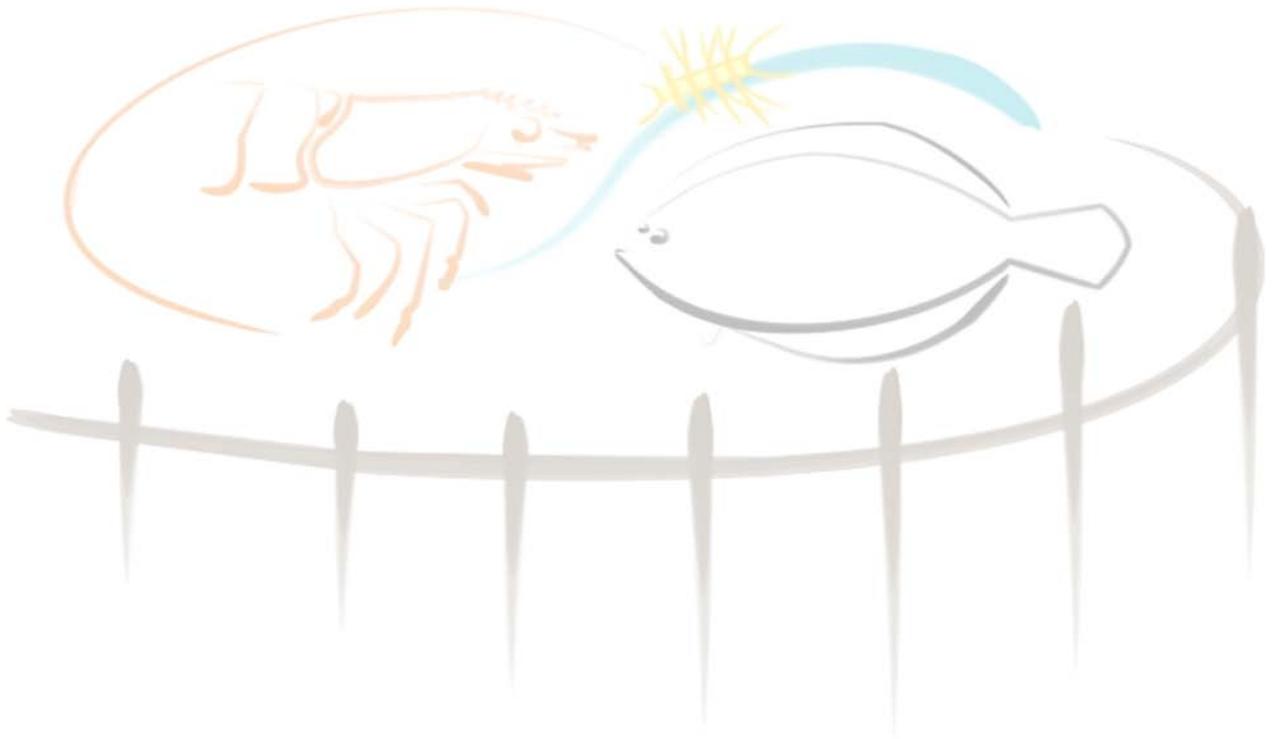


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE AERAÇÃO EM VIVEIROS
NA FASE DE ENGORDA DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*, EM
CULTIVO INTENSIVO COM BIOFLOCOS**

JULIO CESAR ZEMOR

FURG

RIO GRANDE / RS

Março de 2014

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

**UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE AERAÇÃO EM VIVEIROS
NA FASE DE ENGORDA DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*, EM
CULTIVO INTENSIVO COM BIOFLOCOS**

Julio Cesar Zemor

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em Aquicultura no Programa de Pós Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Dr. Geraldo Kipper Fóes

Co-orientador: Prof. Dr. Luís Henrique Poersch

Rio Grande-RS – Brasil

Março, 2014

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO GERAL	5
2.1	<i>Objetivos específicos</i>	5
3	MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1	<i>Local de estudo</i>	6
3.2	<i>Delineamento experimental</i>	6
3.3	<i>Enchimento dos viveiros</i>	7
3.4	<i>Formação dos bioflocos e engorda dos camarões</i>	8
3.5	<i>Parâmetros físicos e químicos da água de cultivo</i>	9
3.6	<i>Análise de clorofila a</i>	10
3.7	<i>Parâmetros indicadores de desempenho zootécnico</i>	10
3.8	<i>Análise estatística</i>	11
4	RESULTADOS	12
4.1	<i>Parâmetros físicos e químicos da água de cultivo</i>	12
4.2	<i>Parâmetros indicadores de desempenho zootécnico</i>	18
5	DISCUSSÃO	19
5.1	<i>Parâmetros físicos e químicos da água de cultivo</i>	19
5.2	<i>Parâmetros indicadores de desempenho zootécnico</i>	25
5.3	<i>Estudo de Caso</i>	28
6	CONCLUSÃO	30
	BIBLIOGRAFIA	31
	ANEXO	37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Médias e desvio padrão (\pm DP) dos parâmetros físicos e químicos de qualidade da água de cultivo, na fase de engorda do *L. vannamei* em viveiros, nos tratamentos paralelo, raceway e misto em sistema intensivo com bioflocos.pg.12
- Tabela 2** - Médias e desvio padrão (\pm DP) dos parâmetros indicadores de desempenho zootécnico do *L. vannamei* em viveiros nos tratamentos paralelo, raceway e misto em sistema intensivo com bioflocos.pg.18
- Tabela 3** – Estudos realizados em experimentos anteriores nas mesmas unidades experimentais, juntamente com os resultados do presente estudo.pg.28
- Tabela 4** - Médias e desvio padrão (\pm DP) dos parâmetros físicos e químicos da água de subsolo na coluna de degaseificação obtidos em cinco amostragens durante o enchimento, reposições e renovações de água dos viveiros (outubro de 2012 à março de 2013).pg.37
- Tabela 5** - Intervalo ideal dos principais íons que devem compor a água para o cultivo de *L. vannamei* segundo Boyd *et al.* (2002) e os valores encontrados na água de subsolo (EMA-IO/FURG).pg.37

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Desenho esquemático apresentando os três diferentes sistemas de aeração. Tratamento paralelo: aeradores tipo *paddle wheel* posicionados paralelamente; tratamento raceway: aeradores tipo *paddle wheel* dispostos em sistema de *raceway*; tratamento misto: combinação de aerador tipo *paddle wheel* e soprador do tipo *blower* acoplado a mangueiras difusoras de ar (aerotube[®]) no mesmo viveiro.pg.7
- Figura 2** - Desenho da coluna de desgaseificação instalada sobre o canal de abastecimento, operando com água de subsolo para o enchimento das unidades experimentais (EMA-IO-FURG).pg. 8
- Figura 3** - Médias semanais e desvio padrão dos valores de temperatura nos três tratamentos durante a fase de engorda do camarão *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.pg.13
- Figura 4** - Valores médios semanais e desvio padrão das concentrações de oxigênio dissolvido monitorados durante a fase de engorda do camarão *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.pg.13
- Figura 5** - Valores médios semanais e desvio padrão do pH, registrados durante a fase de engorda do *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.pg.14
- Figura 6** - Médias semanais e desvio padrão dos níveis de fósforo durante a fase de engorda do *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.pg.15
- Figura 7** - Valores médios semanais e desvio padrão dos sólidos suspensos totais (SST), registrados ao longo do experimento. A linha tracejada horizontalmente, representa o limite máximo (500 mg L^{-1}) recomendado por Gaona *et al.*(2011) no cultivo de *L. vannamei*.pg.15
- Figura 8** - Médias semanais e desvio padrão dos valores de transparência da água (disco de Secchi) no cultivo do *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.pg.16
- Figura 9** - (a) Presença de fitoplâncton filamentosso nas brânquias do camarão *L. vannamei*; (b) Imagem de microscopia óptica do fitoplâncton filamentosso *Planctonema* sp. (200x - 50 μ m). Fonte: Julio Zemor.pg.17

Figura 10 - Valores médios e desvio padrão das concentrações de clorofila *a*, registrados nos tratamentos ao longo do cultivo do *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.pg.17

DEDICATÓRIA

*“Dedico aos meus pais pela batalha,
na minha criação e formação. É por
vocês que estou lutando também.”*

AGRADECIMENTOS

É um privilégio poder fazer parte deste grupo (EMA) pois temos a rara oportunidade de aprender na teoria e na prática. Como meu orientador diz “a vida como ela é”.

Ao Dr. Geraldo, os meus agradecimentos pela paciência, amizade, companheirismo e orientação no universo dos viveiros e dos camarões. Tudo ficou mais fácil com você sempre por perto. Obrigado, de coração.

Ao Prof. Dr. Luis H. Poersch (Mineiro) pela co-orientação e sugestões.

Ao Dr. Dariano pelas contribuições desde o início, quando ingressei no mestrado e escrevi meu projeto e também por aceitar fazer parte da banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Paulo Abreu pelas sugestões quando estava processando minhas amostras no Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e de Microrganismos Marinhos/IO/FURG.

Agradeço ao Gaona e Alessandro pelas contribuições no projeto e ao Bolinha também (tenho uma foto dele trabalhando com pá nos viveiros).

Ao meu camarada Plínio por todas as contribuições e amizade durante esta caminhada.

Ao Luciano Jensen que me presenteou com uma marreta no meu primeiro dia de trabalho na larvicultura. Aprendi como arrumar um desnível no piso.

A Aline “Grauda” que esteve sempre presente nessa caminhada me ajudando.

Aos colegas que conviveram comigo e contribuíram para a realização deste trabalho de várias formas: Gabi, Fabiane, Carolina, Gui, Baiano, Dedé, Hermes, Sandro, Tati, Bárbara, Sabrina, Vita, André Braga e André Freitas, Joaquim (Joca) João Pereba, Gabriel, e aos demais colegas do “peixe” e funcionários que fazem parte do meu dia a dia.

Agradeço à Karine Steigleder, minha namorada, pela amizade e por sua paciência comigo e pela ajuda nos momentos difíceis, juntamente com nosso “filho” Darwin, um labrador de cinco anos de idade que me fez aprender muito mais sobre a vida do que qualquer pessoa poderia me ensinar.

Aos meus colegas de casa no Cassino, Vanessa, Jefferson e Cavi. Dividir a casa entre quatro pessoas e mais um cachorro é uma arte.

A todos os meus familiares e sobrinhos Henrique, Carol, Arthur e Augusto.

A galera da Propesca, ao João Luiz de Lima e o Rani pela amizade em tempos difíceis, jamais esquecerei.

A memória de meu avô David, e meus amigos Wilson e Coelho que se foram.

Por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Wilson Wasielesky (Mano) pela determinação e empenho na EMA. Posso imaginar que isso não é uma tarefa das mais fáceis e que por isso, tenho você como exemplo a ser seguido. Obrigado por tudo Mano, principalmente por acreditar no meu trabalho.

RESUMO

A aeração é um importante componente de gestão e controle em viveiros de camarões que utilizam o sistema BFT (*Biofloc Technology Sistem*). Ela deve suprir a demanda necessária para sobrevivência dos animais, além dos bioflocos, fitoplâncton e oxidação da matéria orgânica, proporcionando certo grau de controle sobre o acúmulo de sedimento no viveiro. O acúmulo de sedimento anóxico quando ocorre, pode gerar condições estressantes, as quais limitam o crescimento dos camarões afetando diretamente o desempenho zootécnico. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da aeração na manutenção da qualidade da água através de diferentes métodos de incorporação de oxigênio dissolvido e o desempenho zootécnico na fase de engorda do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema intensivo. O experimento foi realizado em nove viveiros com área de 600 m², recobertos com mantas de polietileno de alta densidade (PEAD). Foram testados diferentes sistemas de aeração em três tratamentos (paralelo, raceway e misto) com três repetições em cada. Foram estocados 100 camarões m⁻², com peso médio de 1,15 g e o experimento teve duração de 114 dias. Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nos parâmetros de qualidade da água e no desempenho zootécnico. Entretanto, os tratamentos avaliados não apresentaram acúmulo de sedimento no fundo dos viveiros após a despesca e as produtividades ultrapassaram as 12,4 ton ha⁻¹ em todos os tratamentos.

