

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**EFEITO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS NA QUALIDADE
DA ÁGUA E NO DESEMPENHO ZOTÉCNICO DO CAMARÃO
Litopenaeus vannamei EM SISTEMA BFT.**

Marcos Souza de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Co-orientador: Prof. Dr. Luís Henrique S. Poersch

Rio Grande – RS

MARÇO, 2012

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

**EFEITO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS NA QUALIDADE
DA ÁGUA E NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DO CAMARÃO
Litopenaeus vannamei EM SISTEMA BFT.**

Marcos Souza de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Co-orientador: Prof. Dr. Luís Henrique S. Poersch

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Rio Grande – RS

Março, 2012

Índice

Lista de tabelas	iv
Lista de figuras	iv
Dedicatória	v
Agradecimentos	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
1. Introdução	1
2. Objetivo	4
2.1. Objetivos específicos	4
3. Material e métodos	5
3.1. Local e período do estudo	5
3.2. Delineamento experimental	5
3.3. O clarificador	7
3.4. Material biológico e arraçoamento	8
3.5. Água e preparação dos níveis de sólidos suspensos totais (SST)	8
3.6. Monitoramento dos parâmetros físicos e químicos da água	9
3.7. Análise dos Sólidos Suspensos Totais	10
3.8. Desempenho zootécnico	10
3.9. Análise estatística	11
4. Resultados	11
4.1. Parâmetros de qualidade da água	11
4.1.1. Temperatura	12
4.1.2. Oxigênio Dissolvido	13
4.1.3. Salinidade	14
4.1.4. pH	14
4.1.5. Turbidez	15
4.1.6. Alcalinidade	16
4.2. SST e Volume dos Flocos	17
4.2.1 SST	17
4.2.2 Volume dos Flocos (VF)	18
4.3. Compostos Nitrogenados e Fosfato	19
4.3.1. Amônia	19
4.3.2. Nitrito	19
4.3.3. Nitrato	19
4.3.4. Fosfato	21
4.4. Desempenho zootécnico	21
4.4.1 Sobrevivência	22
4.4.2. Peso final	23
4.4.3. Ganho em peso	23
4.4.4. Taxa de crescimento específico (TCE)	23
4.4.5. Biomassa final	23
4.4.6. Conversão alimentar aparente (CAA)	24
4.4.7. Produtividade	24
5. Discussão	24
6. Conclusão	31
7. Referências bibliográficas	32

Lista de tabelas

Tabela 1: Valores médios (\pm DP) das variáveis físicas e químicas registrados durante o cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos totais*.....	12
Tabela 2: Desempenho zootécnico do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i> produzido em diferentes concentrações de suspensos totais. Valores apresentados em média \pm desvio padrão ¹	22

Lista de figuras

Figura 1: Estufa experimental (A), sistema de aeração (B), unidades experimentais antes (C) e durante o período experimental (D)	6
Figura 2: Clarificador (A), visão interna do equipamento (B) e sistema de sedimentação e retorno da água(C)	7
Figura 3: Variações de temperatura ($^{\circ}$ C) ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos.....	13
Figura 4: Variação do oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos.....	13
Figura 5: Variação da salinidade ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos.....	14
Figura 6: Variação do pH ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos.....	15
Figura 7: Variação da turbidez ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos.....	16
Figura 8: Variação da alcalinidade ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos.....	17
Figura 9: Variações das concentrações de sólidos suspensos totais (SST) ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos. A renovação e a reposição da água das unidades experimentais estão indicadas pelas setas vermelha e preta respectivamente.....	18
Figura 10: Volume de SST antes (A) e após clarificação (B) – T3.....	19
Figura 11: Variação das concentrações de amônia (A), nitrito (B) e nitrato (C) ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos.	20
Figura 12: Variação das concentrações de fosfato ao longo do cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em diferentes concentrações de sólidos suspensos.....	21
Figura 13: Peso médio dos juvenis de camarão <i>L. vannamei</i> produzidos em diferentes concentrações de SST.....	24

DEDICATÓRIA

*A minha amada família: Janaina, Leonardo e Natália,
fontes inesgotáveis de motivação e força.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador “Mano” por me dar a honra de ser seu orientado, pelo incentivo no decorrer dos anos e principalmente pelo exemplo de profissional, líder e pesquisador que é;

Ao meu co-orientador “Mineiro” pelas valiosas dicas, sugestões e paciência;

Ao “seu” Carlos Gaona pelas contribuições e pelo auxílio sempre que solicitado;

Aos membros da banca prof^ª. Dr^ª. Roberta Soares e Dr. Geraldo Fóes pelas valiosas observações e sugestões, as quais enriqueceram e aprimoraram este trabalho.

Ao prof. Dr. Marcelo Tesser pelo apoio e exemplo de dedicação e profissionalismo;

Aos prof^{es}. Dr^s. Paulo Abreu, Luciano Garcia e a todos os professores do PPG Aquicultura da FURG pela generosidade ao compartilhar seu rico conhecimento;

Aos Dr^s. Eduardo Ballester, Silvio Peixoto, Roberta Soares, Ricardo Robaldo e Ronaldo Cavalli, Sampaio pelo exemplo de dedicação e seriedade com a pesquisa e o ensino;

A Dr^a. Verônica Viau pela ajuda durante o experimento e demais contribuições;

A Andréa, ao Dariano e a Viviana grandes amigos e incentivadores, os quais foram imprescindíveis na conclusão desta etapa;

Aos antigos colegas de trabalho Fabiano, Lúcio e Nero, valiosos amigos sem os quais não teria sido possível chegar até aqui;

Ao pessoal da antiga e nova geração da EMA: Luciano Jensen, Paula Maicá, Gabi, Charles, Sabrina, Ricardo, Cintia, Diogo, Marcelo Shei, Marcelo Okamoto, Luiz Louzada, Lisi, Lise, Lise Maria, Plínio, Vita, André, Mércia, Gabriel, Camu, Fabi, Barbara e a todos que não foram citados, mas contribuíram de forma direta ou indireta na conclusão desta etapa da minha vida;

Aos funcionários Sandro, Getúlio, Pilengui e Alessandro.

Ao PPG Aquicultura, a Universidade Federal do Rio Grande e ao CNPQ pelo auxílio financeiro.

RESUMO

A carcinicultura convencional tem como características a necessidade de constantes renovações de grandes volumes de água e a descarga do efluente, rico em nutrientes, no ambiente a fim de manter os sistemas de produção com a qualidade da água em níveis aceitáveis. A descarga do efluente oriundo da carcinicultura nos ecossistemas adjacentes pode contribuir na degradação do ambiente natural e na disseminação de doenças, sendo um entrave no desenvolvimento sustentável da atividade. Neste contexto, nas últimas décadas novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas objetivando o aumento da produtividade, a redução de custos e, principalmente aperfeiçoar a utilização de água e a redução do descarte do efluente no ambiente. O cultivo em meio heterotrófico, também conhecido como BFT - *Biofloc Technology* - tem demonstrado excelentes resultados em termos de biosegurança, produtividade e manejo dos recursos hídricos. O controle dos níveis de sólidos suspensos totais no sistema de produção pode contribuir para manutenção da qualidade da água e na melhoria da gestão dos recursos hídricos, sendo este um importante avanço em prol de uma carcinicultura ambientalmente amigável e sustentável. Desta maneira, o objetivo principal deste estudo foi identificar a contribuição de diferentes concentrações de sólidos suspensos totais na melhoria da qualidade da água do cultivo do camarão-branco *Litopenaeus vannamei* em sistemas com bioflocos. A partir dos resultados obtidos no presente estudo, pode-se sugerir a manutenção de níveis médios de sólidos suspensos totais (SST) entre 300 e 450 mg L⁻¹ a fim de obter de melhores parâmetros de qualidade de água e índices zootécnicos .

Abstract

The conventional shrimp culture is characterized for the need of constant renewal, using large volumes of water and great discharge of nutrient-rich effluent, with the objective to maintain production systems with the water quality within acceptable levels. The shrimp culture discharges of the effluent is responsible for degradation of the natural environments and the spread of diseases, becoming an barrier to sustainable development activity. In this context, in recent years new technologies have been developed to improve productivities and to reduce costs, and especially to get better water use and reducing the discharge of effluent into the environment. The heterotrophic rearing, also known as BFT - Biofloc Technology - has shown excellent results in terms of biosecurity, productivity and management of water resources. The control levels of total suspended solids in these system may contribute for the maintenance of water quality. which is an important step towards an environmentally sustainable shrimp farming. Thus, the main objective of this study was to identify the contribution of different levels of suspended solids in improving the water quality of the shrimp *Litopenaeus vannamei* culture, in BFT system. From the results obtained in this study, we can suggest the maintenance of average levels of total suspended solids (TSS) between 300 and 450 mg L⁻¹ to obtain the best parameters of water quality and higher zootechnical rates.

1. Introdução

A aquicultura é o segmento do agronegócio que vem obtendo os maiores índices de crescimento e lucratividade a nível mundial nos últimos anos. Com a estagnação da pesca e a crescente demanda por produtos aquáticos, a atividade passou a ser considerada estratégica em termos de segurança alimentar, possuindo grande potencial na geração de renda e desenvolvimento regional (FAO 2009). Os avanços tecnológicos, incentivos e apoio dos governos de vários países para o desenvolvimento da aquicultura tende a impulsioná-la ainda mais. Porém, seu desenvolvimento deve ser realizado com cuidado, a fim de evitar a repetição de erros que geraram um elevado passivo ambiental, comprometendo a própria sustentabilidade da atividade (Abdallah, 1998).

A carcinicultura convencional (extensiva e semi-intensiva) tem como uma das características principais a necessidade de constantes renovações de água, utilizando volumes elevados que geram descarga de efluentes no ambiente, pois há necessidade de manter a qualidade da água dos sistemas de produção dentro de níveis aceitáveis aos organismos cultivados (Burford *et al.*, 2003; Samocha *et al.*, 2004). Na busca por maior rentabilidade e melhor aproveitamento dos fatores de produção (capital, área e recursos humanos), os produtores tendem a aumentar a densidade de estocagem, entretanto a produção raramente excede 5000 ou 6000 kg ha⁻¹ano⁻¹. Neste caso, mesmo cultivando com elevadas taxas de renovações e forte aeração mecânica, a qualidade da água irá deteriorar-se (Boyd e Clay, 2002). Além disso, quanto maior o grau de intensificação dos sistemas convencionais de produção maior será a necessidade de água, alimento e fertilização, aumentando substancialmente a descarga de resíduos procedentes do sistema e também os custos de produção (Paéz-Osuna, 2001). A descarga de efluentes originários da carcinicultura nos ecossistemas adjacentes pode contribuir com a

degradação do ambiente natural e na disseminação de doenças (Samocha *et al.*, 2007), sendo visto como um entrave no desenvolvimento sustentável da atividade.

Novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas nas últimas décadas, com objetivo de aumentar a produtividade, reduzir custos e, principalmente, otimizar a utilização de água e a consequente redução do descarte de efluentes no ambiente. A produção de camarões no Sistema BFT - *Biofloc Technology System* - tem demonstrado excelentes resultados em termos de biosegurança, produtividade e manejo dos recursos hídricos (Wasielesky *et al.*, 2006a; Avnimelech, 2009; Emerenciano, 2009; Leffler *et al.*, 2009). Neste sistema estimula-se a formação de bioflocos que são partículas suspensas provenientes do desenvolvimento de uma comunidade microbiana no meio de cultivo que agregam bactérias autotróficas e heterotróficas, protozoários, metazoários, microalgas, larvas de invertebrados, fezes, restos de animais mortos, exoesqueletos e outras partículas presentes no meio (Burford *et al.*, 2003; Ballester *et al.*, 2010; Emerenciano *et al.*, 2007).

Entre as vantagens da produção de camarões no sistema com bioflocos, deve ser ressaltada sua contribuição na manutenção da qualidade da água, como consequência da capacidade de assimilação dos compostos nitrogenados presentes no meio de cultivo. O menor descarte de água contribui ainda com um incremento na dieta por meio da produtividade natural presente nos viveiros (McIntosh, 2000; Bratvold e Browdy, 2001; Samocha *et al.*, 2001; Burford *et al.*, 2003). Com elevados níveis de proteína, os bioflocos constituem uma importante fonte de alimento e complemento à ração comercial na nutrição dos camarões (Boyd e Clay, 2002). Wasielesky *et al.* (2006a), reportaram ganho em peso adicional de até 32 % associado a ingestão de flocos microbianos (bioflocos) por camarões *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT. Além

disso, os bioflocos possibilitam a realização de sucessivos ciclos produtivos sem a necessidade de renovação da água do sistema (Avnimelech, 2002, 2009; Emerenciano *et al.*, 2009; Krummenauer *et al.*, 2010), sendo este um importante avanço na direção do desenvolvimento de uma carcinicultura sustentável e ambientalmente amigável.

Quanto maior o grau de intensificação dos sistemas de produção, maiores serão os custos de implantação e de produção. Os bioflocos, além de manterem a qualidade da água do cultivo em níveis aceitáveis, também servem como complemento a alimentação, propiciando assim uma redução significativa nos custos de produção. No cultivo de camarões marinhos, o gasto com alimento artificial pode representar até 60 % dos custos totais de produção (Tacon *et al.*, 2002; Cuzon *et al.*, 2004).

A manutenção da qualidade da água em condições adequadas no sistema BFT baseia-se no desenvolvimento e controle das bactérias heterotróficas, que acontece com a manipulação da relação C: N do sistema (Ebeling *et al.*, 2006; Avnimelech, 2007). O sistema de bioflocos tem como base a manipulação das comunidades bacterianas presentes no meio aquático, as quais são capazes de assimilar compostos nitrogenados e convertê-los em proteína bacteriana. Para isso, a relação carbono/nitrogênio do cultivo deve ser mantida em níveis que variam de 15: 1 a 20: 1, respectivamente (Avnimelech, 2009).

Restos de ração não consumida e quantidades crescentes de excretas dos animais tendem a aumentar os níveis de sólidos suspensos totais (SST), gerando um aumento na concentração de bioflocos. Com isso, há um considerável aumento na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), podendo ocasionar redução dos níveis de oxigênio dissolvido e a consequente degradação da qualidade da água (Beveridge *et al.*, 1991). Níveis elevados de sólidos suspensos competem com os camarões pelo oxigênio dissolvido nas unidades de produção (Avnimelech, 2009), e embora os bioflocos possam fornecer benefícios à produção, o controle da sua concentração no sistema pode ser necessário a fim de obter

melhores resultados no desempenho zootécnico dos animais e na manutenção da qualidade da água (Ray *et al.*, 2010). De acordo com Páez-Osuna (2003), a excessiva concentração de sólidos suspensos totais (SST) e o aumento da turbidez tendem reduzir o crescimento de algas benéficas e também promover o surgimento de microrganismos potencialmente nocivos nos cultivos convencionais. Um método simples e barato para a remoção de sólidos é a sedimentação, ou decantação em unidades adjacentes aos tanques de cultivo, onde a gravidade desloca as partículas mais pesadas ao ponto mais baixo da coluna da água (Ray *et al.*, 2010; Gaona *et al.*, 2012).

Estudos atuais indicam que os níveis ideais de sólidos suspensos totais para os cultivos de camarões em sistemas com bioflocos situam-se em uma faixa entre 200 a 500 mg L⁻¹ (Samocha, 2007; Avnimelech, 2009; Ray *et al.*, 2010; Gaona *et al.*, 2012). Entretanto, até o momento não foram realizados experimentos nos quais os camarões tenham sido mantidos em sistema BFT, com diferentes níveis de SST.

Baseado no que foi exposto, torna-se de extrema importância determinar o correto manejo das concentrações de sólidos suspensos totais (SST) nos sistemas de produção de camarões com utilização de bioflocos.

2. Objetivo

Analisar o efeito de diferentes concentrações de sólidos suspensos na qualidade da água e desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistemas de cultivo com bioflocos (BFT- *Biofloc Technology System*).

2.1 Objetivos específicos

- Analisar o efeito de diferentes níveis de sólidos suspensos na qualidade da água do cultivo do camarão *L. vannamei* em sistema BFT;
- Analisar o efeito de diferentes níveis de sólidos suspensos no desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* em sistema BFT

3. Material e métodos

3.1. Local e período do estudo

O estudo foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura Prof. Marcos Alberto Marchiori (EMA), pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, localizada na praia do Cassino, no município de Rio Grande - RS. O período experimental foi de 45 dias, sendo realizado do dia 09 de dezembro de 2010 até 22 de janeiro de 2011.

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi totalmente casualizado, consistindo de cinco tratamentos, com três repetições cada. Para isto foram utilizados 15 tanques com capacidade de 1,0 m³, e com volume útil de 0,86 m³, instalados em uma estufa para cultivo de camarões em sistemas BFT (Figura 1A). No sistema de aeração foram utilizados em cada unidade experimental duas peças de 0,40 m de mangueiras tipo aerotube acoplados a canos de PVC de 20 mm (Figura 1B) e ligados a rede de fornecimento de ar. As concentrações médias de sólidos suspensos propostos para manutenção foram de 100, 200, 400, 800 e > 800 mg L⁻¹ de sólidos suspensos totais na água (T1, T2, T3, T4 e controle, respectivamente). Com objetivo de manter a quantidade de sólidos

suspensos dentro dos níveis propostos foram utilizados clarificadores. Quando os SST de uma ou mais unidades experimentais atingiam níveis acima do desejado, a água era bombeada do tanque, passando pelo clarificador a fim de retirar o excesso de sólidos e retornava por gravidade para os tanques de origem (adaptado de Gaona *et al.* 2012). O tratamento Controle (concentrações acima de 800 mg L^{-1} de SST) não foi clarificado.

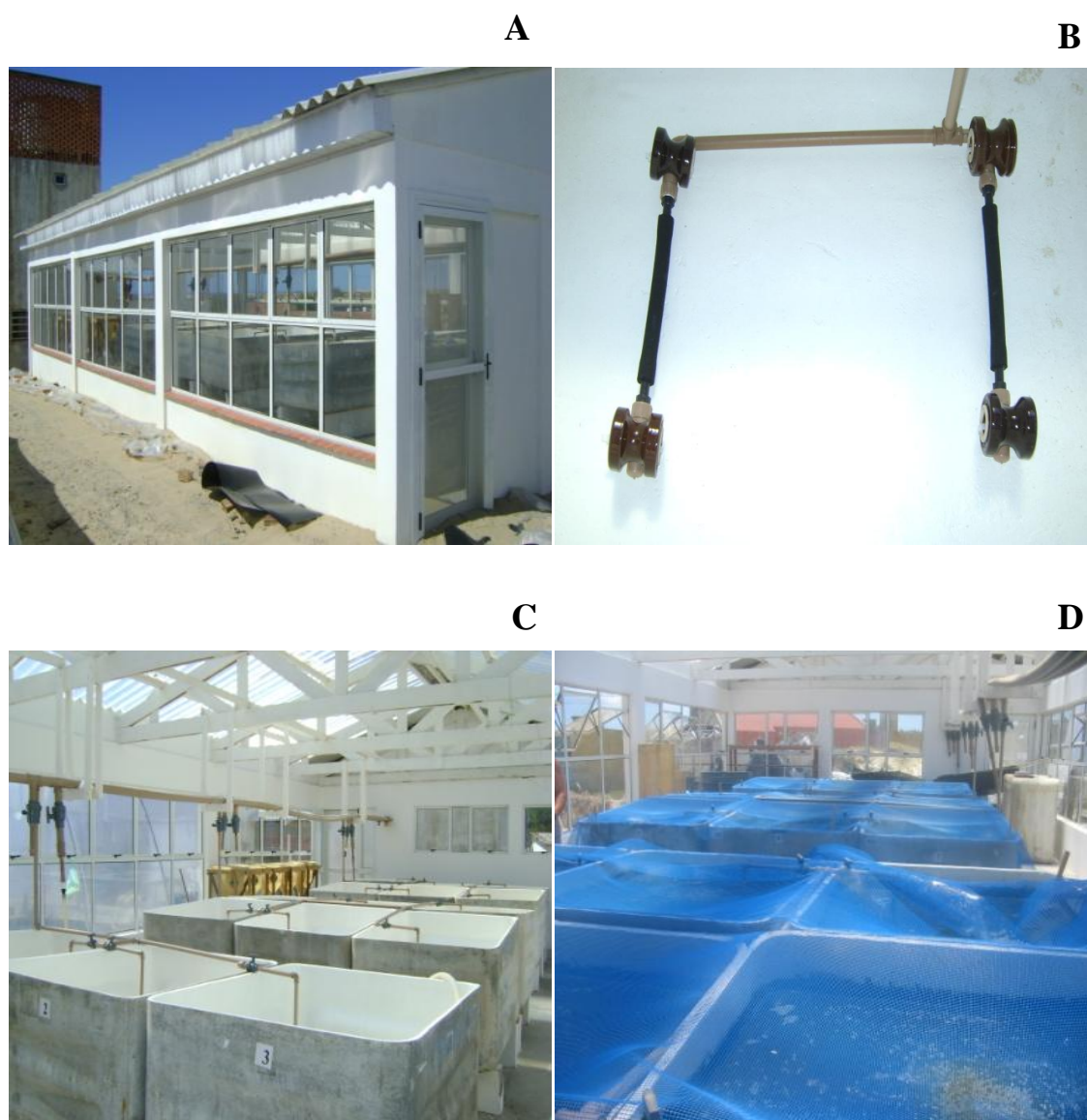


Figura 1: Estufa experimental (A), sistema de aeração (B), unidades experimentais antes (C) e durante o período experimental (D).

