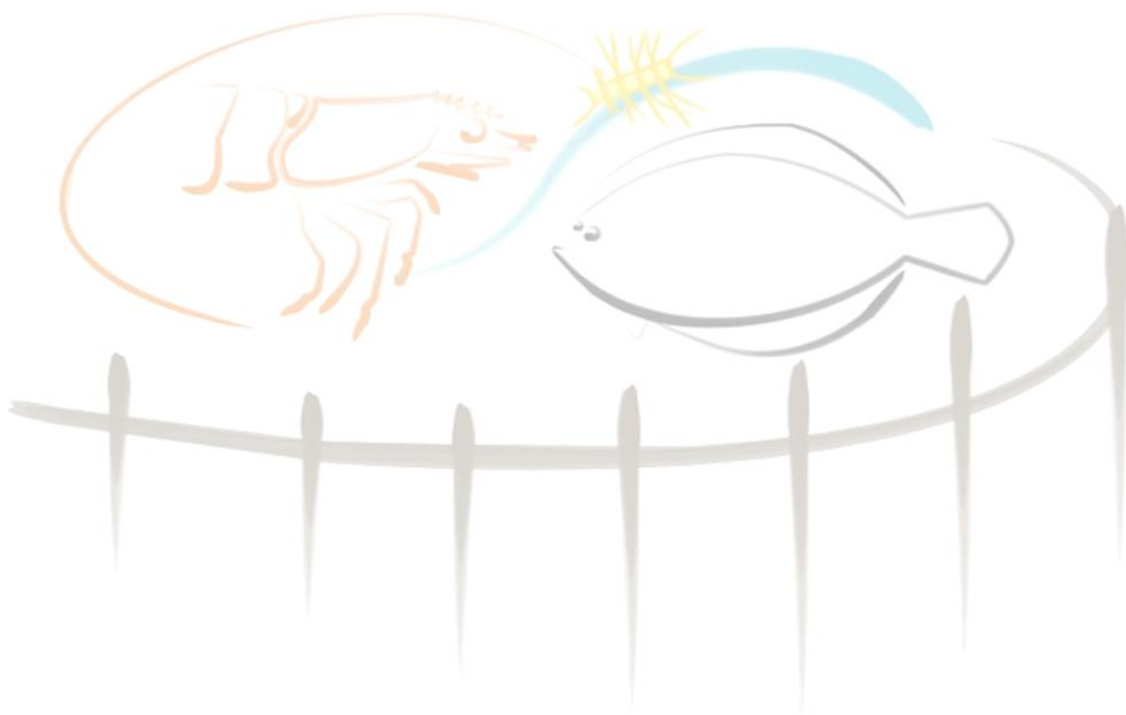




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**



**UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS PERIÓDICAS DE
FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA INICIAL EM VIVEIROS REVESTIDOS, NA
FASE DE ENGORDA DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*
(BOONE, 1931), EM SISTEMA COM BIOFLOCOS.**

Rio Grande, RS

2019

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

**UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS PERIÓDICAS DE
FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA INICIAL EM VIVEIROS REVESTIDOS, NA
FASE DE ENGORDA DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*
(BOONE, 1931), EM SISTEMA COM BIOFLOCOS.**

Rodrigo González Zúñiga

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Kipper Fóes

Co-Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior

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.

Rio Grande, RS

Fevereiro 2019

ÍNDICE:

DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	8
OBJETIVOS	11
MATERIAL E MÉTODOS	12
RESULTADOS	15
DISCUSSÃO	27
CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

DEDICATÓRIA

Este trabajo de maestría está dedicado completamente a mi madre Rosalba Zúñiga Aguilar y mi padre Gerardo González Hernández, sigan cosechando frutos, los amo.

AGRADECIMENTOS:

Tenho a honra de ter sido aceito para uma pós-graduação no país como o Brasil que, como o México, as pessoas de boas-vindas de braços abertos, espero contribuir com conhecimento e trabalho para o seu crescimento imparável, muito obrigado;

Aos meus pais, Rosalba Zúñiga Aguilar e Gerardo González Hernandez; e as minhas irmãs, Linda e Mariana, pelo amor e carinho; sempre juntos, sempre cinco;

Aos meus amigos Adrian, Ariel, Daniel, Luis, Marco e Rodrigo, amigos de vida.

Ao meu Orientador e pai no Brasil, Doc. Prof. Geraldo Foès, por estes dos anos de amizade, orientação e ensinamentos de carnicultura e conselhos na vida;

Ao Doc. Prof. Wilson Wasielesky, pela co-orientação, por sempre incentivas a irmos adiante e pelo apoio à realização deste trabalho, obrigado pela abertura para trabalhar no Projeto Camarão;

Ao Doc. Prof. Dariano Krummenauer pelas importantes sugestões que contribuíram para o desenvolvimento da dissertação e sua sempre disponibilidade;

À banca examinadora pelas observações e contribuições para melhoria dessa dissertação, Dr. Prof. Carlos Gaona agradeço a disponibilidade para viajar e ser parte da banca, ao Dr. Prof. Luís Poersh "Mineiro" pela amabilidade e atenção desde meu processo para fazer a prova seletiva do mestrado, para mi é um grande honor tê-lo em minha banca, obrigado;

Ao Dr. Prof. Paulo Abreu, por abrirem as portas do laboratório para os análises de microrganismos e por todo o suporte para os análises;

Ao Dr. Julio e o Dr. Alexandro pela grande contribuição durante a realização dos experimentos, sua ajuda foi fundamental;

Ao meu Professor é amigo Dr. Manuel Valenzuela obrigado pelos conselhos de vida que fizeram que chegara até o mestrado no Brasil kkkk;