ABSTRACT

Aeration is an important management and control component in shrimp ponds in BFT system (Biofloc Technology System). It should supply the oxygen demand for the animal's survival, as well as biofloc's, phytoplankton's and organic matter oxidation, providing a certain degree of control over the accumulation of sediment in the pond. When such accumulation of anoxic sediment occurs, it may generate stressful conditions, which limit the growth of shrimps and directly affects the animal performance. This study aimed to evaluate the efficiency of aeration in maintaining water quality through different methods of incorporating dissolved oxygen and growth performance in fattening phase of the shrimp *Litopenaeus vannamei* in intensive system. The experiment was conducted in nine ponds covering a 600 m² area, covered with blankets of high density polyethylene (HDPE). Different aeration systems were tested in three treatments (parallel, raceway and mixed) with three replicates each. The experiment lasted 114 days and were stocked 100 shrimp m⁻², with an average weight of 1.15 g. No significant differences ($p > 0.05$) in water quality and animal performance were observed. However, the treatments did not show accumulation of sediment at the bottom of ponds after the harvest and the yield exceeded 12.4 ton ha⁻¹ in all treatments.

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial da pesca somada à aquicultura totalizou 148 milhões de toneladas em 2010, sendo que deste montante, em torno de 128 milhões de toneladas se destinaram ao consumo humano. Porém, enquanto a produção anual da pesca permanece estável, a produção aquícola segue em expansão sendo um dos setores produtivos de alimentos de origem animal de maior crescimento (FAO 2012). O constante crescimento da população humana mundial demanda um aumento incessante na produção de alimentos. Entretanto, mais de 87 % dos estoques pesqueiros marinhos de todo o planeta estão classificados como muito explorados ou totalmente explorados, segundo levantamento da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO 2011).

A aquicultura tem se desenvolvido rapidamente nas últimas décadas, tornando-se uma importante atividade econômica global (Cremen *et al.* 2007). A China vem sendo responsável pela maior parte do incremento registrado no consumo mundial de pescado, em grande parte devido à aquicultura. O continente asiático em 2010 foi o principal produtor de pescado oriundo da aquicultura, contribuindo com 89 % da produção mundial, enquanto as Américas contribuíram produzindo pouco mais de 4,0 % do montante global no mesmo período (FAO 2012).

No Brasil, a expansão de um setor importante da aquicultura, a carcinicultura, se deu a partir dos anos 1990, diretamente ligada ao desenvolvimento da exploração econômica do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em cativeiro (FAO 2006a). O cultivo desta espécie se desenvolveu fortemente devido a sua capacidade de adaptação as mais variadas condições de cultivo, elevadas taxas de crescimento e sobrevivência, além de grande aceitação no mercado (Barbieri Jr. & Ostrensky 2002). O nordeste brasileiro destacou-se nos últimos anos como principal polo produtor de camarões do país, respondendo por 99,3 % da produção nacional em 2011 (ABCC 2013). Entretanto, a atividade como um todo enfrenta dificuldades na sua consolidação devido às críticas em relação aos impactos causados ao meio ambiente tais como, a destruição de áreas de manguezais, utilização de farinha de peixe na produção de rações, poluição de águas costeiras através da descarga de efluentes, introdução de patógenos, entre outros (FAO 2006b). A carcinicultura convencional, baseia-se

principalmente na troca de água dos viveiros durante a fase de engorda do camarão para manter os parâmetros de qualidade da água (Burford *et al.* 2003). A redução na liberação destes efluentes atualmente também tem sido um dos preceitos na busca por uma aquicultura mais responsável e ambientalmente sustentável (Emerenciano *et al.* 2007).

Frente a estas questões, recentemente tem se desenvolvido estratégias de produção em cultivos intensivos e superintensivos, com baixa ou nenhuma renovação de água (Vinatea *et al.* 2010). Este sistema, denominado BFT (Biofloc Technology System) ou “bioflocos”, baseia-se no desenvolvimento e manutenção de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica em suspensão na coluna d’água (Avnimelech 2007). A formação desta biota é estimulada pela adição de carbono orgânico à água, em níveis que mantenham a relação carbono: nitrogênio (C: N) desejada (entre 15-20: 1) para a formação dos bioflocos (Avnimelech 1999). Quando esta relação C: N é alcançada, as bactérias heterotróficas presentes no bioflocos irão atuar na assimilação do nitrogênio inorgânico presente na água sob a forma de amônia, (sobras de ração e excreção) intensificando os processos de remoção, reduzindo as concentrações de amônia dissolvida, resultando na diminuição das trocas de água durante o cultivo (Avnimelech 1999, Azim & Little 2008).

Além de contribuir com a qualidade da água, os bioflocos devido a sua composição, formados principalmente por microalgas, restos de organismos mortos, exoesqueletos, fezes, bactérias, protozoários e invertebrados (Emerenciano *et al.* 2007, Ballester *et al.* 2010, Hargreaves 2013) podem ser consumidos pelos camarões durante todo ciclo de produção como um complemento alimentar na dieta (Burford *et al.* 2003, Ebeling *et al.* 2006).

Para o bom funcionamento do cultivo em sistemas intensivos de produção com bioflocos, a aeração desempenha funções importantes, que irão refletir no sucesso da produção. Além da demanda de oxigênio necessária para a sobrevivência dos camarões, o cultivo com baixa ou nenhuma renovação de água necessita de um aporte extra que é consumido pelo fitoplâncton, oxidação da matéria orgânica produzida (Burford *et al.* 2003) e na respiração dos bioflocos que devem estar em constante ressuspensão na coluna d’água (Hargreaves 2013). Em sistemas de cultivo aquícolas, o oxigênio pode ser incorporado à água a partir de diferentes fontes, tais como: o fitoplâncton através do

processo de fotossíntese, o oxigênio atmosférico obtido por meio de difusão entre a interface ar/água através do vento, na incorporação por meio de renovações de água e também por aeradores mecânicos (Fast & Boyd 1992).

Na aquicultura, diferentes modelos de aeradores mecânicos são empregados para o fornecimento de oxigênio tais como, difusores de ar, aeradores de pás, aeradores de propulsão, entre outros (Boyd 1998). Entretanto, para o fornecimento de oxigênio em viveiros de cultivo intensivo de camarões, normalmente são utilizados aeradores mecânicos de pás, do tipo *paddle wheel* (Delgado *et al.* 2003).

Uma das funções do sistema de aeração, além do fornecimento de oxigênio, é o favorecimento da mistura da camada superior de água do viveiro, rica em oxigênio dissolvido, com a camada de fundo geralmente mais pobre, distribuindo-o de forma mais homogênea na coluna d'água (Avnimelech & Ritvo 2003). Segundo estes autores, esta distribuição homogênea deve favorecer os processos microbianos, proporcionando certo grau de controle sobre o acúmulo de sedimento no fundo do viveiro, um dos principais problemas observados em cultivos, responsável muitas vezes pelo surgimento de condições estressantes, as quais limitam o crescimento dos camarões, podendo atuar também como gatilho para o surgimento de doenças. Para o favorecimento desta mistura homogênea, o posicionamento dos aeradores dentro do viveiro se torna importante. Em viveiros retangulares segundo Boyd (1990) o aerador de pás posicionado paralelo aos diques menores do viveiro, direciona o fluxo de água perpendicularmente à margem oposta e promove uma circulação mais uniforme da água. Porém, Peterson *et al.* (2001), realizando simulações para recomendar princípios gerais de organização de aeradores em viveiros, constataram que o arranjo chamado “diagonal” aos diques melhora a mistura da água na região central do viveiro. Entretanto, nenhum dos arranjos citados parece ser capaz de evitar completamente o acúmulo de material sedimentado em determinadas regiões do fundo dos viveiros (Peterson *et al.* 2001). Segundo Browdy *et al.* (2001) em cultivos intensivos de camarões marinhos que utilizam aeradores de pás, é esperado que cada HP de potência de aeração fornecida seja capaz de sustentar até 500 kg de biomassa de crustáceos.

Diferente dos cultivos convencionais com baixas densidades, a aeração intensa é uma necessidade do sistema de bioflocos. Neste sistema, a utilização de ar difuso, o qual tem como base a utilização de sopradores radiais (*blower*) e pedras porosas como

difusores de ar, tem apresentado comprovada eficiência na formação dos bioflocos e conseqüentemente vem resultando em maior crescimento e produtividade no cultivo de camarões marinhos (Krummenauer 2012). A utilização de difusores de ar em estruturas de cultivo se mostra eficiente na incorporação de oxigênio na coluna d'água, principalmente pela produção de finas bolhas de ar, as quais apresentam maior superfície de contato com a água em relação a bolhas maiores, resultando em melhor difusão (Boyd 1998). Entretanto, este sistema de aeração é normalmente empregado em estruturas de cultivo superintensivos de camarões, chamados de *raceways* (Browdy *et al.* 2001). Os *raceways* são tanques retangulares, contendo uma parede central e extremidades abertas, por onde a água circula mantendo um fluxo radial constante. Além disso, ocupam menores áreas se comparado a viveiros convencionais de produção (Van Wyk & Scarpa 1999).

Segundo Avnimelech & Ritvo (2003), a utilização de diferentes sistemas de aeração combinados em um mesmo viveiro, deveria ser melhor investigada para atestar os potenciais efeitos que diferentes tipos de sistemas de aeração podem causar em empreendimentos de cultivo quando aplicados conjuntamente.

Estudos sobre temas que envolvam o aperfeiçoamento da aeração complementar em aquicultura podem contribuir na utilização de novas alternativas e estratégias de produção em viveiros de camarões com sistema de bioflocos. O presente estudo pretende contribuir com informações que permitam aumentar a eficiência na manutenção da qualidade da água, através de métodos de incorporação e mistura de oxigênio dissolvido e alcançar melhores resultados de desempenho zootécnico, aumentando a produtividade e rentabilidade no cultivo do camarão branco *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da utilização de três diferentes sistemas de aeração em viveiros revestidos, na fase de engorda do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, em cultivo intensivo com sistema de bioflocos.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos da aeração, através dos parâmetros de qualidade da água de cultivo do camarão branco *L. vannamei*.
- Avaliar os efeitos da aeração no desempenho zootécnico do camarão branco *L. vannamei*.
- Identificar a possível presença de zonas de acúmulo de sedimento anaeróbico após a despesca dos viveiros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

O estudo foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura “Professor Marcos Alberto Marchiori”, pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (EMA-IO/FURG), localizado na cidade do Rio Grande, RS, Brasil.

3.2 Delineamento experimental

As pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* utilizadas foram procedentes do setor de larvicultura da Estação Marinha de Aquacultura/IO, onde foram mantidas até atingirem o estágio de pós-larva de 15 dias (PL 15). Após esta fase, as pós-larvas foram transferidas para uma estufa contendo tanques berçário com área de 35 m² cada, onde permaneceram estocadas na densidade de 2000 cam⁻² durante 60 dias em sistema de bioflocos. Quando atingido o estágio de juvenis com peso médio de 1,15 g, estes foram transferidos à seco em baldes de 20 L com volume útil de 2,0 L, para os viveiros de engorda situados próximos ao berçário. O experimento foi desenvolvido em nove viveiros com área de 600 m² e profundidade média de 1,00 m cada, recobertos com mantas de polietileno de alta densidade (PEAD) com espessura de 0,8 mm. Os organismos foram estocados na densidade de 100 camarões m⁻², totalizando 60000 indivíduos por viveiro. Foram avaliados três tratamentos em triplicata, sendo os viveiros escolhidos de forma aleatória. No primeiro tratamento, denominado paralelo, dois aeradores do tipo *paddle wheel* (Trevisan[®]), com potência de 1,0 HP cada, foram dispostos paralelamente aos diques de menor comprimento do viveiro (Fig. 1, *paralelo*). No segundo tratamento, denominado raceway, dois aeradores do tipo *paddle wheel* (Trevisan[®]), com potência de 1,0 HP cada, foram dispostos paralelamente aos diques de maior comprimento do viveiro em posições opostas para promover a circulação radial da água em torno de uma parede de tela central, similar ao sistema de raceways em estufas (Fig. 1, *raceway*). No terceiro tratamento, denominado *misto*, foram utilizados conjuntamente um aerador do tipo *paddle wheel* (Trevisan[®]), com potência de 1,0 HP disposto de forma centralizada e paralela aos diques menores do viveiro. Em conjunto, um soprador de ar tipo *blower* (Siemens[®]), com potência de 1,0 HP, conectado a duas grades contendo mangueiras difusoras de ar (aerotube[®]) posicionadas em duas zonas

consideradas de baixa circulação de água (Fig. 1, *misto*). Para cada uma das grades, foram utilizadas oito mangueiras difusoras com comprimento de 1,4 m cada e 30 cm de espaçamento entre as mesmas. Em cada unidade experimental (viveiro), foi fornecida a potência total de aeração de 2,0 HP, equivalente a 33,3 HP por hectare.