3.3. O clarificador

O clarificador (Figura 2 - A, B, C) consiste em um recipiente cilíndrico-cônico de fibra de vidro com 0,48 m de diâmetro, 0,50 m de altura e com volume útil de clarificação de 48 litros. No interior deste recipiente foi colocado um tubo de PVC de 100 mm, com fundo tampado e com quatro furos de 2,0 cm de diâmetro, com o objetivo de reduzir o turbilhonamento da água no interior do equipamento. Com o auxílio de uma mangueira de 19,1 mm de diâmetro e com 1,5m de comprimento por peça, foi acoplado uma bomba submersa (marca POWERHEAD[®]) com vazão máxima de 1500 L h⁻¹, a qual foi instalada no fundo do tanque a ser clarificado, mantendo o fluxo de água durante o processo. Nos clarificadores, parte do material particulado sedimentava e a água bombeada retornava por gravidade ao tanque de origem. Foram utilizados três clarificadores durante o período experimental, o volume dos clarificadores representou 5,5 % do volume das unidades experimentais.

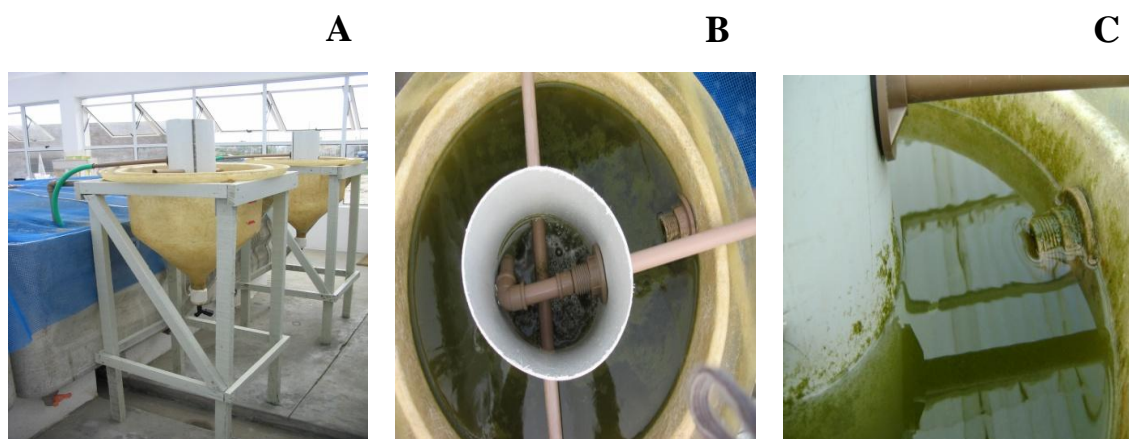


Figura 2: Clarificador (A), visão interna do equipamento (B) e sistema de sedimentação e retorno da água(C).

3.4. Material biológico e arraçoamento

No presente estudo, foram utilizados juvenis de camarões *L. vannamei* provenientes da empresa Aquatec LTDA (Rio Grande do Norte). Estes animais destinados a experimentos permaneceram em um tanque berçário dentro de uma estufa na Estação Marinha de Aquicultura (EMA). Foram utilizados animais com peso médio de $4,54 \pm 1,19$ g. Foram estocados 320 indivíduos por unidade experimental, correspondendo a uma densidade de estocagem de 372 camarões m^{-3} .

Os juvenis foram alimentados duas vezes ao dia (9:00 h e as 16:00 h) com ração comercial extrusada, contendo 38 % de proteína bruta. Esta foi fornecida através de bandejas de alimentação seguindo a metodologia descrita por Wasielesky *et al.* (2006a) e taxa inicial de arraçoamento de 3,1 % da biomassa conforme recomendado por Jory *et al.* (2001).

3.5. Água e preparação dos níveis de SST

A água utilizada no estudo foi proveniente de um tanque de produção de camarões *L. vannamei* em sistema com bioflocos. Esta foi bombeada do tanque de origem para as unidades experimentais, onde foi diluída com água clara, conforme a necessidade de cada tratamento, a fim de atingir os níveis de sólidos suspensos propostos. A água inicial continha níveis de 469 mg L^{-1} de SST. Para início do experimento com os níveis propostos (T1, T2, T3, T4 e Controle) foi calculada a quantidade (L) desta água que a ser utilizada e o restante completo com água do mar (quantidade total de SST em 800 L = $800 \text{ L}^{-1}/\text{nível desejado de SST em } 800 \text{ L}^{-1} = \text{quantidade de água com bioflocos}$). Para os tratamentos com níveis acima de 400 mg L^{-1} SST (T4 e controle) o ponto de partida deu-se com os níveis de sólidos do tanque de origem (469 mg L^{-1}).

O presente trabalho tinha como meta ser conduzido sem descarte ou troca de água, porém, devido à oferta de ração em excesso nos primeiros dias houve um aumento significativo nos níveis dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato). Este evento fez necessária a renovação de 40 % da água dos tanques de todos os tratamentos na primeira semana a fim de reduzir a concentração dos compostos nitrogenados a níveis toleráveis pela espécie. Ainda, em uma única ocasião, foi necessário realizar a reposição da água perdida pela evaporação e pelo processo de clarificação.

3.6. Monitoramento dos parâmetros físicos e químicos da água

Diariamente foi realizado o monitoramento das variáveis físicas e químicas da água (oxigênio dissolvido, pH, temperatura e salinidade) com um aparelho multiparâmetros (marca YSI[®] modelo 556). A qualidade da água foi monitorada com base nas concentrações de amônia, nitrito, nitrato, fósforo total, sólidos suspensos totais e alcalinidade. Também, diariamente foram coletadas amostras para análises de amônia, a cada três dias para nitrito e uma vez por semana para nitrato, fósforo total e alcalinidade. As análises foram realizadas no Laboratório de Química da Estação Marinha de Aquicultura (EMA), as análises de amônia total seguiram metodologia descrita em UNESCO (1983), nitrito descrita em Bendschneider e Robinson (1952) e ortofosfato e nitrato por Aminot e Chaussepied (1983). A alcalinidade foi determinada seguindo a metodologia descrita em APHA (1998). Quando os níveis de amônia total ultrapassavam 1,0 mg L⁻¹ foram realizadas fertilizações orgânicas baseadas nas metodologias propostas por Avnimelech (1999) e Ebeling *et al.* (2006), para a conversão de nitrogênio em biomassa bacteriana, onde para cada 1,0 g de nitrogênio amoniacal total presente no sistema, são adicionadas 6,0 g de carbono.

Hargreaves (2006) sugere que a escolha da fonte de carbono deva levar em consideração principalmente sua disponibilidade local e o preço, a fim de evitar impactos no custo de produção. Pelo fato de termos em estoque, a fonte de carbono utilizada foi a dextrose. Também foi verificada a cada dois dias a transparência da água utilizando um disco de Secchi e a turbidez semanalmente com turbidímetro (marca Hach[®] modelo 2100P).

3.7. Análise dos Sólidos Suspensos Totais

O método de análise dos sólidos suspensos totais foi adaptado de Strickland & Parsons (1972), consistindo na filtração de 20 ml de amostras de água das unidades experimentais em filtros de membrana com 0,45 µm de porosidade e peso seco conhecido (previamente secos em estufa a 60 °C). Após a filtração em bomba a vácuo, os filtros foram retirados e colocados em placas de petri e deixadas em estufa a 60 °C por duas horas. Posteriormente, foram pesados em balança digital com precisão de quatro casas decimais (marca Sartorius, modelo Analytic AC 210S). O resultado foi obtido através da diferença entre o peso seco (mg) inicial e final do filtro e a extrapolação desse valor para um litro de água.

3.8. Desempenho zootécnico

Para o acompanhamento do desempenho zootécnico dos camarões e ajuste da quantidade de ração ofertada, foram realizadas biometrias quinzenais (dias 01, 15, 30 e 45). Para isto foram coletados 30 camarões aleatoriamente de cada unidade experimental. Os animais foram pesados individualmente e devolvidos ao seu

respectivo tanque. No final do experimento foi realizada a contagem de todos os animais a fim de estimar a sobrevivência e a biomassa final.

Para avaliar o desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* produzido em sistemas com diferentes níveis de bioflocos foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Sobrevivência (%) = (nº final de camarões/ nº inicial de camarões) x 100;
- Peso médio individual (g);
- Ganho em peso (g) = peso final – peso inicial;
- Taxa de crescimento específico (% dia⁻¹) = ((ln peso final – ln peso inicial)/tempo) x 100;
- Biomassa final (g);
- Conversão alimentar aparente (CAA) = quantidade de ração oferecida (g) / (biomassa final (g) – biomassa inicial (g));
- Produtividade = biomassa final x m⁻³

3.9. Análise estatística

Os parâmetros de qualidade de água e desempenho zootécnico nos diferentes tratamentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA – uma via), levando em consideração as premissas necessárias a sua aplicação. Os dados de sobrevivência foram transformados (arco-seno da raiz quadrada) antes de serem analisados (Sokal & Rohlf, 1969).

4. Resultados

4.1. Parâmetros de qualidade da água

Os valores médios das variáveis físicas e químicas da água durante o período experimental estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: Valores médios (\pm DP) das variáveis físicas e químicas registrados durante o cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos totais*.