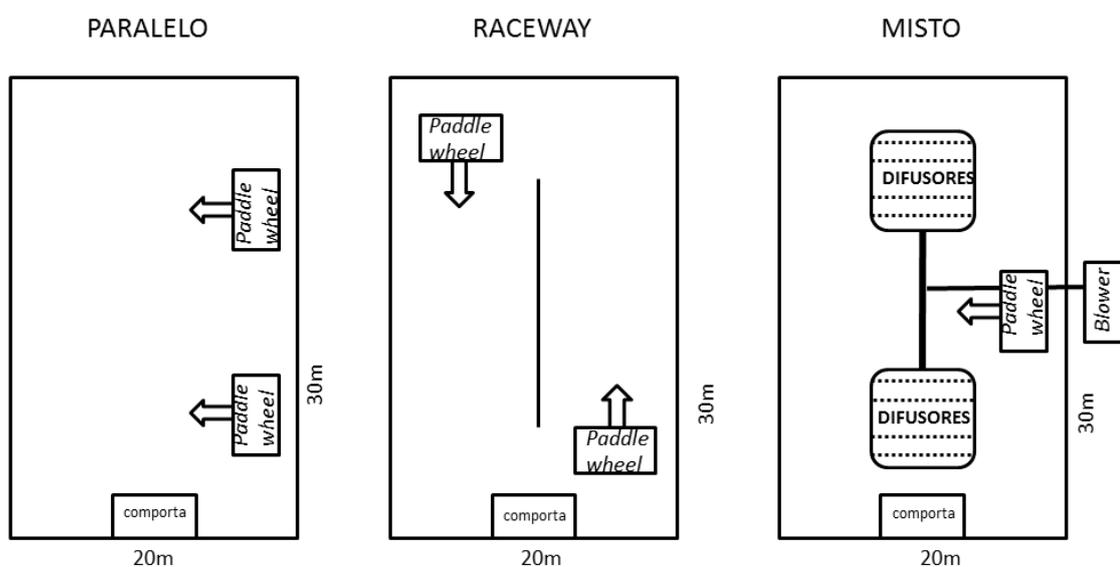


Figura 2 - Desenho esquemático apresentando os três diferentes sistemas de aeração. Tratamento paralelo: aeradores tipo *paddle wheel* posicionados paralelamente; tratamento raceway: aeradores tipo *paddle wheel* dispostos em sistema de *raceway*; tratamento misto: combinação de aerador tipo *paddle wheel* e soprador do tipo *blower* acoplado a mangueiras difusoras de ar (aerotube[®]) no mesmo viveiro.

3.3 Enchimento dos viveiros

A água utilizada para o abastecimento dos viveiros foi captada do lençol freático através de quatro ponteiros situadas a nove metros de profundidade, conectadas a uma bomba centrífuga de 7,5 HP (Jacuzzi[®]), modelo 75 JM3-T. A água foi bombeada até o canal de abastecimento dos viveiros passando antes por uma coluna de desgaseificação, instalada sobre o mesmo. A coluna foi composta por uma sequência de cinco telas alternadas em diferentes aberturas de malhas (de 5,0 x 5,0 mm até 12 x 12 mm) e espaçamento de 0,25 m entre cada tela, montada dentro de uma estrutura retangular de madeira. A coluna possui duas aberturas nas extremidades para a circulação dos gases além de outra abertura na parte superior por onde a água é recebida através de um cano perfurado de 100 mm com 2,0 m de comprimento, montado sobre a coluna e a abertura inferior por onde ocorre a saída da água (Figura 2). Este procedimento teve como

objetivo causar o turbilhonamento da água para a incorporação de oxigênio dissolvido, remoção de gases indesejáveis como o gás carbônico e sulfídrico e também auxiliar na oxidação de minerais como o ferro provenientes do subsolo.

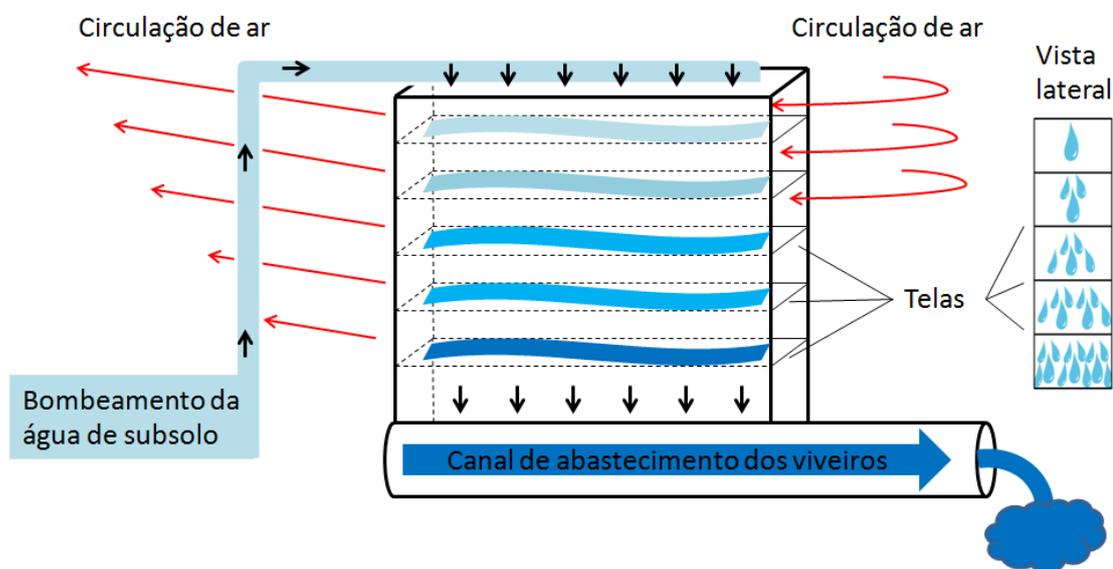


Figura 2 - Desenho da coluna de desgaseificação instalada sobre o canal de abastecimento, operando com água de subsolo para o enchimento das unidades experimentais (EMA-IO-FURG).

Anteriormente ao enchimento dos viveiros, foi realizada uma análise da composição iônica da água do subsolo da EMA/IO pelo laboratório (LAQUI) da Universidade Federal de Santa Maria, utilizando um fotolorímetro (WTW Photolab S6) e kits de análises específicos para cada íon analisado.

Os resultados dos parâmetros físicos e químicos da água de subsolo monitorados em cinco amostragens feitas na coluna de desgaseificação, juntamente com os valores de intervalos ideais dos principais íons que devem compor a água para o cultivo do *L. vannamei* (Boyd *et al.* 2002) e a respectiva composição iônica encontrada na água de subsolo (EMA/IO/FURG) podem ser visualizados em “ANEXO”.

3.4 Formação dos bioflocos e engorda dos camarões

Para acelerar a formação dos agregados microbianos, foi utilizado um inóculo de água contendo bioflocos com nível de 580 mg L^{-1} de SST (sólido suspenso total), procedente de um cultivo em andamento. Foram transferidos 1,0 % do volume de água

para cada viveiro de engorda (6000 L) através de uma bomba submersa Resun® - 230 W (modelo Flow 8500) e uma mangueira para transferência do inóculo até as unidades. O inóculo foi procedente de tanques de cultivo em sistema de bioflocos na EMA/IO/FURG, com área de 70 m² e densidade de 300 camarões m⁻², acompanhado de fertilização orgânica em apenas uma aplicação, conforme metodologia descrita por Avnimelech (1999) e Ebeling *et al.* (2006). Como fonte de carbono foi utilizado melão de cana de açúcar e como fonte de nitrogênio a ração fornecida aos camarões. A fertilização orgânica permitiu manter uma relação inicial de 20: 1 (C: N), a qual favorece o desenvolvimento da comunidade microbiana (Avnimelech 1999). Além do floco microbiano, foi inoculado 1,0 % do volume de cada viveiro de engorda (6000 L) com água marinha, procedente do sistema de bombeamento da EMA/IO, para o fornecimento de microorganismos marinhos. Semanalmente, foi adicionado probiótico (PRO-W INVE®) em todos os tratamentos via água, (1,0 ppm) de acordo com as normas indicadas pelo fabricante. Durante o período de engorda, os camarões foram alimentados três vezes ao dia, com ração comercial (Guabi® Potimar Active), contendo 38 % de proteína bruta e 7,5 % de extrato etéreo, seguindo recomendações segundo Jory *et al.* (2001) para arraçoamento de camarões em sistema de bioflocos juntamente com auxílio de bandejas de alimentação para controlar o consumo aparente.

3.5 Parâmetros físicos e químicos da água de cultivo

Durante o período experimental, as concentrações de oxigênio dissolvido, temperatura e pH da água foram monitoradas duas vezes ao dia (manhã e tarde) e a salinidade foi medida três vezes por semana com o uso de oxímetro (YSI® Modelo 55) pHmetro (YSI® Modelo 60) e multiparâmetros (YSI® Modelo 556). Três vezes por semana foi determinada a transparência da água, com utilização do disco de Secchi e coletadas amostras de água para quantificar as concentrações de amônia, através do método UNESCO (1983). As concentrações de nitrito (N-NO₂⁻), nitrato (N-NO₃⁻) e fosfato (P-PO₄⁻³) foram quantificadas semanalmente, seguindo a metodologia descrita por Strickland & Parsons (1972). Uma vez por semana foi mensurada a alcalinidade (mg CaCO₃ L⁻¹) utilizando um kit teste de alcalinidade (HIDROALL-Brasil). Uma vez por semana foram medidos os sólidos suspensos totais (mg L⁻¹) por meio de coletas de amostras de 20 mL, utilizando método de análise adaptado de Strickland & Parsons

(1972). Para manter o controle do volume de SST foi adotado o procedimento de renovação de água quando estes atingissem níveis próximos de 500 mg L⁻¹.

3.6 *Análise de clorofila a*

A cada sete dias foram coletadas amostras de água para determinação da concentração de clorofila *a*, através da filtragem de 20 ml de amostra de cada unidade experimental, utilizando filtros de microfibras de vidro (GF/F-25 mm). Em ambiente escuro, as amostras de clorofila *a* foram embaladas em papel alumínio para evitar a incidência de luz e estocadas secas em freezer a -18 °C para posterior análise. A extração do pigmento fotossintético ocorreu em acetona (90 %). Os filtros foram mantidos em frascos de vidro com 10 mL de acetona, no escuro a -18 °C durante 24 h, para determinação da concentração de clorofila *a* com utilização de fluorímetro (TURNER modelo TD-700) (Welschmeyer, 1994).

Para a caracterização da comunidade microbiana presente na água do cultivo, amostras de 20 ml foram coletadas semanalmente e armazenadas em frascos âmbar e fixadas em formalina (4%) sendo posteriormente contabilizados utilizando microscópio invertido Zeiss Axiovert com magnificação 200 x, no qual alíquotas de 0,5 ml de amostra foram colocadas em câmara de sedimentação sendo contados 30 campos aleatórios (Utermöhl 1958). As análises de clorofila *a* e as contagens dos microrganismos foram realizadas no Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e de Microrganismos Marinhos da IO/FURG.

3.7 *Parâmetros indicadores de desempenho zootécnico*

Uma biometria inicial (n=100) foi realizada para estimar o peso médio dos camarões a serem estocados. Durante o experimento, foram realizadas biometrias semanais com pesagens de 100 indivíduos amostrados aleatoriamente por viveiro com a utilização de uma rede e pesados individualmente utilizando balança digital com precisão de 0,01 g (MARTE - AS 1000 C). Através das biometrias, foi calculado o peso médio dos camarões, ajustando-se semanalmente a quantidade de ração fornecida. Ao término do experimento, foi realizada uma biometria final com 250 indivíduos de cada viveiro. Com os valores de biomassa final e quantidade de ração fornecida, foi calculada a conversão alimentar aparente (CAA). Para análise do desempenho zootécnico dos

camarões, foram também avaliados o ganho de peso semanal (g), peso final (g), produtividade (kg ha^{-1}), produtividade (kg m^{-2}) e sobrevivência estimada (%). O experimento teve duração de 114 dias, de 14 de novembro de 2012 até 07 de março de 2013.