	T1	T2	T3	T4	Controle
Temperatura (°C)	27,9 \pm 1,3	28,0 \pm 1,3	28,3 \pm 1,3	27,8 \pm 1,3	28,3 \pm 1,5
OD (mg L ⁻¹) ¹	5,8 \pm 0,5	5,8 \pm 0,5	5,7 \pm 0,5	5,7 \pm 0,5	5,7 \pm 0,6
Salinidade	37,2 \pm 3,1	37,9 \pm 3,3	38,1 \pm 2,9	38,2 \pm 2,6	36,5 \pm 1,9
pH	7,93 \pm 0,2 ^a	7,91 \pm 0,2 ^a	7,85 \pm 0,2 ^a	7,67 \pm 0,3 ^b	7,83 \pm 0,3 ^a
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	159 \pm 19,8 ^a	148 \pm 19,3 ^a	135 \pm 27,6 ^{a,b}	115 \pm 49,7 ^b	141 \pm 19 ^{a,b}
Transparência (cm)	18,0 \pm 2,5 ^a	15,1 \pm 4,0 ^b	14,0 \pm 2,6 ^b	10,0 \pm 2,7 ^c	11,6 \pm 5,0 ^c
Turbidez (NTU)	78,6 \pm 40,2 ^a	124,8 \pm 71,4 ^b	124,8 \pm 69,8 ^b	220,5 \pm 106,7 ^c	169,5 \pm 89,1 ^{b,c}
SST (mg L ⁻¹) ²	307 \pm 109 ^a	452 \pm 237 ^{a,b}	541 \pm 218 ^b	812 \pm 312 ^c	1079 \pm 589 ^c
VF (ml L ⁻¹) ³	10,8 \pm 7,6 ^a	51,9 \pm 66,5 ^{a,b}	58,2 \pm 68,1 ^b	150,8 \pm 155,7 ^c	113,5 \pm 159,2 ^c
Amônia total (mg L ⁻¹)	2,99 \pm 2,9	3,0 \pm 3,2	2,9 \pm 3,1	2,5 \pm 3,6	2,7 \pm 3,3
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,57 \pm 1,0 ^a	1,22 \pm 2,8 ^a	2,06 \pm 4,2 ^a	9,72 \pm 13,7 ^b	4,83 \pm 9,3 ^a
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,38 \pm 0,7 ^a	0,41 \pm 0,6 ^a	0,65 \pm 1,0 ^{a,b}	2,3 \pm 3,2 ^b	1,2 \pm 2,6 ^{a,b}
Fosfato (mg L ⁻¹)	0,60 \pm 0,6 ^a	0,40 \pm 0,3 ^a	0,66 \pm 0,6 ^a	1,68 \pm 1,7 ^b	0,71 \pm 0,3 ^a

*Linhas com letras diferentes sobrescritas indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

¹Oxigênio dissolvido.

²Sólidos suspensos totais.

³Volume do floco.

4.1.1. Temperatura

Durante o período experimental a temperatura média da água dos tratamentos oscilou entre 27,8 \pm 2,0 e 28,3 \pm 2,0 °C, entretanto não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$).

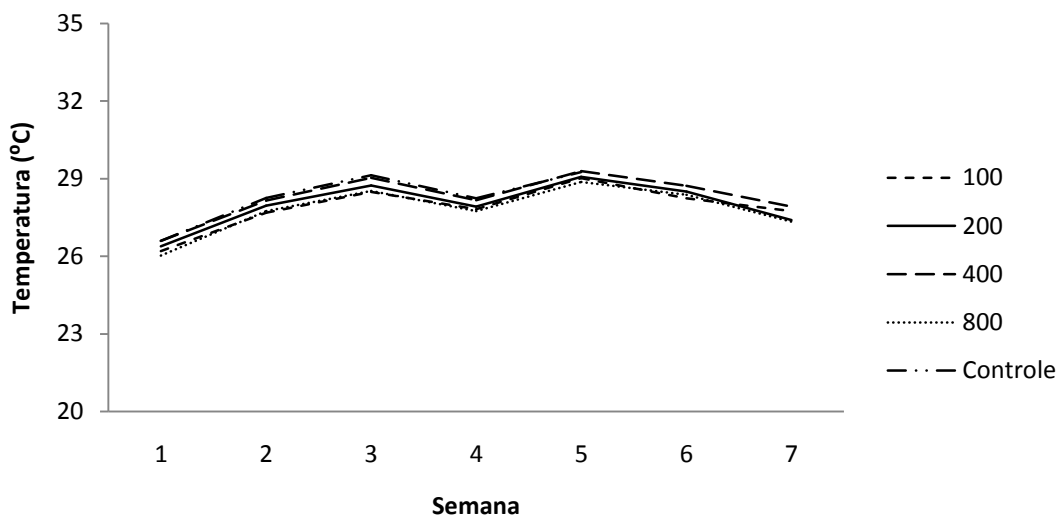


Figura 3: Variações de temperatura (°C) ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos.

4.1.2. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) não apresentou diferença estatística entre os tratamentos ($p > 0,05$), suas médias estiveram entre $5,7 (\pm 0,8)$ e $5,8 (\pm 0,7)$ mg L⁻¹.

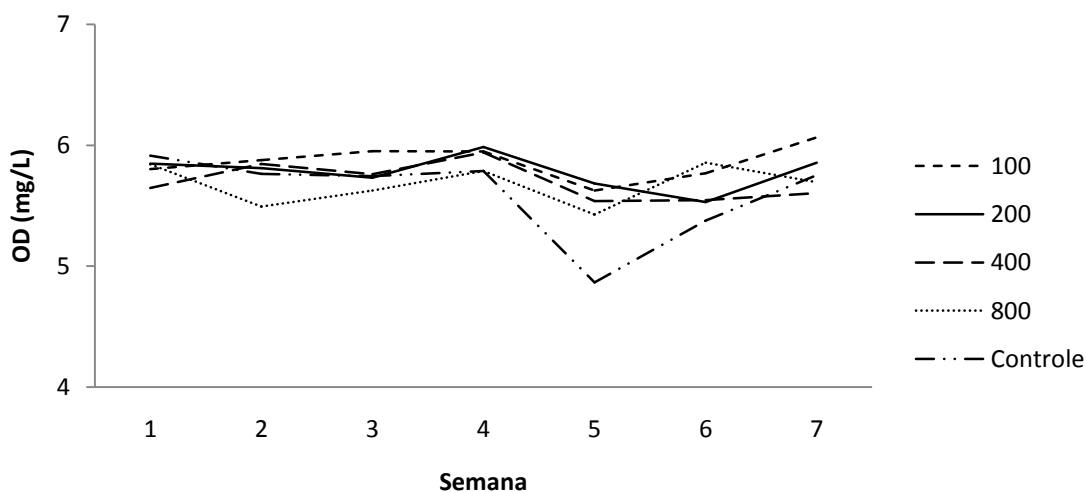


Figura 4: Variação do oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos.

4.1.3. Salinidade

As salinidades médias entre os tratamentos ficaram entre $36,7 \pm 3,1$ e $38,3 \pm 0,3$ (tabela 1). As variações da salinidade (figura 5) foram crescentes no decorrer do período experimental. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

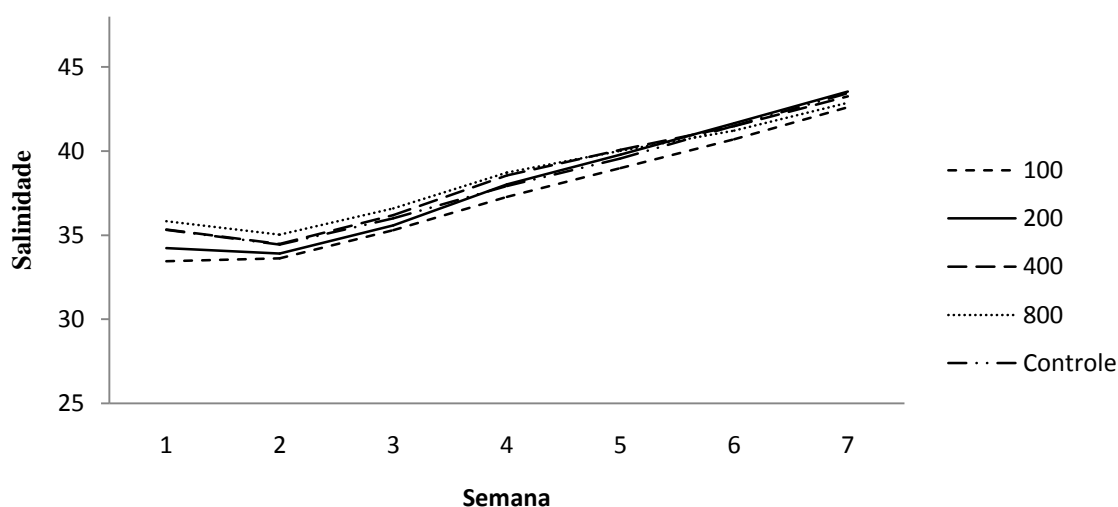


Figura 5: Variação da salinidade ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos.

4.1.4. pH

O pH não apresentou diferença estatística entre os tratamentos T1, T2, T3 e controle, porém, foram mais elevados estatisticamente ($p < 0,05$) do que o tratamento T4. As médias dos tratamentos T1, T2, T3 e controle permaneceram entre $7,83 \pm 0,3$ e $7,93 \pm 0,2$, sendo que o tratamento T4 foi $7,67 \pm 0,3$ (tabela 1). Os valores mínimos e máximos de pH da água no presente estudo foram de 6,67 e 8,34 respectivamente (figura 6).

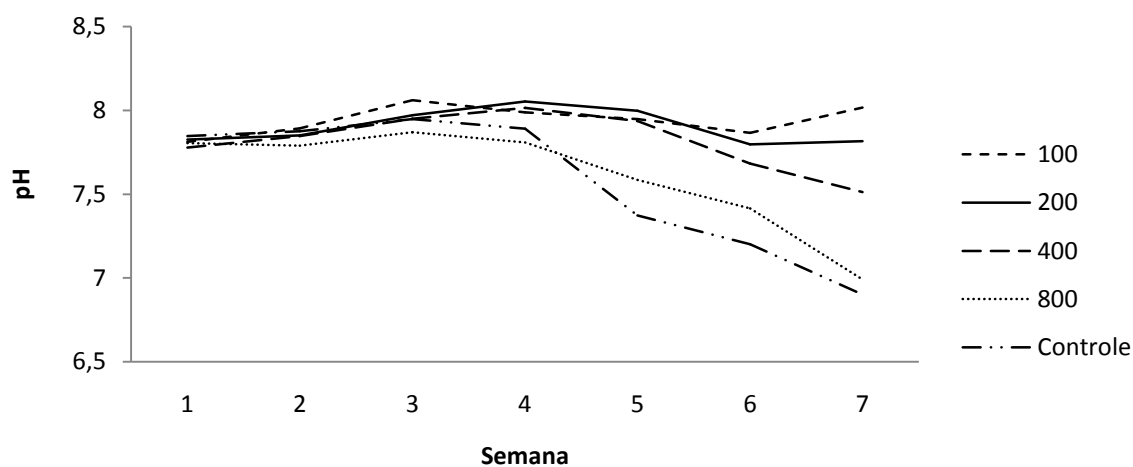


Figura 6: Variação do pH ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos.