3.8 *Análise estatística*

Todos os parâmetros analisados foram submetidos à análise de variância de uma via (ANOVA, $p < 0,05$) (Sokal & Rohlf, 1969), desde que as premissas de normalidade e homocedasticidade dos dados fossem aceitas. Transformações matemáticas foram utilizadas para que os dados atingissem as premissas para realização da ANOVA de uma via. Ocorrendo diferenças significativas foi aplicado o teste Tukey.

4 RESULTADOS

4.1 Parâmetros físicos e químicos da água de cultivo

Na Tabela 1, estão expostas as médias e desvio padrão (\pm DP) dos principais parâmetros físicos e químicos da água de cultivo. Todos os parâmetros indicadores de qualidade da água analisados durante 114 dias de experimento, não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os três tratamentos avaliados.

Tabela 1 - Médias e desvio padrão (\pm DP) dos parâmetros físicos e químicos de qualidade da água de cultivo, na fase de engorda do *L. vannamei* em viveiros, nos tratamentos: paralelo, raceway e misto em sistema intensivo com bioflocos.

Parâmetros	Paralelo	Raceway	Misto	p-valor
T °C	24,8 \pm 1,9	24,5 \pm 1,9	25,0 \pm 1,9	0,089
OD (mg L ⁻¹)	8,70 \pm 1,49	8,55 \pm 1,39	8,80 \pm 1,57	0,122
pH	8,69 \pm 0,34	8,70 \pm 0,28	8,75 \pm 0,32	0,218
Salinidade	11,91 \pm 1,40	11,20 \pm 1,19	11,37 \pm 1,19	0,346
NAT (mg L ⁻¹)	0,04 \pm 0,12	0,03 \pm 0,10	0,04 \pm 0,14	0,911
NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	nd*	nd*	nd*	-
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	nd*	nd*	nd*	-
PO ₄ ⁻³ (mg L ⁻¹)	0,17 \pm 0,18	0,15 \pm 0,17	0,17 \pm 0,19	0,915
SST (mg L ⁻¹)	573 \pm 333	570 \pm 277	579 \pm 259	0,987
Transparência da água (cm)	16 \pm 4,17	14 \pm 2,17	15 \pm 3,04	0,823
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	209 \pm 19	208 \pm 13	199 \pm 21	0,662
Reposição de água dia ⁻¹ (%)	1,9 \pm 0,15	1,8 \pm 0,02	1,7 \pm 0,11	0,512

nd*: não detectado

Na Figura 3, é possível observar as variações semanais das temperaturas ocorridas durante o período de cultivo nos três tratamentos.

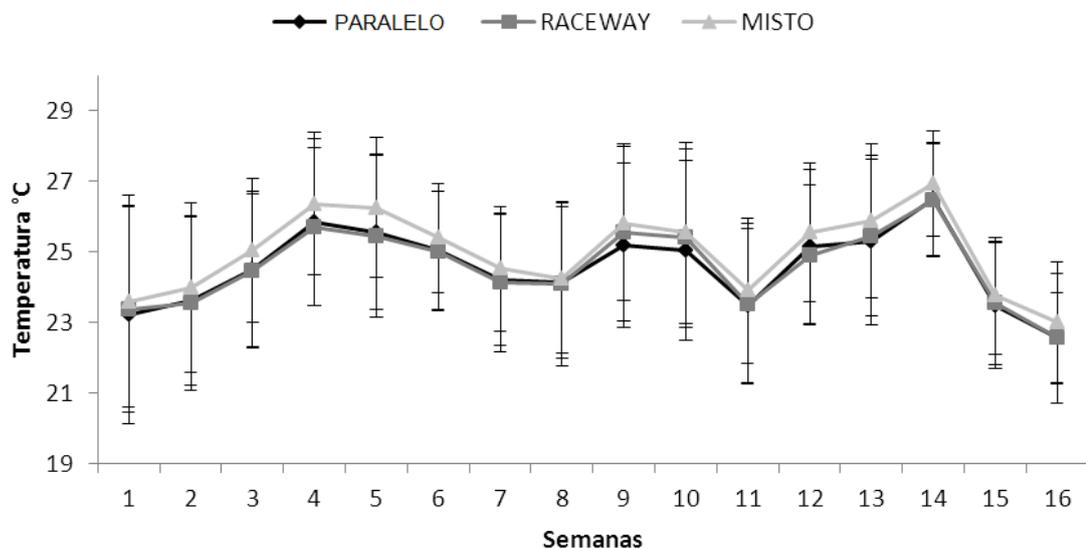


Figura 3 - Médias semanais e desvio padrão dos valores de temperatura nos três tratamentos durante a fase de engorda do camarão *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.

Os tratamentos paralelo, raceway e misto, apresentaram concentrações médias de oxigênio dissolvido mais elevadas após as semanas iniciais do cultivo (Figura 4).

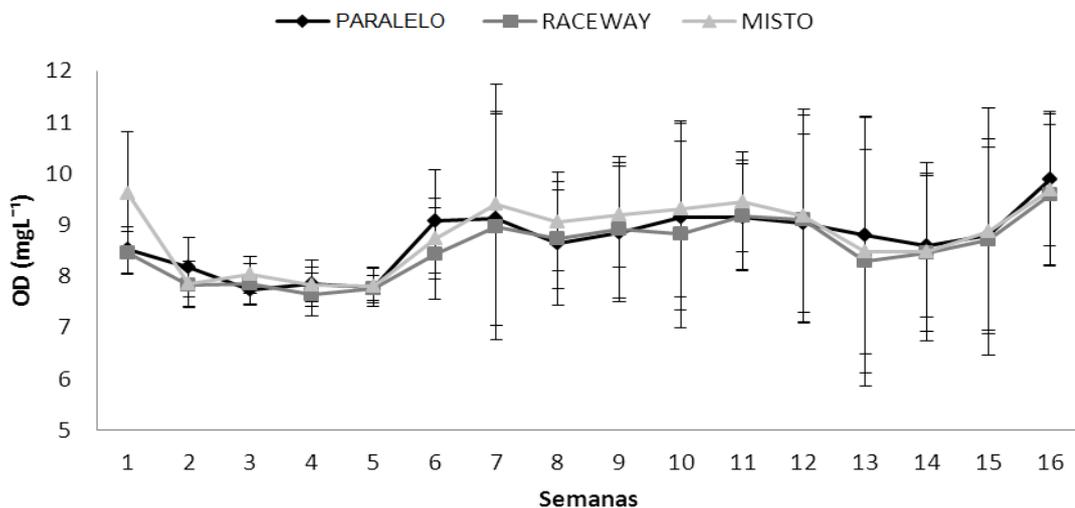


Figura 4 - Valores médios semanais e desvio padrão das concentrações de oxigênio dissolvido monitorados durante a fase de engorda do camarão *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.

Os valores de pH nos tratamentos paralelo, raceway e misto, apresentaram uma queda acentuada dos valores nas três primeiras semanas de cultivo, elevando-se posteriormente, mantendo-se em média acima de 8,5 nas demais semanas do experimento (Figura 5).

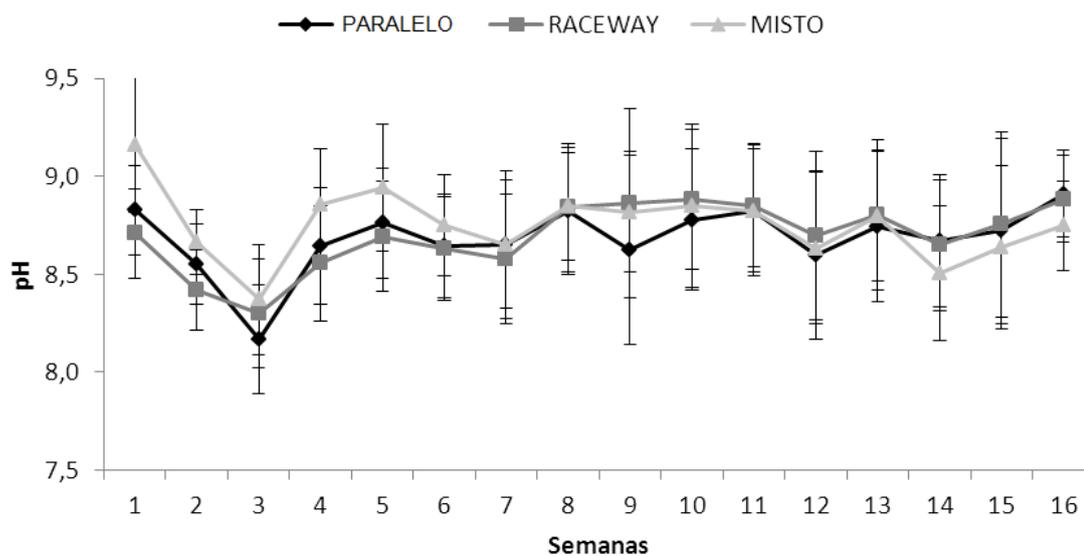


Figura 5 - Valores médios semanais e desvio padrão do pH, registrados durante a fase de engorda do *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.

A salinidade da água de cultivo apresentou valores médios de 11,91 no tratamento paralelo, 11,20 no raceway e 11,37 no misto. Durante o enchimento dos viveiros, a salinidade foi de 9,40. Entretanto, os processos de evaporação e reposição proporcionaram a elevação da salinidade da água.

As concentrações do nitrogênio amoniacal total do presente estudo não apresentaram valores considerados elevados para o cultivo da espécie. Os valores de nitrito e nitrato, não foram detectados nas análises semanais realizadas durante todo o experimento.

Na Figura 6, é apresentado o gráfico com as médias semanais de fósforo na água de cultivo, onde é possível observar o acúmulo deste composto ao longo do experimento nos três tratamentos.

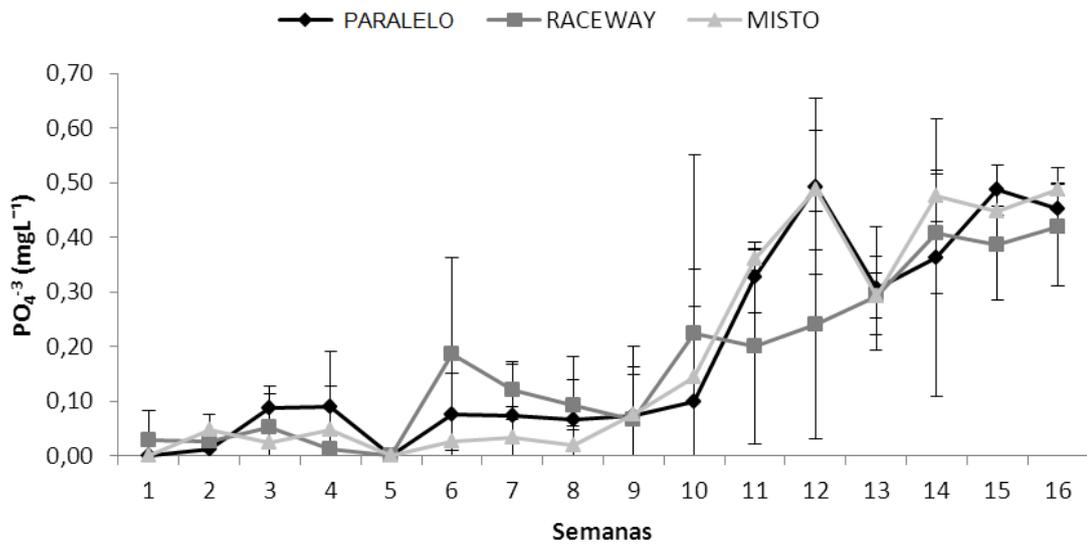


Figura 6 - Médias semanais e desvio padrão dos níveis de fósforo durante a fase de engorda do *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.