4.1.5. Turbidez

Devido ao processo de clarificação, houve variação dos valores médios da turbidez entre os tratamentos durante o período experimental, como pode ser visualizado na Tabela 1. A turbidez foi estatisticamente menor no tratamento com menor concentração de sólidos suspensos. Os valores mínimos e máximos de turbidez obtidos neste estudo foram 31,6 (T1) e 386,7 (T4).

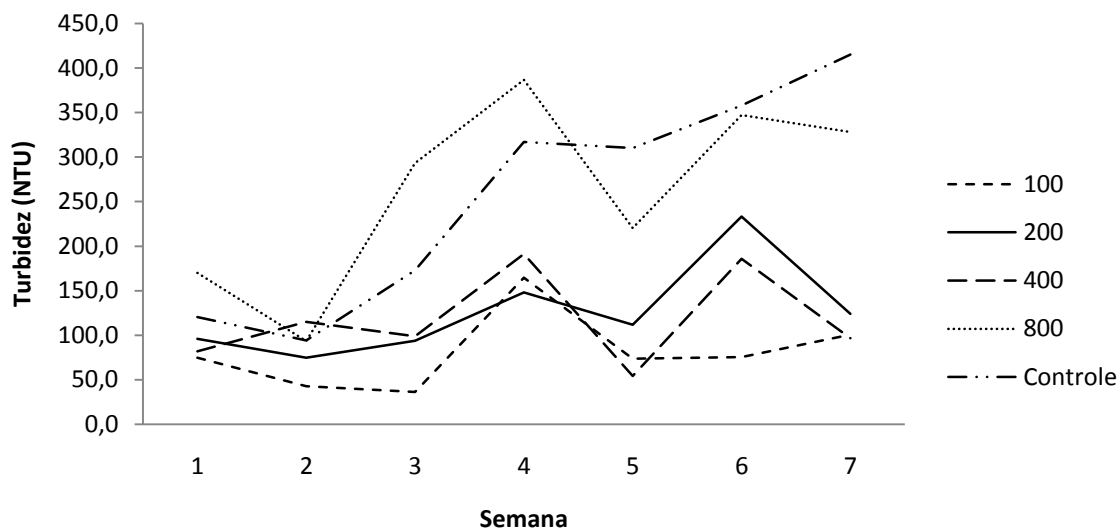


Figura 7: Variação da turbidez ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos.

4.1.6. Alcalinidade

A alcalinidade teve variações maiores entre os tratamentos a partir da terceira semana (Figura 8). Os tratamentos T4 e controle apresentaram valores médios significativamente menores que os tratamentos T1 e T2 ($p < 0,05$). Apesar desta diferença entre os dois grupos de tratamento, estes não diferiram estatisticamente do tratamento T3 ($p > 0,05$).

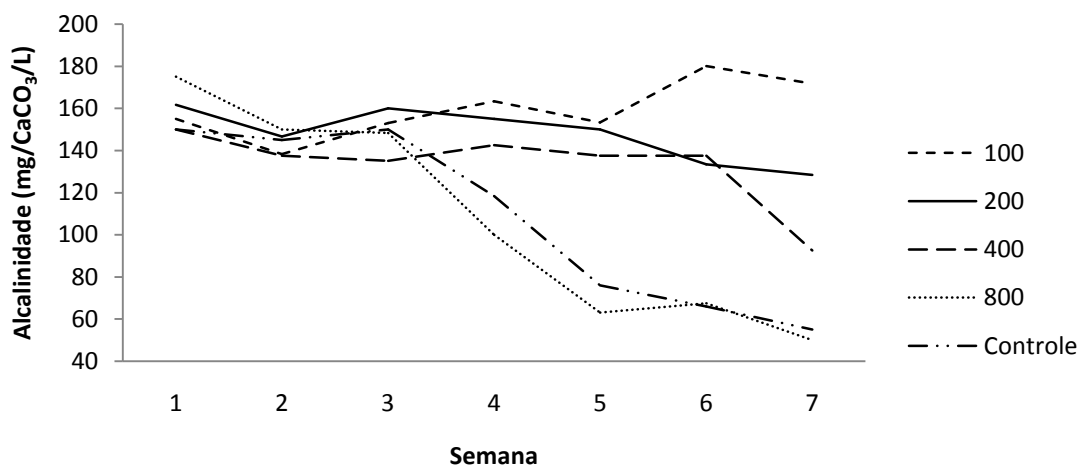


Figura 8: Variação da alcalinidade ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos.

4.2. SST e volume do floco (VF)

4.2.1 SST

Os tratamentos T1 e T2 não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) em relação as concentrações de SST, o mesmo aconteceu entre os tratamentos T2 e T3 que não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$) (tabela 1). Os tratamentos T4 e controle tiveram comportamento semelhante e diferentes estatisticamente em comparação aos demais tratamentos ($p < 0,05$). Na Figura 9 pode ser observada a variação dos níveis de SST no decorrer do experimento.

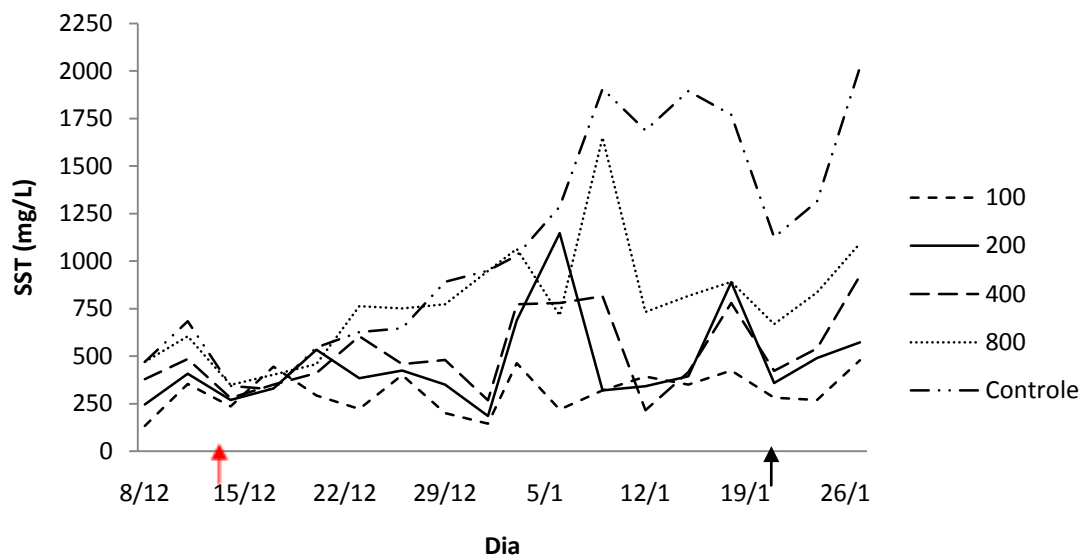


Figura 9: Variações das concentrações de sólidos suspensos totais (SST) ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos. A renovação e a reposição da água das unidades experimentais estão indicadas pelas setas vermelha e preta respectivamente.

4.2.2 Volume dos flocos (VF)

Comportamento semelhante aos níveis de SST foi observado com relação ao volume dos bioflocos. Os tratamentos T1 e T2 não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) entre si, o que também aconteceu com os tratamentos T2 e T3 que não diferiram estatisticamente. O tratamento 800 foi diferente estatisticamente em comparação aos demais tratamentos ($p < 0,05$). Na Figura 10 pode ser observada a variação do volume de SST do tratamento T3 antes e após o processo de clarificação.

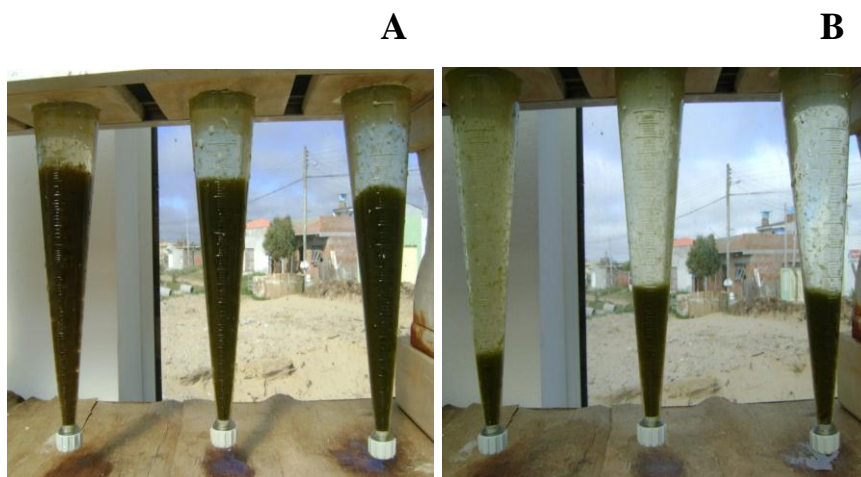


Figura 10: Volume do floco antes (A) e após clarificação (B) – tratamento T3.

4.3. Compostos Nitrogenados e Fosfato

4.3.1. Amônia

As concentrações de amônia total (Figura 11A) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). Os valores médios ficaram entre $2,5 \pm 3,6$ e $2,99 \pm 2,9 \text{ mgL}^{-1}$.

4.3.2. Nitrito

As concentrações de nitrito de todos os tratamentos foram crescentes ao longo do experimento (Figura 11B). Os tratamentos T1, T2, T3 e controle não diferiram estatisticamente entre eles ($p > 0,05$), porém, apresentaram médias significativamente menores do que o tratamento T4 ($p < 0,05$).

4.3.3. Nitrato

As concentrações de nitrato foram crescentes até a quarta semana, com redução até o final do experimento (Figura 11C), sendo que o tratamento T4 diferiu estatisticamente dos tratamentos T1 e T2 ($p < 0,05$).