Os valores médios dos sólidos suspensos totais (SST) registrados ficaram acima de 500 mg L⁻¹ nos tratamentos paralelo, raceway e misto. Na Figura 7, é possível notar a partir da semana inicial de cultivo o aumento gradativo nos níveis de SST principalmente em decorrência de floração algal nos viveiros.

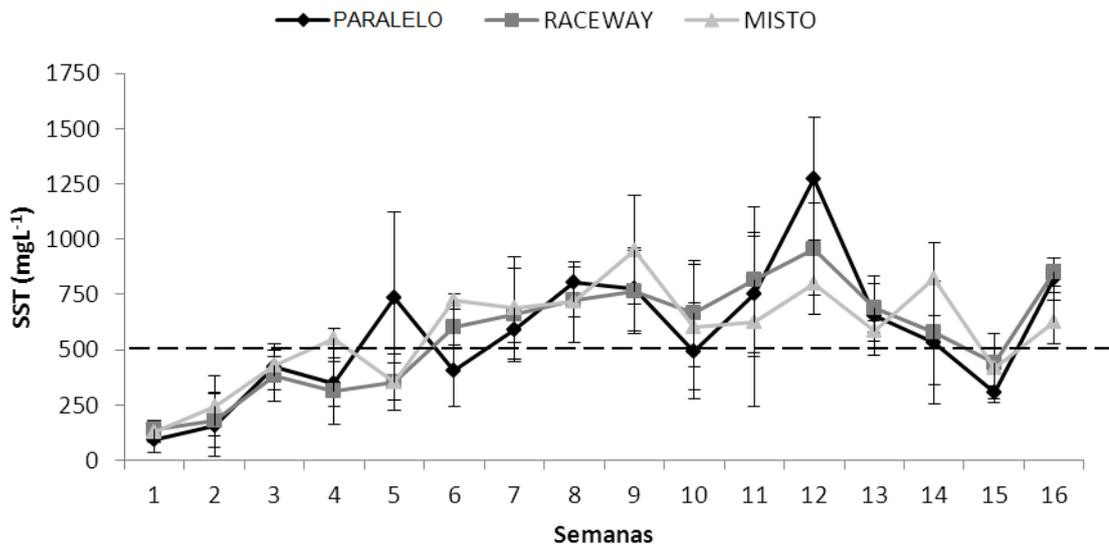


Figura 7 - Valores médios semanais e desvio padrão dos sólidos suspensos totais (SST), registrados ao longo do experimento. A linha tracejada horizontalmente, representa o limite máximo (500 mg L⁻¹) recomendado por Gaona *et al.*(2011) no cultivo de *L. vannamei*.

Devido às elevadas concentrações de SST registradas, renovações de água pontuais foram necessárias. Estas renovações apresentaram valores percentuais médios de 1,9 %, 1,8 % e 1,7 %, do volume de água dos viveiros em reposição ao dia nos tratamentos paralelo, raceway e misto, respectivamente. Os valores médios de transparência em todos os tratamentos apresentaram forte queda a partir da terceira semana devido aos *blooms* de fitoplâncton (Figura 8).

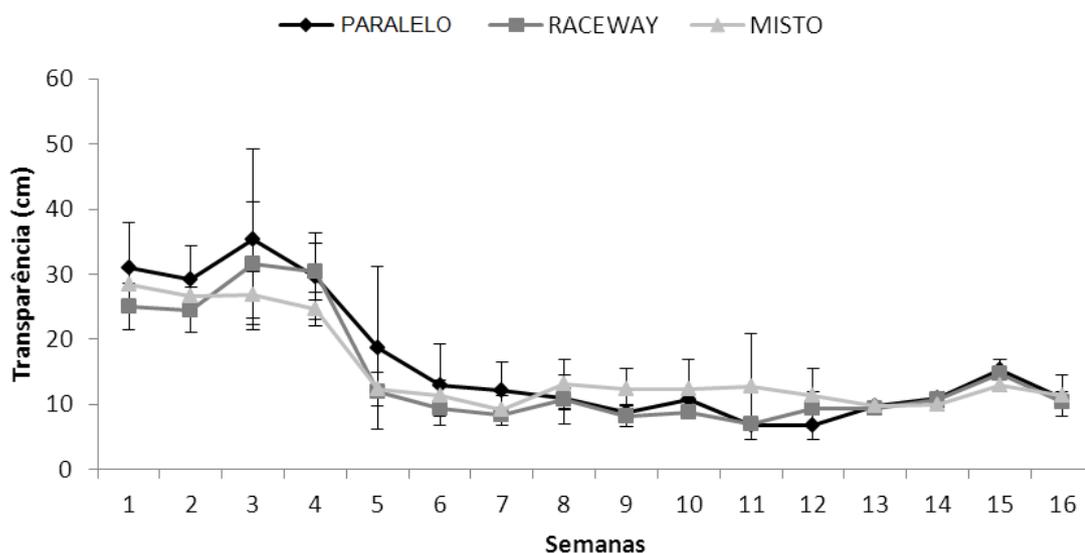


Figura 8 - Médias semanais e desvio padrão dos valores de transparência da água (disco de Secchi) no cultivo do *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.

Estas florações provocaram o acúmulo de fitoplâncton nas brânquias de alguns camarões principalmente devido a estrutura filamentosa da espécie (Figura 9), identificada como *Planctonema* sp. (W Schmidle, 1903).

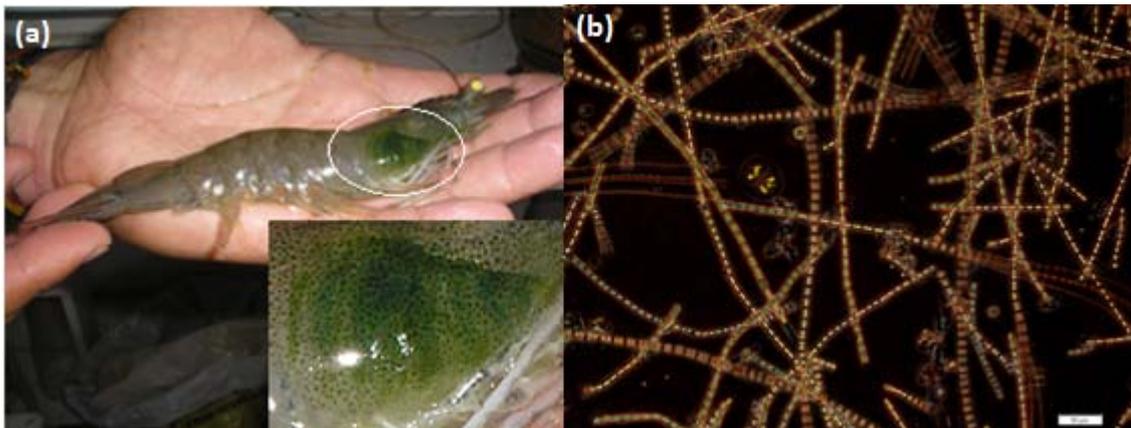


Figura 9 - (a) Presença de fitoplâncton filamentosso nas brânquias do camarão *L. vannamei*; (b) Imagem de microscopia óptica do fitoplâncton filamentosso *Planctonema* sp. (200x - 50 μ m). Fonte: Julio Zemor.

A Figura 10 apresenta os valores médios semanais de clorofila *a*, onde é possível observar o crescente aumento da atividade fotossintética durante as semanas de cultivo nos três tratamentos avaliados. Os valores médios da clorofila *a* foram de 743 μ g L⁻¹ no tratamento paralelo, 843 μ g L⁻¹ no raceway e 694 μ g L⁻¹ no misto. Houve um declínio momentâneo na décima primeira semana devido à queda de temperatura (mínimas diárias entre 17 e 18 °C pela manhã), associado a tempo encoberto no período. Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos avaliados.

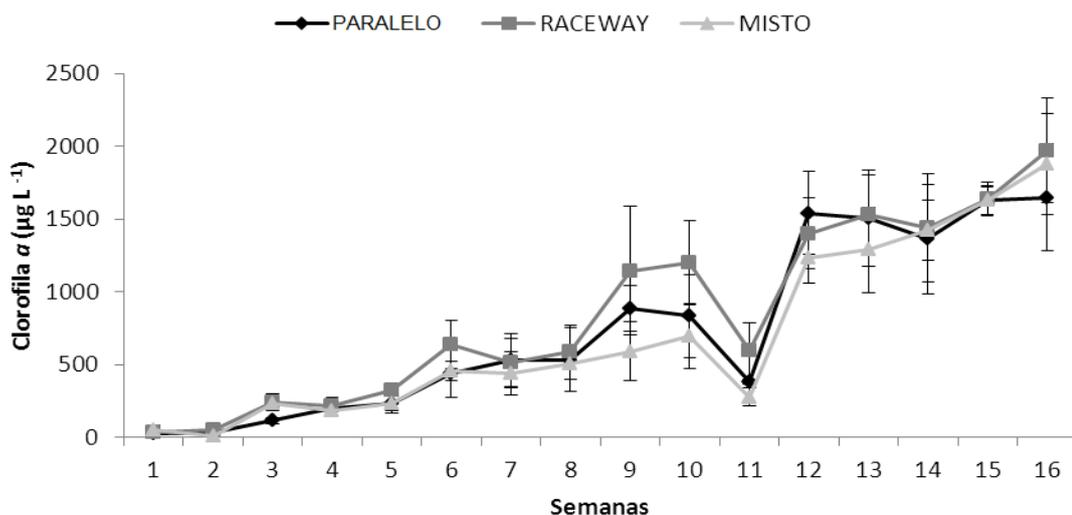


Figura 10 - Valores médios e desvio padrão das concentrações de clorofila *a*, registrados nos tratamentos ao longo do cultivo do *L. vannamei* em sistema intensivo com bioflocos em viveiros.

Após a despesca dos viveiros, não foi observado a presença de zonas de acúmulo de sedimento anaeróbico no fundo dos viveiros em nenhum dos três tratamentos avaliados.

4.2 Parâmetros indicadores de desempenho zootécnico

Na tabela 2 estão expostos os valores dos parâmetros indicadores de desempenho zootécnico. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 2 - Médias e desvio padrão (\pm DP) dos parâmetros indicadores de desempenho zootécnico do *L. vannamei* em viveiros nos tratamentos: paralelo, raceway e misto em sistema intensivo com bioflocos.

Desempenho Zootécnico	Tratamentos (100 cam. m ⁻²)			p-valor
	Paralelo	Raceway	Misto	
Peso Inicial (g)	1,15 \pm 0,13	1,15 \pm 0,13	1,15 \pm 0,13	-
Peso Final (g)	14,05 \pm 1,90	14,99 \pm 1,80	14,07 \pm 1,62	0,877
C.A.A.	1,52 \pm 0,11	1,52 \pm 0,05	1,50 \pm 0,11	0,952
Crescimento Semanal (g)	0,81 \pm 0,02	0,87 \pm 0,03	0,81 \pm 0,04	0,831
Produtividade (kg m ⁻²)	1247 \pm 0,08	1242 \pm 0,03	1271 \pm 0,09	0,891
Produtividade (kg ha ⁻¹)	12473 \pm 832	12425 \pm 377	12713 \pm 994	0,891
Sobrevivência (%)	88,9 \pm 7,83	83,0 \pm 4,57	90,6 \pm 10,49	0,482

C.A.A.: Conversão Alimentar Aparente.

As sobrevivências ficaram acima de 80 % em todos os tratamentos após os 114 dias de cultivo. O crescimento semanal foi acima de 0,8 g semana⁻¹ nos três tratamentos e as sobrevivências alcançadas refletiram em uma produtividade média superior a 12400 kg ha⁻¹ em todos os tratamentos testados.

5 DISCUSSÃO

5.1 *Parâmetros físicos e químicos da água de cultivo*

A temperatura é um dos mais importantes fatores responsáveis pelo crescimento dos camarões, influenciando diretamente o consumo alimentar que, por consequência, resulta em grande significância econômica (Wyban *et al.* 1995). As temperaturas médias registradas nos três tratamentos no presente estudo mantiveram-se na faixa entre 24,5 e 25,0 °C, permanecendo próxima do limite mínimo considerado aceitável (entre 24 e 32 °C) para o cultivo do *L. vannamei* (Van Wyk & Scarpa 1999). Entretanto, segundo os mesmos autores, estas médias mantiveram-se fora da faixa considerada ideal para proporcionar o máximo do potencial de crescimento dos camarões, entre 28 e 32 °C. Segundo Schryver *et al.* (2012), a temperatura é um parâmetro que não pode ser facilmente ajustado, principalmente em viveiros de cultivo ao ar livre, o que acaba determinando as espécies a serem cultivadas de acordo com as condições climáticas do local.

Os valores médios de oxigênio dissolvido monitorado diariamente (manhã e tarde) nos tratamentos paralelo, raceway e misto, mantiveram-se dentro da faixa considerada ideal (5,0 até 9,0 mg L⁻¹) para o cultivo do *L. vannamei* (Van Wyk & Scarpa 1999) em todos os tratamentos. Entretanto, pode-se observar no gráfico da Figura 4, que nas semanas iniciais os valores médios de oxigênio dissolvido foram menores em relação às semanas seguintes. Este fato pode ser reflexo do predomínio de organismos heterotróficos nas primeiras semanas, devido ao inóculo de bioflocos estimulado pela fertilização orgânica (melaço), que resulta no aumento da respiração (Ebeling *et al.* 2006). Já nas semanas seguintes, houve o incremento na produção de oxigênio pelo processo de fotossíntese causado por florações algais da espécie *Planctonema* sp. em todos os tratamentos. Estas florações impediram o estabelecimento do predomínio heterotrófico e os viveiros passaram a apresentar características de sistema fotoautotrófico, durante todo o ciclo de produção. Segundo Avnimelech (2012), não existem sistemas totalmente controlados por algas, como não existem sistemas totalmente controlados por bactérias, ou seja, há sempre uma mistura. Burford *et al.* (2003) observaram em viveiros com bioflocos que mesmo quando feitas fertilizações constantes com fontes de carbono orgânico para estimular o predomínio heterotrófico, o

sistema pode alternar-se entre algal e bacteriano em função de *blooms* e *crashes* de fitoplâncton.

Quanto ao fornecimento de oxigênio ao viveiro, não foi possível apontar um determinado sistema de aeração ou arranjo ideal para utilização, porém é preciso definir a quantidade de aeradores a serem empregados por unidade de área (Vinatea 2002). A biomassa alcançada no presente estudo teve uma relação aproximada de 400 kg de crustáceos produzidos para cada 1,0 HP de aeração e resultou em torno de 12,4 ton ha⁻¹ em todos os tratamentos testados. Segundo Boyd (1998), cálculos sugerem que para cada 1,34 HP de aeração aplicados, pode-se sustentar uma produção adicional de 500 kg de crustáceos, a partir de 2000 kg ha⁻¹ (o esperado que até esta produtividade os camarões possam sobreviver sem o uso de aeração complementar em sistemas convencionais), resultando em 2500 kg ha⁻¹ de produtividade. Entretanto, estes cálculos são baseados na produção em viveiros de terra, sem a utilização do sistema de bioflocos e com renovações periódicas de água. Browdy *et al.* (2001) relacionam o aumento de produção com a ampliação da potência de aeração, onde utilizando até 30 HP ha⁻¹ pode-se obter 15000 kg ha⁻¹ de produtividade máxima ou o mesmo que 500 kg HP⁻¹. Segundo Hargreaves (2013), em sistema BFT, a utilização de 1,0 HP de potência de aeração com aerador de pás é capaz de suportar entre 400 e 500 kg de camarões em viveiros revestidos com *liner* em áreas relativamente pequenas (0,5 até 1,5 ha) e de forma intensiva (28 e 32 HP ha⁻¹), semelhante a relação observada no presente estudo.

Os índices elevados de clorofila *a* registrados indicaram intensa atividade fotossintética e refletem de forma diferente no consumo de oxigênio dissolvido em relação ao predomínio bacteriano. Quando há predomínio bacteriano no cultivo com bioflocos, o consumo de oxigênio é mais elevado se comparado a uma predominância algal (Hargreaves 2013). Entretanto, um dos riscos do predomínio algal é que o fitoplâncton morto pode muitas vezes acumular no fundo dos viveiros e as elevadas taxas de alimentação possibilitam sustentar florações constantes que podem tornar-se excessivamente densas, levando a quedas nos níveis de oxigênio dissolvido durante a noite (Boyd 2007). Porém, no presente estudo não foram evidenciadas quedas bruscas de oxigênio dissolvido e não foram observadas mortalidades substanciais de fitoplâncton nos três tratamentos, apesar do predomínio algal evidenciado.

O fato de não haver ocorrido diferenças significativas ($p > 0,05$) nos parâmetros indicadores de qualidade da água, sugere que, apesar das diferentes formas de incorporação e mistura de oxigênio dissolvido testados neste estudo, o correto dimensionamento da potência de aeração em função da área, tipo de cultivo e densidades de estocagem aliados ao manejo pareceram se sobrepor a outros fatores.

Flutuações diárias nas concentrações de oxigênio dissolvido e pH, apesar da intensa aeração, é outra característica do sistema de bioflocos onde a atividade algal é predominante (Hargreaves 2013). Os valores de pH nos três tratamentos, apresentaram valores médios dentro da faixa aceitável para o cultivo da espécie (7,0 até 9,0) (Van Wyk & Scarpa 1999). As quedas de pH nas semanas iniciais, observadas nos três tratamentos, provavelmente são resultado das elevadas taxas de respiração devido ao predomínio de organismos heterotróficos (Wasielesky *et al.* 2006) associado as altas densidades de estocagem, como foi observado por Decamp *et al.* (2007). Assim como a fotossíntese tem a capacidade de elevar o pH da água, a respiração causa o efeito inverso. Em sistemas onde florações são intensas ou que tenha baixa alcalinidade, o pH pode elevar-se acima de 9,0 no período da tarde devido ao consumo de CO_2 pelo fitoplâncton. Diferentemente, no período noturno, ocorre a inversão deste processo em que há liberação do CO_2 através da respiração, consumindo o oxigênio e reduzindo o pH (Van Wyk & Scarpa 1999). Contudo, a água proveniente do subsolo utilizada no presente estudo, apresentou elevada alcalinidade (média de $285 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) mantendo-se acima de $100 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ em todos os tratamentos testados, que é recomendado para o bom desenvolvimento do *L. vannamei* (Van Wyk & Scarpa 1999). Os mesmos autores afirmam que a alcalinidade elevada faz com que diminua as oscilações de pH resultantes dos processos respiratórios e a respectiva liberação de CO_2 no meio (efeito tampão).

A baixa salinidade da água no presente estudo parece ter favorecido o desenvolvimento da clorófitica *Planctonema* sp. Espécies de fitoplâncton que possuem morfologia filamentosa ou que são organizadas em cadeias de forma cilíndrica e alongadas costumam apresentar dominância em regiões de baixa salinidade em ambientes naturais (Gómez *et al.* 2004). Esta dominância por clorófitas igualmente foi observada por McIntosh *et al.* (2006) em viveiros de camarões marinhos cultivados em água com baixa salinidade. Maicá *et al.* (2011) analisando os efeitos da baixa salinidade

na composição do floco microbiano no cultivo de *L. vannamei*, constataram que microalgas clorofíceas predominaram em salinidades baixas (dois à quatro) enquanto diatomáceas predominaram em salinidade mais elevadas (25). Burford *et al.* (2003) afirmam que em sistema intensivo com aporte de nitrogênio e fósforo através da entrada constante de ração, intensa aeração, aliado a disponibilidade de CO₂ e luz, é esperado que a produtividade primária seja abundante, como foi igualmente observado no presente estudo.

Em sistemas intensivos de cultivo, o acúmulo de nitrogênio amoniacal a partir do metabolismo dos alimentos e decomposição da matéria orgânica é normalmente o segundo fator, depois do oxigênio dissolvido, que limita o aumento dos níveis de produção (Ebeling *et al.* 2006). O acúmulo de amônia em cultivos de camarões, além de deteriorar a qualidade da água, reduz o crescimento dos organismos e aumenta o consumo de oxigênio, podendo levar a elevados níveis de mortalidade (Lin & Chen 2001). Os valores médios de nitrogênio amoniacal total ficaram entre 0,03 e 0,04 mg L⁻¹, com salinidade média entre 11,2 e 11,9 em todos os tratamentos testados.

A suscetibilidade à amônia pelos camarões aumenta com o decréscimo de salinidade. Segundo Lin & Chen (2001), em salinidade 15, o nível de segurança para juvenis de *L. vannamei* é de 2,44 mg L⁻¹ de amônia total. Entretanto, os valores de amônia encontrados no presente estudo não foram elevados, provavelmente pela presença consistente de fitoplâncton que absorve o nitrogênio inorgânico da água, e ajuda a manter os níveis de amônia e nitrito mais baixos (Van Wyk & Scarpa 1999). A amônia apresenta imediata absorção e assimilação pelo fitoplâncton, permanecendo por pouco tempo presente na coluna d'água (Lourenço & Marques Jr. 2009), pois é utilizada como fonte de nitrogênio pelo fitoplâncton para sintetizar suas proteínas (Van Wyk & Scarpa 1999).

Além do controle exercido pelo fitoplâncton no presente estudo, deve-se também considerar o controle exercido por bactérias nitrificantes e heterotróficas presente nos bioflocos, aliado a pontuais renovações que neste caso, ocorreram em função dos elevados índices de sólidos suspensos e não pela ocorrência de índices elevados de amônia. É importante ressaltar que em sistema de bioflocos podemos considerar três processos principais responsáveis pelo controle da amônia, além das renovações de água. Ela pode ser absorvida diretamente por microalgas que compõem o fitoplâncton

(controle fotoautotrófico), também por meio de bactérias nitrificantes (controle autotrófico) e por bactérias heterotróficas (controle heterotrófico) as quais convertem o nitrogênio amoniacal em proteína celular, ou seja, biomassa bacteriana (Ebeling *et al.* 2006). No presente estudo, o fitoplâncton foi extremamente abundante, o qual pode ter prevalecido assim a via algal ou fotoautotrófica de remoção em todos os tratamentos. É pouco provável que tenha ocorrido predominância de bactérias heterotróficas, tendo em vista que elas necessitam da presença de uma fonte de carbono orgânico no sistema para estimular seu desenvolvimento (Browdy *et al.* 2001), que neste caso, foi aplicada apenas inicialmente ao cultivo. Posteriormente, a entrada de carbono ocorreu apenas através da ração, o que restringe a oferta pela quantidade fornecida. É possível que um sistema heterotrófico possa ser obtido sem fertilizações de carbono orgânico, desde que o carbono a partir da entrada de alimento (ração) exceda o utilizado na produção primária (Burford *et al.* 2003). Vale ressaltar que mesmo com certo predomínio de alguma das três formas de remoção de amônia da água, todas elas podem estar presentes em algum grau durante o cultivo e competindo pelo mesmo substrato (Ebeling *et al.* 2006).

O fósforo, segundo Boyd (2007), é um nutriente considerado essencial para o crescimento de plantas e animais e sua entrada em um sistema de cultivo ocorre a partir da ração não consumida e das fezes dos animais cultivados. No presente estudo, houve acúmulo de fósforo no sistema, principalmente devido ao revestimento dos viveiros que impede o contato direto da água com o solo. Em viveiros de terra, grande parte do fósforo presente no cultivo torna-se indisponível devido à adsorção que sofre junto aos coloides bipolares do solo ou pela precipitação sob a forma de compostos insolúveis (Vinatea 2002). Entretanto, é possível que parte deste tenha sido absorvido pelo fitoplâncton no presente estudo. Além disso, na presença de ambiente alcalino com pH acima de 7,0 este possa ter sido adsorvido pelo cálcio presente na água (Vinatea 2002) além das perdas causadas pelas renovações de água.