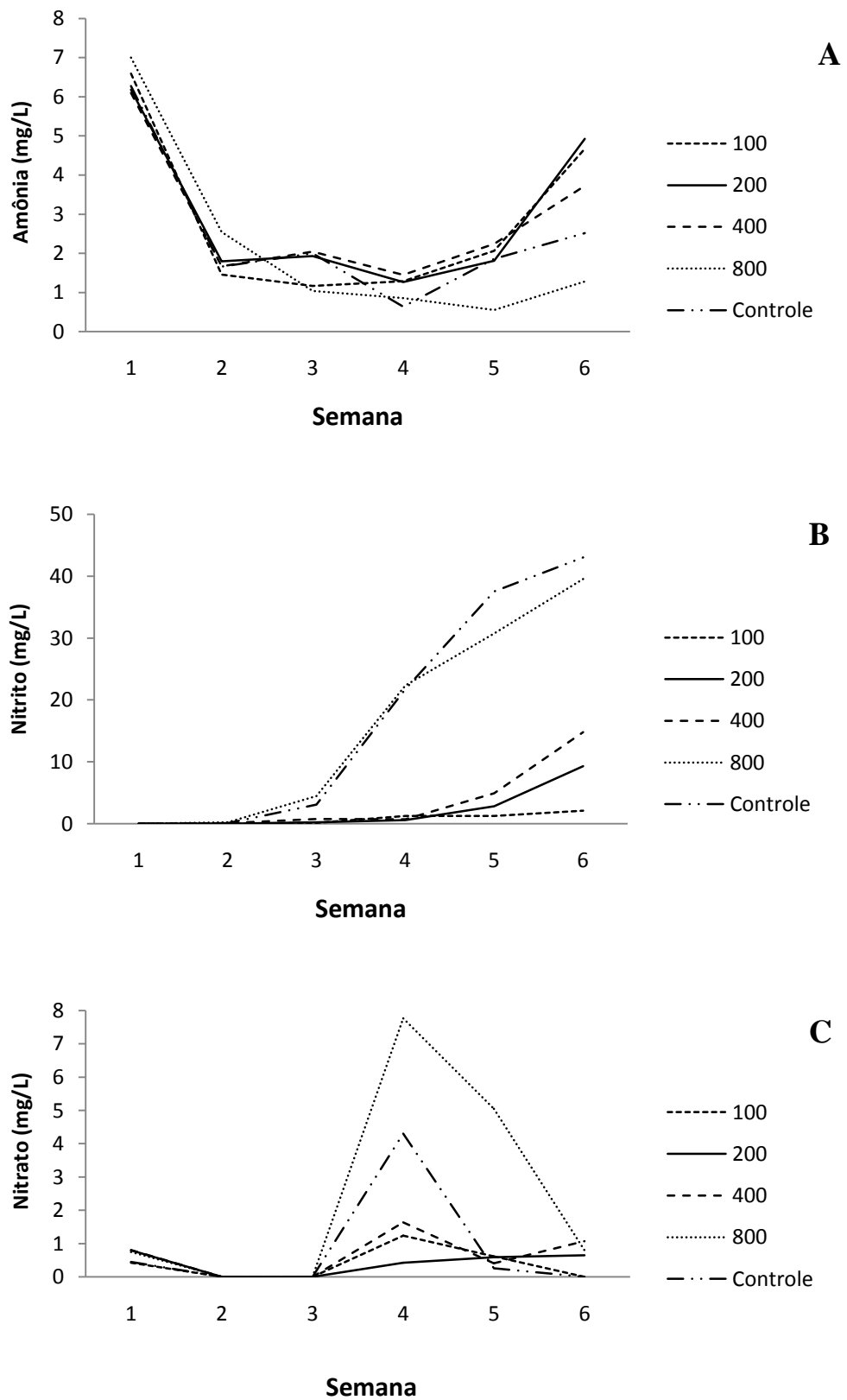


Figura 11: Variação das concentrações de amônia (A), nitrito (B) e nitrato (C) ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos.

4.3.4. Fosfato

O fosfato não apresentou diferença significativa entre os Tratamentos T1, T2, T3 e controle ($p>0,05$), porém, estes foram significativamente menores e diferiram estatisticamente do tratamento T4 ($p<0,05$).

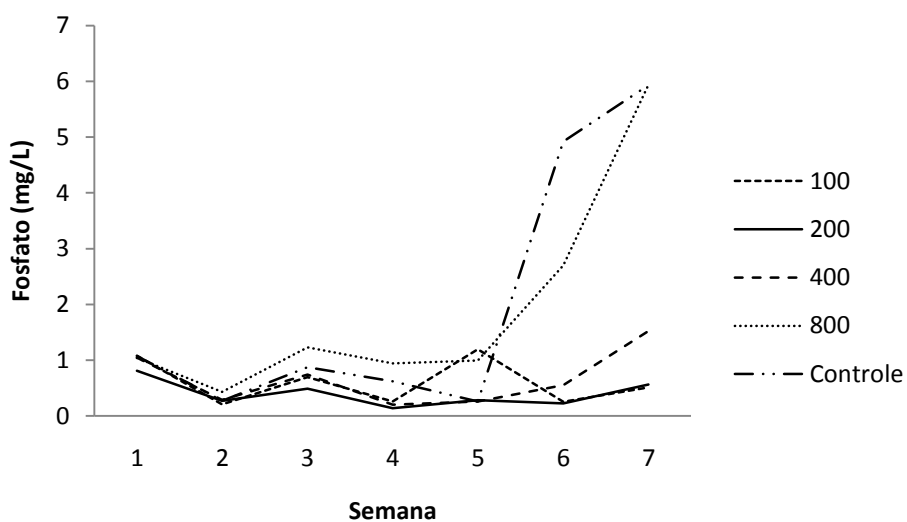


Figura 12: Variação das concentrações de fosfato ao longo do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em diferentes concentrações de sólidos suspensos.

4.4. Desempenho zootécnico

Os parâmetros relativos ao desempenho zootécnico dos juvenis de *L. vannamei* estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* produzido em diferentes concentrações de suspensos totais. Valores apresentados em média \pm desvio padrão¹.

Tratamento/ Parâmetros zootécnicos	T1	T2	T3	T4	Controle
Sobrevivência (%)	94,8 \pm 1,4 ^a	81,6 \pm 13,6 ^a	70,5 \pm 17,5 ^b	9,1 \pm 8,3 ^c	1,8 \pm 3,8 ^c
Peso médio final (g)	8,98 \pm 1,41 ^a	9,07 \pm 1,53 ^a	8,86 \pm 1,40 ^a	7,03 \pm 1,44 ^b	7,07 \pm 1,11 ^b
Ganho em peso (g)	4,44 \pm 0,16 ^a	4,53 \pm 0,33 ^a	4,32 \pm 2,55 ^a	1,65 \pm 89,3 ^b	0,84 \pm 89,9 ^b
Crescimento semanal (g)	0,69 \pm 0,03 ^a	0,7 \pm 0,09 ^a	0,67 \pm 0,31 ^a	0,26 \pm 0,5 ^b	0,13 \pm 0,61 ^b
TCE (% dia⁻¹) *	1,52 \pm 0,04 ^a	1,54 \pm 0,08 ^a	1,48 \pm 0,3 ^a	0,96 \pm 0,09 ^b	0,98 ^b
Biomassa final (kg)	2,72 \pm 0,61 ^a	2,37 \pm 0,42 ^a	2,00 \pm 0,51 ^a	0,31 \pm 0,1 ^b	0,12 ^b
CAA**	2,18 \pm 0,11 ^c	2,43 \pm 0,47 ^c	2,84 \pm 0,92 ^c	22,3 \pm 9,23 ^b	49,0 ^a
Produtividade (kg/m³)	3,17 \pm 0,71 ^a	2,78 \pm 0,49 ^a	2,33 \pm 0,6 ^b	0,234 \pm 0,11 ^c	0,140 ^c

¹Letras diferentes sobrescritas entre linhas indicam diferença estatística significativa ($p < 0,05$);

*Taxa de crescimento específica;

**Conversão alimentar aparente.

4.4.1 Sobrevivência

Os tratamentos T1 e T2 obtiveram melhores índices de sobrevivência e não apresentaram diferença estatística entre si ($p > 0,05$). Entretanto, seus resultados foram significativamente maiores do que os tratamentos T3, T4 e controle ($p < 0,05$).

A partir da terceira semana foram observadas mortes nos tanques dos tratamentos T4 e controle. Na quinta semana experimental todos os animais de uma das réplicas do tratamento T4, duas do tratamento controle e parte dos camarões da terceira réplica deste morreram. Esta mortalidade pode estar associada ao aumento contínuo do nitrito nestes tratamentos. Os tratamentos T4 e controle não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$), estas diferenças podem ser visualizadas na Figura 12A.

4.4.2. Peso médio

O peso médio individual apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) a partir do 30º dia (Figura 12 C). O peso médio final (Figura 12 B) dos camarões dos tratamentos T1, T2 e T3 não apresentaram diferença estatística entre eles ($p > 0,05$), mas foram significativamente maiores que os tratamentos T4 e controle ($p < 0,05$) (tabela 2).

4.4.3. Ganho em peso

O ganho em peso dos animais dos Tratamentos T1, T2 e T3 foram semelhantes estatisticamente ($p > 0,05$) e significativamente superiores ao T4 ($p < 0,05$) (tabela 2).

4.4.4. Taxa de crescimento específico (TCE)

Não houve diferença significativa entre os Tratamentos T1, T2 e T3 ($p > 0,05$) para a taxa de crescimento específica, porém, estes tratamentos tiveram melhores resultados e diferiram estatisticamente dos tratamentos T4 e controle ($p < 0,05$) (tabela 2).

4.4.5. Biomassa final

A biomassa final dos tratamentos T1, T2 e T3 não apresentaram diferença estatística significativa, mas foram significativamente superiores aos tratamentos T4 e controle ($p < 0,05$) (tabela 2).

4.4.6. Conversão alimentar aparente (CAA)

Os Tratamentos T1, T2 e T3 não apresentaram diferença estatística entre eles ($p > 0,05$), porém, apresentaram melhores resultados e diferiram estatisticamente dos tratamentos T4 e controle ($p < 0,05$) (tabela 2).