Os valores médios dos sólidos suspensos totais ultrapassaram o nível de segurança de 500 mg L⁻¹ (Gaona *et al.* 2011) em todos os tratamentos. Estes sólidos eram compostos basicamente pela matéria orgânica oriunda das fezes e sobras de ração, fitoplâncton, zooplâncton, bioflocos e microorganismos que se encontravam na coluna d'água, sendo constantemente resuspensos pelo sistema de aeração. A carcinicultura

convencional baseia-se na troca de água dos viveiros para controlar a proliferação de algas e evitar a deterioração de outros parâmetros de qualidade de água. Em sistema de bioflocos, normalmente não é necessário o procedimento de renovação de água ou esta é mínima. Entretanto, devido aos elevados níveis de sólidos suspensos na água e o acúmulo de fitoplâncton observado nas brânquias de alguns camarões, resultado da presença massiva da alga cloroficea *Planctonema* sp. e de sua estrutura filamentosa, renovações fizeram-se necessárias. Hargreaves (2013) sugere que em sistemas de bioflocos pode-se operar com baixas trocas de água, com taxas variando entre 0,5 a 1,0 % ao dia, enquanto nos sistemas convencionais estas taxas ficam em torno de 10 % ao dia ou mais. No presente estudo, as taxas de renovação foram inferiores a 2,0 % ao dia em todos os tratamentos avaliados, o que pode ser considerado aceitável para o sistema BFT.

Segundo Hopkins *et al.* (1994), o material em suspensão em cultivos pode gerar acúmulo de lodo no fundo dos viveiros e níveis elevados de biomassa dos bioflocos em suspensão podem levar a deterioração da qualidade da água (Nyan Taw 2010). Em experimentos anteriores, realizados nas mesmas unidades experimentais, foi evidenciado após cada despesca um acúmulo expressivo de matéria orgânica anóxica no fundo dos viveiros. Este fato não ocorreu no presente estudo em nenhum dos tratamentos. A principal característica alterada em relação aos experimentos anteriores foi a potência de aeração aplicada. Esta potência, anteriormente era correspondente a 16,6 HP ha⁻¹ e passou para 33,3 HP ha⁻¹ no presente estudo. O oxigênio dissolvido e a matéria orgânica são fatores que podemos considerar interdependentes, pois quando temos aumento da matéria orgânica no sistema, o oxigênio dissolvido diminui em função da respiração dos decompositores. Entretanto, quando ocorre o processo inverso, a matéria orgânica diminui principalmente devido aos processos de mineralização (Vinatea 2002), o que provavelmente ocorreu no presente estudo devido ao acúmulo de sedimento anaeróbico não evidenciado em relação à potência de aeração aplicada.

Em sistemas convencionais de cultivo, a quantidade de fitoplâncton é considerada elevada quando a transparência da água atinge entre 20 e 30 cm (Barbieri Jr. & Ostrensky 2002). A transparência da água de cultivo no presente estudo teve valores médios abaixo dos 20 cm em todos os tratamentos, devido à elevada produtividade primária presente nos viveiros. Estes valores foram duas vezes menores

comparados aos resultados encontrados por Burford *et al.* (2003), que em estudos com *L. vannamei* em sistema de bioflocos em viveiros revestidos encontraram valor médio de 34 cm de transparência com densidades de estocagem entre 117 e 122 camarões m⁻².

Os níveis médios de clorofila *a* observados apresentaram valores considerados elevados quando comparados a outros estudos. McIntosh *et al.* (2006) encontrou valores médios de 71,9 µg L⁻¹ e máximos de 378,5 µg L⁻¹, de clorofila *a* analisando dados de uma fazenda de cultivo nos EUA em 18 tanques de tamanhos variados (0,3 ha até 1,0 ha) durante cinco meses de engorda do *L. vannamei* em baixa salinidade. A profundidade média dos tanques, segundo os mesmos autores, era de 1,5 m e os cultivos foram dominados por espécies de algas clorofíceas. Burford *et al.* (2003) obtiveram níveis médios de clorofila *a* também inferiores ao presente estudo (224,8 µg L⁻¹) durante 118 dias de cultivo com densidades médias de 120 cam m⁻² em viveiros revestidos com sistema de bioflocos. A elevada potência de aeração pode ter contribuído para estas concentrações de clorofila *a* alcançadas no presente estudo devido à constante resuspensão do fitoplâncton no viveiro, expondo-o constantemente à luz.

5.2 Parâmetros indicadores de desempenho zootécnico

A temperatura está diretamente relacionada ao consumo alimentar e crescimento dos camarões, os quais apesar de tolerar uma ampla faixa, são extremamente sensíveis a pequenas mudanças (Wyban *et al.* 1995). O crescimento semanal no presente estudo foi superior a 0,80 g semana⁻¹ em todos os tratamentos, sem apresentar diferenças significativas (p>0,05). Fróes (2012) trabalhando nas mesmas unidades experimentais do presente estudo obteve crescimento semanal inferior (0,63 g semana⁻¹), com menor densidade (85 camarões m⁻²) e temperatura similar (24,3 °C). Igualmente, nas mesmas unidades experimentais, com temperatura média de 24,1 °C e mesma densidade (100 cam m⁻²), Costa (2013) obteve crescimento semanal também inferior ao presente estudo (0,67 g semana⁻¹). Krummenauer (2011) em experimento realizado na EMA/IO/FURG obteve crescimento semanal semelhante (0,85 g semana⁻¹) na engorda do *L. vannamei* em cultivo superintensivo (150 cam m⁻²) durante 120 dias em sistema de bioflocos dentro de uma estufa. Em uma fazenda localizada em Belize, a produção de camarões ocorre durante todo o ano, sendo possível observar os efeitos das variações de

temperatura no crescimento semanal dos camarões de acordo com a estação. No verão, onde a temperatura é mais elevada (27 °C), o crescimento semanal é de 0,95 g semana⁻¹ em contraste com o inverno (23 °C) que fica entre 0,6 e 0,7 g semana⁻¹ (Boyd & Clay 2002). Este crescimento obtido no presente estudo pode estar relacionado com as condições de qualidade da água proporcionadas pela potência de aeração aplicada em relação ao não acúmulo de sedimento anaeróbico no fundo dos viveiros. Foi observado em experimento que a retirada de lodo acumulado no fundo dos tanques aumentou o consumo de ração por parte dos camarões em 36 % (Avnimelech 2012). Neste caso, acredita-se que o não acúmulo de sedimento anaeróbico no presente estudo tenha contribuído para os resultados alcançados, uma vez que em safras anteriores nas mesmas unidades experimentais quando houve este acúmulo, as produtividades foram inferiores com densidades similares.

O peso final dos camarões não diferiu significativamente ($p < 0,05$). Entretanto, os camarões do tratamento raceway apresentaram peso médio final mais elevado que os demais tratamentos. Esta diferença pode ser atribuída à menor sobrevivência observada neste tratamento, que reduziu a densidade, proporcionando ganho de peso final maior em relação aos demais tratamentos. Moss & Moss (2004) observaram relação negativa entre o aumento da densidade e o desempenho zootécnico dos camarões. Na Indonésia, uma fazenda de cultivo de *L. vannamei* apresentou relação direta entre densidade e tamanho dos camarões, sendo observados os menores tamanhos nas densidades mais elevadas (Nyan Taw *et al.* 2002). Burford *et al.* (2003), em estudo com *L. vannamei* no sistema de bioflocos em viveiros revestidos, com densidade média de 120 camarões m⁻², alcançaram peso médio de 14,7 g ao final de 118 dias de cultivo, similar aos observados no presente estudo, porém com a utilização de potência de aeração complementar superior ao presente estudo (50 HP ha⁻¹).

Os bioflocos são um recurso de suplementação alimentar que pode ser consumido por camarões entre as alimentações fornecidas. Segundo Hargreaves (2013), cerca de 20 a 30 % do crescimento do camarão é derivado a partir do consumo e digestão de proteína microbiana no sistema de bioflocos. Este benefício é refletido na melhoria da conversão alimentar, um dos indicadores de rentabilidade do sistema e sustentabilidade do negócio. Krummenauer *et al.* (2011), obteve conversão alimentar ligeiramente menor que o presente estudo (1,40:1) com densidade de 150 cam m⁻²

durante 120 dias de cultivo do *L. vannamei* em estufas. Fróes (2012) e Costa (2013) obtiveram conversões menores que o presente estudo (1,01 e 1,20) respectivamente, em sistema BFT em viveiros. Entretanto, os pesos médios finais dos camarões obtidos por estes autores não alcançaram 11 g em ambos os estudos. A conversão alimentar obtida no presente estudo pode ser resultado do próprio crescimento do camarão. Segundo observado em experimento por Wyban *et al.* (1995), conforme o camarão aumenta de tamanho, ele reduz sua taxa de crescimento e aumenta a conversão alimentar. Silva (2013) em experimento com *L. vannamei* em estufas, obteve conversão alimentar semelhante ao presente estudo (1,54: 1) estocando camarões de 12 gramas (150 cam m⁻²) para avaliar os efeitos de elevadas densidades de cultivo na fase final de engorda do camarão.

As sobrevivências no presente estudo foram superiores a 80 % em todos os tratamentos. Fazendas asiáticas de cultivo de engorda de *L. vannamei* obtêm sobrevivências entre 62 e 93 %, com média de 85 % de sobrevivência em sistema BFT (Nyan Taw 2010). Davis *et al.* (2004) reportam cultivos em baixa salinidade bem sucedidos em viveiros de terra apresentando sobrevivência superior a 80 % e camarões com 20 g de peso em 120 dias, porém em baixas densidades (25 camarões m⁻²).

Belize Aquaculture (BAL), na América Central, foi a primeira fazenda comercial a colocar em prática a tecnologia de bioflocos e muito do que tem sido feito em cultivos é derivado das experiências adquiridas nela (Avnimelech & Nyan Taw 2012). Segundo Boyd & Clay (2002), a região possui temperatura média anual do ar de 25,3 °C e o empreendimento possui 26 viveiros de produção com diferentes áreas (desde 650 m² até 1,6 ha) e potência de aeração variando de 28 até 60 HP ha⁻¹. São cultivados *L. vannamei* em densidades entre 80 e 160 cam m⁻² e *L. stillostrys* entre 55 e 65 cam m⁻². Estes autores reportam que uma avaliação feita após 23 meses de operação, os viveiros de Belize produziram 63 colheitas com rendimento médio de 11231 kg ha⁻¹ safra⁻¹. Entretanto, alguns viveiros de produção chegaram a produzir 27200 kg ha⁻¹ utilizando 60 HP ha⁻¹ de aeração em cultivos superintensivos com uso de substratos artificiais e drenagem periódica de lama acumulada no fundo dos viveiros. As produtividades alcançadas no presente estudo ultrapassaram 12,4 ton ha⁻¹ em todos os tratamentos, podendo ser considerado um resultado expressivo se comparado aos obtidos em BAL. Na China, uma fazenda considerada de porte médio (3,3 ha de área

total), obteve resultados similares aos alcançados no presente estudo fazendo uso de sistema de aeração misto (aeradores de pás e difusores de ar) na produção de *L. vannamei*. Ela obtém produção anual entre 11 e 15 toneladas ha⁻¹ em duas safras de 90 dias cada, estocando 100 PLs m⁻² (Edwards 2013). Resultados obtidos nos EUA utilizando água subterrânea com baixa salinidade também se assemelham aos encontrados no presente estudo. Davis *et al.* (2004) reportam que em cultivos de *L. vannamei* no Arizona (EUA), a produtividade alcançada chegou a 12000 kg ha⁻¹ com 109 cam m⁻².

5.3 Estudo de Caso

Na Tabela 3, são apresentados os resultados de desempenho zootécnico obtidos em cultivos anteriores desenvolvidos nas mesmas unidades experimentais em comparação ao presente estudo, tendo como principal mudança o aumento da potência de aeração aplicada.

Tabela 3 – Estudos realizados em experimentos anteriores nas mesmas unidades experimentais, juntamente com os resultados do presente estudo.

Trabalhos desenvolvidos na (EMA-IO/FURG) com <i>L. vannamei</i> em sistema BFT				
	Fróes <i>et al.</i> (2012)	Costa (2013)	Magalhães (2013)	Presente estudo (2014)
Densidade (camarões m ⁻²)	85	100	42	100
Potência de aeração (HP ha ⁻¹)	16,6	16,6	16,6	33,3
Sobrevivência (%)	96,2	97	80	87,5
CAA	1,01	1,20	1,20	1,51
Crescimento semanal (g)	0,63	0,67	0,98	0,83
Peso final (g)	10,72	10,05	11,70	14,37
Produtividade (kg ha ⁻¹)	8772	9900	9486	12537
Acúmulo de sedimento	sim	sim	sim	não
Tempo de cultivo (dias)	117	105	75	114

*Os valores de sobrevivência, CAA, crescimento semanal, peso final e produtividade do presente estudo, são referentes as médias entre os três tratamentos.