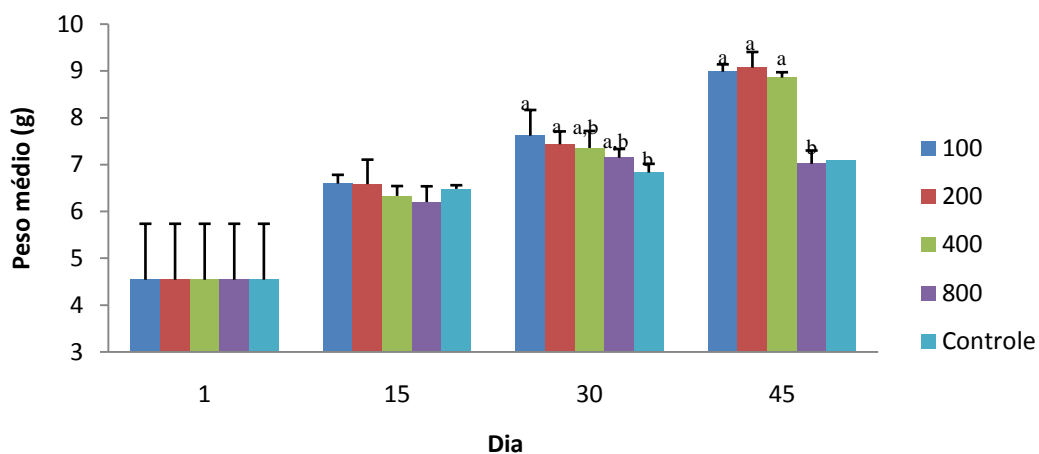


Figura 13: Peso médio dos juvenis de camarão *L. vannamei* produzidos em diferentes concentrações de SST.

4.4.7. Produtividade

Os Tratamentos T1, T2 obtiveram melhores índices de produtividade e não apresentaram diferença estatística entre eles ($p>0,05$) (tabela 2), porém, seus resultados foram significativamente superiores do que os tratamentos T3, T4 e controle ($p<0,05$). Os tratamentos T4 e controle não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$).

5. Discussão

A temperatura é de fundamental importância para o desempenho zootécnico dos camarões, pois o consumo alimentar e o crescimento estão diretamente relacionados a este parâmetro (Van Wyk e Scarpa, 1999). Durante o período experimental, a temperatura da água manteve-se dentro da faixa ótima para a espécie. Para Van Wyk e Scarpa (1999) a faixa ideal para a produção de *L. vannamei* estaria entre 28 e 32 °C,

valores próximos ao intervalo das médias entre os tratamentos obtidos no presente estudo.

Segundo Vinatea (2010) o oxigênio dissolvido (OD) deve ser considerado o parâmetro de qualidade da água de maior importância na aquicultura, sendo recomendado por Boyd (2000) níveis acima de 4,0 mg L⁻¹ para *L. vannamei*. Os valores médios de OD nos tratamentos estiveram dentro de níveis aceitáveis. O OD apresentou comportamento semelhante em todos os tratamentos até a 4^a semana, quando então passaram a ocorrer quedas diárias dos níveis nos tanques do tratamento controle, permanecendo essa redução gradual até a 5^a semana. Esta queda nos níveis de OD pode estar relacionada à concentração elevada de SST deste tratamento ocasionando o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (Paez-Osuma, 2003). Nos demais tratamentos (T1, T2, T3 e T4), o OD manteve o mesmo padrão ao longo do período experimental, não apresentando diferença significativa entre eles ($p > 0,05$). Apesar da queda dos níveis de OD do tratamento controle, este não diferiu estatisticamente dos demais. Os valores obtidos neste estudo estão dentro da faixa ideal para a espécie.

A salinidade média dos tratamentos esteve dentro do intervalo tolerável para a espécie (Van Wyk & Scarpa, 1999). Conforme Pillay (1990), o camarão da espécie *L. vannamei* suporta salinidades de 0 a 50. Entretanto, Vinatea (1997) sugere que a faixa ideal para a espécie seria de 15 a 25. Ainda, segundo este autor, as chuvas e a evaporação são os principais fatores que afetam a salinidade nas fazendas de produção de camarões. Neste estudo, ao longo do período experimental houve um aumento contínuo da salinidade, resultado da evaporação e da retirada do excesso de SST pelo processo de clarificação. Os valores mínimos e máximos de salinidade na água foram de 32,8 e 44,1 respectivamente.

A manutenção da alcalinidade em cultivos de *L. vannamei* é fator grande importância, pois minimiza as flutuações diárias do pH (Boyd & Tucker, 1998; Van Wyk e Scarpa, 1999). A alcalinidade funciona como um tampão capaz de manter o equilíbrio dos ácidos-base (Barbieri e Ostrensky, 2002). Van Wyk e Scarpa (1999) recomendam valores acima de $100 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ para *L. vannamei*, valor que está de acordo com o recomendado por Ebeling *et al.* (2006), que estaria entre 100 e 150 mg L^{-1} de CaCO_3 . No decorrer do experimento foi observado que os tratamentos com maiores concentrações de SST apresentaram uma queda gradual da alcalinidade (T3, T4 e controle), enquanto os tratamentos com menores concentrações de sólidos (T1 e T2) mantiveram-se mais estáveis e até mesmo apresentaram um incremento neste parâmetro ao longo do período experimental (T1). Os menores valores de alcalinidade obtidos nos tratamentos com maiores concentrações de SST estão de acordo com o reportado por McIntosh (2001) que observou uma redução da alcalinidade em sistemas com bioflocos. Ray *et al.* (2010) obtiveram alcalinidade significativamente maior (33 %) nos tanques com remoção dos sólidos em comparação aos tanques sem remoção. No presente estudo, foi observada uma diferença de 27 % entre o tratamento T1 em comparação ao T4. Ray *et al.* (2011) analisando a qualidade da água e o desempenho zootécnico do *L. vannamei* em dois níveis de SST (200 e 300 mg L^{-1}) não encontraram diferença significativa para a alcalinidade, porém, o tratamento com menor concentração de SST apresentou valores médios superiores em comparação ao tratamento com maiores concentrações de sólidos e sugere que pode ter havido uma pequena diferença. Apesar da diferença estatística ($p < 0,05$) encontrada, os valores médios de alcalinidade de todos os tratamentos estiveram dentro do recomendado para a espécie.

Van Wyk e Scarpa (1999) identificaram como sendo de 7,0 a 8,3 a faixa ideal de pH para a produção de *L. vannamei*. Entretanto, Wasielesky *et al.* (2006b) conseguiram sobrevivências de 98 % em um experimento que no estágio final atingiu pH 5,1. Porém, os autores enfatizam que pH abaixo de 7,0 afeta significativamente o crescimento e a conversão alimentar dos camarões. Valores menores de pH podem estar associados a respiração de microorganismos heterotróficos, acarretando aumento de CO₂ na água do cultivo (Wasielesky *et al.*, 2006b). No presente estudo, a remoção de partículas pode ter mantido o pH em valores maiores nos tratamentos com menor concentração de sólidos suspensos totais, por reduzir a taxas de CO₂ resultantes da respiração na coluna da água.

A amônia consiste em um subproduto do metabolismo dos animais e da decomposição da matéria orgânica que é realizada pelas bactérias (Vinatea, 1997). A concentração letal de amônia total e de amônia não-ionizada que causa a mortalidade de 50 % dos animais (LC 50) é 39,54 mg L⁻¹ e 1,60 mg L⁻¹ respectivamente (Lin & Chen, 2001).

As concentrações de amônia total ao longo do experimento não tiveram variações em função da remoção de sólidos suspensos. A redução deste composto em sistemas heterotróficos é devida a imobilização da amônia por bactérias heterotróficas, assim como sua conversão em nitrito e a nitrato, e assim o nitrogênio assimilado pelas bactérias neste processo é convertido em biomassa bacteriana (Ebeling *et al.*, 2006; Hargreaves, 2006). No entanto, os menores valores de nitrito e nitrato coincidiram com os tratamentos com as menores concentrações de sólidos suspensos totais, fato que pode ser explicado pela remoção de matéria orgânica disponível para o processo de nitrificação e, conseqüentemente, redução das concentrações de destes compostos nitrogenados (Ray *et al.* 2010). No presente estudo, os compostos nitrogenados não seguiram a rota de nitrificação comum em sistemas com bioflocos. Na primeira semana

do experimento houve um acelerado aumento nas concentrações de amônia em todos os tratamentos (8,32 a 14 mg L⁻¹), sendo necessário realizar a renovação de aproximadamente 40 % da água de todas unidades experimentais a fim de mantê-la em níveis toleráveis para a espécie. Esta renovação pode ter diminuído a quantidade de bactérias nitrificantes presentes no sistema e com a aplicação constante do processo de clarificação pode ter causado um desequilíbrio na comunidade microbiana da água dos tratamentos que foram clarificados, impossibilitando assim que ocorresse normalmente a nitrificação. Ray *et al.* (2011) sugerem que baixos níveis de SST podem não provir adequadamente o sistema com substratos para o desenvolvimento de uma comunidade bacteriana eficiente. No tratamento controle, que não foi clarificado, talvez a renovação no fim da primeira semana tenha retirado e prejudicado o estabelecimento de uma comunidade microbiana adequada, o que foi agravado pelo curto período de tempo restante até o final do experimento.

O comportamento do fosfato está relacionado com a constante entrada de nutrientes durante o cultivo. A decomposição da ração não consumida e a excreção dos organismos cultivados são a principal fonte de fósforo no sistema (Barak *et al.*, 2003). No presente estudo os diferentes níveis de sólidos não apresentaram diferenças ao longo do experimento.

Os tratamentos com controle das concentrações de sólidos suspensos totais no presente estudo apresentaram melhores parâmetros de qualidade de água e desempenho zootécnico. As concentrações médias mantidas com a clarificação reforçaram a importância dos níveis de segurança entre 200 e 500 mg L⁻¹, corroborando com os resultados obtidos por Samocha, (2007); Avnimelech, (2009); Gaona *et al.*, (2012). No entanto, dentro deste intervalo com concentrações menores, foi possível alcançar

melhor desempenho zootécnico, principalmente em sobrevivência, TCA e produtividade. Resultados semelhantes foram obtidos por Ray *et al.* (2010), os quais obtiveram melhor TCA e maior produtividade nos tratamentos com a remoção de sólidos. Samocha *et al.* (2007) obtiveram elevadas taxas de sobrevivência e TCA melhores em cultivo com concentrações de sólidos suspensos totais abaixo de 200 mg L⁻¹, porém com densidade de estocagem inferior a do presente estudo. Gaona *et al.* (2012) em cultivo durante o inverno em estufa, removendo sólidos suspensos para manter concentrações abaixo de 500 mg L⁻¹, alcançaram TCA melhor e produtividade menor em relação ao presente estudo.

Burford *et al.* (2003) relatam que estudos realizados em Belize evidenciaram que mais de 29 % do alimento consumido por *L. vannamei* pode ser provido pelos bioflocos do sistema. Jory (2001) e Tacon *et al.* (2002) concluíram que os flocos microbianos contém elevados níveis de proteína e outros importantes componentes que servem de suplemento a alimentação dos camarões. Wasielesky *et al.* (2006a) confirmam ao sugerir que o uso da produtividade natural da produção de camarões em sistemas com bioflocos serve como suplemento a alimentação dos animais, permitindo assim o uso de rações mais baratas, com menores níveis proteicos e conseqüentemente possibilitando uma redução nos custos de produção.

Com relação à sobrevivência, embora o tratamento T1 tenha obtido melhor desempenho, não diferiu estatisticamente do tratamento T2 ($p > 0,05$). O tratamento T3 obteve valor significativamente menor que T1 e T2 e maior que os tratamentos T4 e controle ($p < 0,05$). Ray *et al.* (2010) obtiveram sobrevivência média de 71 ± 8 % em tanques com níveis médios de SST que variaram de 453 ± 106 a 820 ± 135 mg L⁻¹ em densidade de estocagem de 460 camarões m⁻³. Wasielesky *et al.* (2006b) utilizando

densidade de estocagem de 300 camarões m^{-3} em sistema com bioflocos e alimentando estes animais com ração contendo 35 % de proteína bruta obtiveram sobrevivência média de 98 %. Ray *et al.* (2011) testando duas concentrações de bioflocos (200 e 400 $mg L^{-1}$) em densidade de estocagem de 250 camarões m^{-3} obtiveram sobrevivência média de $49,7 \pm 3,1\%$ para o tratamento com menor nível e $49,4 \pm 5,9\%$ para o tratamento com maior nível de SST, em 13 semanas de experimento. Neste estudo, os tratamentos T1 e T2 obtiveram valores médios de $94,76 \pm 1,42$ e $81,56 \pm 13,55$ % de sobrevivência, respectivamente.

O ganho em peso não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) para os tratamentos T1, T2 e T3, contudo, estes valores foram significativamente maiores ($p<0,05$) que os obtidos nos tratamentos T4 e controle. O tratamento T2 obteve o melhor ganho em peso ($4,53 \pm 0,33 g^{-1}$) obtendo um crescimento semanal de $0,7 \pm 0,09 g^{-1}$. Este valor foi menor que o obtido por Ray *et al.* (2010) em tanques com níveis de SST semelhantes ($453 \pm 106 mg L^{-1}$ e 452 ± 237 neste trabalho) onde obteve $0,89 \pm 0,03 g$ semana⁻¹. McAbee *et al.* (2003) utilizando densidades de estocagem de 300 camarões m^{-2} obtiveram crescimento de 1,44 grama semana⁻¹, valor bem acima dos obtidos no presente trabalho.

Não houve diferença estatística ($p>0,05$) entre os tratamentos T1, T2 e T3 para a biomassa final, porém, T1 obteve valor relativamente maior que os demais. Os tratamentos T4 e controle não diferiram entre si ($p>0,05$), mas foram diferentes dos demais tratamentos ($p<0,05$).

Ray *et al.* (2011) testando dois níveis de SST obteve a melhor TCA de $1,95 \pm 0,54$ no tratamento com menor nível de SST. No presente estudo a melhor TCA obtida foi de $2,18 \pm 0,11$ no tratamento com menores níveis de SST (T1 ($307 \pm 109 mg L^{-1}$)).

6. Conclusão

O controle das concentrações de sólidos suspensos totais na produção do camarão *L. vannamei* em sistema BFT demonstraram excelentes resultados. A remoção de sólidos suspensos totais no presente estudo melhorou os parâmetros de qualidade da água e proporcionou maior produtividade em densidade de estocagem de 372 camarões m^{-3} .

Os tratamentos com níveis abaixo de 500 mg L^{-1} de SST apresentaram os melhores resultados em todos os parâmetros zootécnicos.

Para maiores esclarecimentos sobre a influência das concentrações de sólidos suspenso totais na qualidade da água e no desempenho zootécnico da produção do camarão *L. vannamei* em sistema BFT, outros estudos devem ser feitos utilizando concentrações mais baixas e estáveis do que as obtidas no presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, PR. 1998. Atividade pesqueira no Brasil: política e evolução. Tese de Doutorado. ESALQ/USP, Piracicaba, SP

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), 1995. Standart methods for the examination of water and wastewater. 19th Edition. Washington, D. C.

AMINOT, A & M CHAUSSEPIED. 1983. Manuel des analyses chimiques em milieu marin. Brest: CNEXO. 395p.

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

AVNIMELECH, Y. 2002. Estanques con suspension ativada. Sistemas de re-uso microbiano. *Boletín Nicovita*, v. 7, p. 01.

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. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.

BALLESTER, ELC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L ABREU, & W 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*, v. 1, 163-172.

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

BARBIERI JUNIOR, RC & A OSTRENSKY NETO. 2002. Camarões marinhos: engorda. Ed. Aprenda Fácil, Viçosa.

BENDSCHNEIDER, K. & RJ ROBINSON. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 87-96.

BEVERIDGE, M. 1991. *Cage aquaculture*. Oxford: Fishing News Books, 351 p.

BOYD, CE, & CS TUCKER. *Pond aquaculture water quality management*. Boston: Kluwer, 1998. 700p.

BOYD, CE. 2000. *Water quality, an introduction*. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA.

BOYD, CE. & JW CLAY. 2002. "Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: 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 pages.

BRATVOLD, D, & CL BROWDY. 2001. Effects of sand and vertical surfaces (AquamatsTM) on production, water quality and a microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture*, 195, 81-94.

BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN, & DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219, 393-411.

BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN, & DC PEARSON. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange system. *Aquaculture*, 232, 525–537.

CUZON, G, A LAWRENCE, G GAXIOLA, C ROSAS, & J GUILLAUME. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235, 513-551.

EBELING, JM, MB TIMMONS, & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257, 346-358.

EMERENCIANO, MGC, W WASIELESKY, RB SOARES, ELC BALLESTER, EM IZEPPI, & RO CAVALLI. 2007. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 29, 1-7.

EMERENCIANO, M. 2009. Effect of two different diets fish meal based and organic plant based diets in *Litopenaeus Setiferus* earlier post-larvae culture under biofloc, green-water and clear-water conditions. In: *World Aquaculture 2009*, Abstracts. September 25-29, Veracruz, México. p.261.

FAO 2009. Shrimp fisheries under scrutiny. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 29/04/11.

GAONA, CAP, LH POERSCH, D KRUMMENAUER, GK FOES, & W WASIELESKY. 2012. (In press). 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*, Vol. 12.

HARGREAVES, J. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34, 344–363.

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, C.L. and Jory, D.E.. The new wave, proceedings of the special session on sustainable shrimp culture. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, p. 104-152.

KRUMMENAUER, D, RO CAVALLI, ELC BALLESTER, & W WASIELESKY. 2010. Feasibility of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or a double CROP management strategy in earthen ponds. *Aquaculture Research*, 41, 240–248.

LEFFLER, JW, AJ RAY, BL LEWIS, JA VENERO, L VINATEA, A SHULER, & CL BROWDY. 2009. Effects of an organic certifiable plant-based diet in conjunction with solids removal on the production of shrimp *Litopenaeus vannamei* in minimal exchange superintensive biofloc systems. In: *World Aquaculture 2009*, Abstracts. September 25-29, Veracruz, México. p.695.

LIN, Y, & J CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259, 109–119.

MCABEE, BJ, CL BROWDY, RJ RHODES, & AD STOKES. 2003. The use of greenhouse enclosed raceway systems for the superintensive production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the United States. *Global Aquaculture Advocate*, 6 : (4) 40-43.

MCINTOSH, RP. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: 3. Pond design and operation considerations. *Global Aquaculture Advocate*, 3. 42-45.

MCINTOSH, RP. 2001. Changing paradigms in shrimp farming. V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. *The Global Aquaculture Advocate*, 4(1): 53-58.

PÁEZ-OSUNA, F. 2001. The Environmental Impact of Shrimp Aquaculture: Causes, Effects, and Mitigating Alternatives. *Environmental Management*, 28: 131-140.

PÁEZ-OSUNA, F. A GRACIA, F FLORES-VERDUGO, LP LYLE-FRITCH, R ALONSO-RODRÍGUEZ, A ROQUE, & AC RUIZ-FERNÁNDEZ. 2003. Shrimp aquaculture and the environment in the Gulf of California ecoregion. *Marine Pollution Bulletin*, v 46, 806-815.

PILLAY, TVR. 1990. Aquaculture: Principles and practices. Fishing News Books, A Division of Blackwell Publishing Ltd. Oxford.

RAY, AJ, BL LEWIS, CL BROWDY, & JW LEFFLER. 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture*, 299 (2010) 89–98.

RAY, AJ, KS Dillon, & JM Lotz. 2011. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering*, 45, 1 27– 136.

SAMOCHA, TM, A LAWRENCE, CR COLLINS, CR EMBERSON, JL HARVIN, & PM VAN WYK. 2001. Development of integrated, environmentally sound, inland shrimp production technologies for *Litopenaeus vannamei*. In: Browdy, C.L., Jory, D.E. (Eds.), *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, 64-75.

SAMOCHA, TM. 2004. Heterotrophic intensification of pond shrimp production. *In: Fifth International Conference on Recirculating Aquaculture*. Roanoke, p. 40-48.

SAMOCHA, TM, S PATNAIK, M SPEED, A ALI, JM BURGER, RV ALMEIDA, Z AYUB, M HARISANTO, A HOROWITZ, & DL BROCK. 2007. Use of molasses as source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*. v. 36, p. 184-191.

SOKAL, RR. & FJ ROHLF. 1969. Biometry. Principle and practices of statistics in biological research. W. H. Freeman & Co, 776p.

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

TACON, AGJ, JJ CODY, LD CONQUEST, S DIVAKARAN, IP FORSTER, & OE DECAMP. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*, 8, 121–137.

UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France.

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, pp. 128–138.

VINATEA, L. 1997. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 1ª ed. Florianópolis: UFSC.

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 super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. *Aquacultural Engineering*, 42, 17–24.

WASIELESKY, W, HI ATWOOD, A STOKES, CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258, 396-403.

WASIELESKY, W, HI ATWOOD, A STOKES, CL BROWDY. 2006a. Efeito do pH na sobrevivência e crescimento do camarão-branco *Litopenaeus vannamei* em cultivos superintensivos. Livro de Resumos AquaCiência 2006. Bento Gonçalves – RS, Brasil.