**O acúmulo de sedimento não é citado nos trabalhos dos demais autores, e foi informado através de comunicação pessoal.

A média de produtividade alcançada utilizando 33,3 HP ha⁻¹ de aeração no presente estudo apresentada na Tabela 3, demonstra que quando comparada aos resultados dos últimos três experimentos realizados em viveiros na (EMA-IO/FURG) que utilizaram potência de aeração inferior, estas não ultrapassaram as 10 toneladas ha⁻¹, enquanto o

presente estudo foi superior a 12,5 toneladas ha^{-1} na média entre os três tratamentos avaliados. Este aumento representou um incremento de produção equivalente a 33,5 %, sobre a média das últimas três safras, além de não apresentar acúmulo de sedimento anaeróbico no fundo dos viveiros após a despesca em todos os tratamentos. Mesmo se comparado ao melhor resultado de produtividade obtida por Costa (2013) de 9900 kg ha^{-1} , utilizando mesmas densidades de estocagem, o aumento na produtividade do presente estudo chegou a 26,6 %.

6 CONCLUSÃO

Os resultados de produtividade alcançados neste estudo demonstram que os diferentes sistemas de aeração avaliados proporcionam boas condições de qualidade da água para o desenvolvimento do camarão branco *L. vannamei* e a potência de aeração aplicada é recomendada para o cultivo intensivo da espécie. Os tratamentos não apresentaram acúmulo de sedimento após a despesca, sugerindo que o dimensionamento correto da potência de aeração aliada ao manejo durante o ciclo de produção pode contribuir de forma significativa na ciclagem da matéria orgânica, evitando este acúmulo no fundo dos viveiros, melhorando os índices de desempenho zootécnicos. Sistemas de cultivo com bioflocos caracterizados pelo predomínio algal, exercem impacto diferente sobre a qualidade da água em relação ao predomínio heterotrófico que é preconizado em sistema BFT. Entretanto, é igualmente viável para a engorda do *L. vannamei*.

BIBLIOGRAFIA

- ABCC & MPA. 2013. Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais da carcinocultura marinha no Brasil em 2011. 77p.
- 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. 2012. Biofloc Technology – A Practical Guide Book, 2^a Edition. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana, United States. 272p.
- AVNIMELECH, Y & G, RITVO. 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture*, 220: 549– 567.
- AVNIMELECH, Y & NYAN TAW. 2012. Field Experience. In: AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology – A Practical Guide Book, 2^a Edition. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana, United States. 272p.
- 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.
- BALLESTER, ELC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L ABREU & WJ WASIELESKY. 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 JUNIOR, RC & A OSTRENSKY NETO. 2002. Camarões marinhos: engorda. Viçosa: *Aprenda Fácil*. 370 p.
- BOYD, CE. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, p. 482
- BOYD, CE. 1998. Pond water aeration systems. *Aquacultural Engineering*, 18: 9-40.
- BOYD, CE. 2007. Phosphorus: Key to Phytoplankton Management. *Global Aquaculture Advocate*, 62 – 64.

- BOYD, CE, & JW CLAY. 2002. Evaluation of Belize Aquaculture, Ltda: A Superintensive Shrimp Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 17 p.
- BOYD, CE, T THUNJAI & M BOONYARATPALIN. 2002. Dissolved salts in water for inland low-salinity shrimp culture. *Global Aquaculture Advocate*, 5 (3): 40 – 45.
- BROWDY, CL, D BRATVOLD, AD STOKES & RP MCINTOSH. 2001. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: BROWDY, CL & DE JORY. The New Wave, Proceedings of the special session on sustainable shrimp culture, Aquaculture. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, USA, p.20-34.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensive, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393-411
- COSTA, CM. 2013. Cultivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, em sistema de bioflocos em viveiros com diferentes densidades de estocagem e utilização de água de subsolo. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 45 f.
- CREMEN, MCM, MR MARTINEZ-GOSS, VL CORRE & RV AZANZA. 2007. Phytoplankton bloom in commercial shrimp ponds using green-water technology. *Journal of Applied Phycology*, 19: 615-624.
- DAVIS, DA, T SAMOCHA & CE BOYD. 2004. Acclimating Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to inland, low-salinity waters. *Southern Regional Aquaculture Center*. No. 2601. 8p.
- DECAMP, OE, L CONQUEST, J CODY & I FORSTER. 2007. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38: 395-406.
- DELGADO, PC, Y AVNIMELECH, R MCNEIL, D BRATVOLD, CL BROWDY & P SANDIFER. (2003). Physical, chemical and biological characteristics of

- distinctive regions in paddle wheel aerated shrimp ponds. *Aquaculture*, 217(1-4): 235–248.
- EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia –nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- EDWARDS, P. 2013. The EU-funded project “Sustainable and Ethical Aquaculture Trade” (SEAT) in China. *Aquaculture Asia*. Volume XVIII No. 1, 3-14.
- EMERENCIANO, MG, WJ WASIELESKY, RB SOARES, EC BALLESTER, EM IZEPPI & RO CAVALLI. 2007. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 29: 1-7.
- FAO. 2006a. Fisheries technical paper: State of world aquaculture. Roma, FAO Information Division. 134 p.
- FAO. 2011. Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 569. Rome, FAO. 2011. 334 p.
- FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma, FAO Information Division. 231 p.
- FAO/NACA/UNEP/WB/WWF. 2006b. International Principles for Responsible Shrimp Farming. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA). Bangkok, Thailand. 20 p.
- FAST, A & CE BOYD. 1992. Water circulation, aeration and other management practices. In: Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Arlo FAST e James LESTER (Eds.). Amsterdam : Elsevier Science Publishers, 1992. p. 457-495.
- FRÓES, C, G FÓES, D KRUMMENAUER, E BALLESTER, LH POERSCH & WJR WASIELESKY. 2012. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica*, Rio Grande, 34(1) 31-39.
- GAONA, CAP, POERSCH, LH, KRUMMENAUER, D, FOES, GK, WASIELESKY, W. 2011. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International Journal of Recirculating Aquaculture*. 11: 54-73.

- GÓMEZ, N, PR HUALDE, M LICURSI & DE BAUER. 2004. Spring phytoplankton of Río de la Plata: a temperate estuary of South America. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 61: 301-309.
- HARGREAVES, JA. 2013. Biofloc Production Systems for Aquaculture. *Southern Regional Aquaculture Center*. No. 4503, 1–12.
- HOPKINS, JS, PA SANDIFER & CL BROWDY. 1994. Sludge Management in Intensive Pond Culture of Shrimp: Effect of Management Regime on Water Quality, 36 Sludge Characteristics, Nitrogen Extinction, and Shrimp Production. *Aquacultural Engineering*, 13, 1-30.
- JORY, DE, TR CABRERA, DM DUGGER, D FEGAN, PG LEE, AL LAWRENCE, CJ JACKSON, RP MCINTOSH & J CASTAÑEDA. 2001. A global review of shrimp feed management: Status and perspectives. In: Browdy, CL and Jory, DE (Eds.), *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture. The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, USA, p.104-152.
- KRUMMENAUER, D. 2012. Otimização do manejo para o cultivo do camarão-branco *Litopenaeus vannamei* em sistemas de estufas com bioflocos. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 161 f.
- KRUMMENAUER, D, S PEIXOTO, RO 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: 732-739.
- LIN, Y & J CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 259: 109-119.
- LOURENÇO, SO & AN MARQUES JR. Produção Primária Marinha. In: PEREIRA, RC, A SOARES-GOMES. (Org.). *Biologia Marinha*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.
- MAGALHÃES V. 2013 Análise comparativa da produção do camarão *Litopenaeus vannamei* durante um ou dois ciclos intensivos em sistema BFT em viveiros no

- extremo sul do Brasil. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 66f.
- MAICÁ, PF, MR BORBA & W WASIELESKY. 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*, 1-10.
- MCINTOSH, D, K FITZSIMMONS, C COLLINS & C STEPHENS. 2006. Phytoplankton community composition and chlorophyll-*a* levels of inland, low salinity shrimp ponds. *World Aquaculture*, 58-69.
- MOSS KRK & SM MOOS. 2004. Effects of Artificial Substrate and Stocking Density on the Nursery Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35, (4): 536-542.
- NYAN TAW. 2010. Biofloc Technology Expanding At White Shrimp Farms - Biofloc Systems Deliver High Productivity With Sustainability *Global Aquaculture Advocate*, 20-21.
- NYAN TAW, S SRISOMBAT & S CHANDAENG. 2002. *L. vannamei* Trials in Indonesia. *Global Aquaculture Advocate*, 20 – 22.
- PETERSON, EL, LC WADHWA & JA HARRIS. 2001. Arrangement of aerators in an intensive shrimp growout pond having a rectangular shape. *Aquacultural Engineering.*, 25: 51-65.
- SCHRYVER, PD, N BOON, W VERSTRAETE & P BOSSIER. 2012. The biology and biotechnology behind bioflocs. In: AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology – A Practical Guide Book, 2^a Edition. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana, United States. 272p.
- SILVA, AF, GR LARA, ED BALLESTER, D KRUMENNAUER, PC ABREU & W WASIELESKY. 2013. Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos (BFT). *Ciênc. Anim. Bras.* 14, (3): 279-287.
- SOKAL, RR & FJ ROHLF. Biometry. Principle and practices of statistics in biological research. San Francisco: W. H. Freeman & Co, 1969.776p.
- STRICKLAND, JDH & TR PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: Fishery Research Board Canada, 310p.

- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France.
- UTERMÖHL, H 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton metthodic. Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 9: 1-38
- VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water Quality and Management. In: VAN WYK, P et al. (Eds.), Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee. Chap. 06: 128-138.
- VINATEA, L. 2002. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. 133p.
- VINATEA L, AO GALVEZ, 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 superintensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. *Aquacultural Engineering*, 42: 17–24.
- WASIELESKY, W, H ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based superintensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.
- WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorimetric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. *Limnology. Oceanography*, 39: 1985-1992.
- WYBAN, J, WA WALSH & DM GODIN. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the pacific white shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 138: 267-279.

ANEXO

Tabela 4 - Médias e desvio padrão (\pm DP) dos parâmetros físicos e químicos da água de subsolo na coluna de degaseificação obtidos em cinco amostragens durante o enchimento, reposições e renovações de água dos viveiros (outubro de 2012 à março de 2013).

Coluna de Degaseificação							
Parâmetros	Out	Nov	Dez	Fev	Mar	Médias (\pm DP)	
Temperatura (°C)	20,2	21,4	21,4	22,4	22,3	21,5	0,9
Salinidade	8,77	9,40	10,66	8,86	8,83	9,30	0,80
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	250	250	300	300	325	285	34
OD (mg L ⁻¹) (A)	2,09	1,99	1,79	1,74	2,36	1,99	0,25
OD (mg L ⁻¹) (D)	7,56	7,11	7,75	6,74	6,72	7,18	0,47
CO ₂ (mg L ⁻¹) (A)	3,9	3,9	10,3	6,7	8,7	6,7	2,9
CO ₂ (mg L ⁻¹) (D)	2,7	3,0	8,3	5,1	5,4	4,9	2,3
pH (A)	7,92	7,91	7,56	7,76	7,68	7,77	0,15
pH (D)	8,07	8,02	7,65	7,87	7,88	7,90	0,16

Letras maiúsculas em negrito entre parênteses representam os valores obtidos antes (A) e depois (D) da passagem da água pela coluna.

Tabela 5 - Intervalo ideal dos principais íons que devem compor a água para o cultivo de *L. vannamei* segundo Boyd *et al.* (2002) e os valores encontrados na água de subsolo (EMA-IO/FURG).

Composição iônica da água		
Íons	Intervalo ideal, segundo Boyd <i>et al.</i> (2002)	Composição iônica da água de subsolo (EMA/IO)
Na ⁺	401 - 2210 mg L ⁻¹	2000 mg L ⁻¹
Ca ²⁺	11 - 296 mg L ⁻¹	70,7 mg L ⁻¹
Mg ²⁺	3 - 64 mg L ⁻¹	13,9 mg L ⁻¹
K ⁺	4 - 12,4 mg L ⁻¹	100 mg L ⁻¹
Cl ⁻	38 - 4009 mg L ⁻¹	3716 mg L ⁻¹