Ao Sandro pelo auxílio nas análises químicas da água de cultivo;

Ao Sr.Hermes pelas dicas no manejo dos viveiros, ao Django, pela sempre disponibilidade do apoio técnico-elétrico das instalações, os dois parte fundamental no funcionamento e realização de muitos experimentos na estação, obrigado;

Ao Projeto Camarão pela disponibilização das instalações necessárias para realização dessa dissertação;

Ao programa de Pós-Graduação em Aquicultura e a equipe de professores da EMA, que somaram muito na minha formação profissional;

Aos órgãos de fomento CAPES, CNPq, FAPERGS e FINEP pela concessão das bolsas e pelos recursos concedidos que possibilitam a execução da ciência no Brasil;

Um especial agradecimento aos nossos apoiadores Guabi, Trevisan, AllAqua, Inve e Aquatec pelo suporte e apoio irrestrito em todas as etapas deste trabalho, que são indispensáveis para realização das nossas pesquisas.

Às grandes amizades que fiz na EMA, Victor, Gabriel, Yun, Lucas Maltez tmj;

Aos colegas e estagiários que colaboraram na execução do experimento nos viveiros já que é impossível trabalhar nos viveiros sem um equipo top, obrigado: Bruno Medeiros, Paula Gisler, Leandro Prates, Helly Junior e Otavio Santos, valeu;

Aos colegas da pós-graduação pelos ótimos momentos de retroalimentação acadêmica e também pelas festas;

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho e que não foram citadas;

Agradeço a virgem de Guadalupe, pelas bênçãos.

1 RESUMO

2

3 A fertilização orgânica induz o estabelecimento de microrganismos que
4 contribuem na boa qualidade da água, fonte de alimentação e aumento da sobrevivência
5 do organismo alvo de cultivo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência no
6 desenvolvimento da comunidade microbiana e o efeito no desempenho zootécnico na
7 fase de engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos
8 com duas diferentes estratégias de fertilização orgânica inicial. O delineamento
9 experimental consistiu em dois tratamentos com quatro repetições. Tratamento B3: a
10 fertilização inicial foi feita durante três dias antes do povoamento. Tratamento B30: a
11 fertilização inicial realizada durante 30 dias antes do povoamento. Foram estocados
12 juvenis ($1,73 \text{ g} \pm 0,9$) em oito viveiros de 600 m^2 na densidade de 75 camarões m^2 . Os
13 camarões foram alimentados duas vezes por dia com ração comercial contendo 38 % de
14 proteína bruta (Guabi®), seguindo tabela de alimentação e observações diárias do
15 consumo alimentar, além de que foram monitorados parâmetros físico e químicos da
16 água ao longo de treze semanas de experimento (91 dias). Foram coletadas amostras de
17 água para análises de comunidade microbiana. Foi observada diferença significativa
18 para resultados de desempenho zootécnico entre os tratamentos B3 e B30 ($P < 0,05$) para
19 sobrevivência ($69,13 \% \pm 7,96$ e $78,76 \% \pm 1,34$, respectivamente) e produtividade ($5,80$
20 $\text{ton/ha} \pm 0,78$ e $6,84 \text{ ton/ha} \pm 0,14$, respectivamente). Enquanto o tratamento B30 obteve
21 maior peso final ($11,58 \text{ g} \pm 0,44$) e menor conversão alimentar aparente ($1,51 \pm 0,01$).
22 Ambos os tratamentos apresentaram uma maior quantidade de clorofíceas em relação às
23 cianobactérias e ao longo do período de cultivo no tratamento B30 houve maior
24 abundância de microrganismos tais como rotíferos, ciliados, flagelados, amebas e até o
25 meio do período experimental a presença de nematódeos. A partir dos resultados
26 alcançados foi possível concluir que o uso de fertilização inicial ao longo de 30 dias
27 antes do povoamento é uma melhor opção para o desenvolvimento da comunidade
28 microbiana e também eficaz para evitar concentrações elevadas de cianobactérias,
29 proporcionando melhor qualidade de água ao longo do cultivo.

30

31

32

1 Palavras-Chave: Camarão branco do pacífico, BFT, Fertilização orgânica,
2 sistema intensivo

3 **ABSTRACT**

4 Organic fertilization induces the establishment of microorganisms that
5 contribute to water quality, feed source and increased survival of the target organism.
6 The objective of the present work was to evaluate the efficiency in the development of
7 the microbial community and the effect on the zootechnical performance in the
8 fattening phase of the marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system with
9 two different strategies of initial organic fertilization. The experimental design consisted
10 of two treatments with four replicates. Treatment B3: Initial fertilization was done for
11 three days prior to settling. Treatment B30: initial fertilization performed for 30 days
12 prior to storage. Juveniles ($1.73 \text{ g} \pm 0.9$) were stored in eight 600 m^2 nurseries at density
13 of 75 m^{-2} shrimp. The shrimp were fed twice a day with commercial feed containing
14 38% crude protein (Guabi®), following feeding table and daily observations of food
15 consumption, and physical and chemical parameters of the water were monitored during
16 the thirteen weeks of experiment (91 days). Water samples were collected for microbial
17 community analysis. A significant difference was observed for the performance of the
18 treatments B3 and B30 ($P < 0.05$) for survival ($69.13\% \pm 7.96$ and $78.76\% \pm 1.34$,
19 respectively) and productivity ($5.80 \text{ ton / ha} \pm 0.78$ and $6.84 \text{ ton / ha} \pm 0.14$,
20 respectively). While the B30 treatment obtained higher final weight ($11.58 \text{ g} \pm 0.44$)
21 and lower apparent feed conversion (1.51 ± 0.01). Both treatments had a higher amount
22 of chlorophytes than the cyanobacteria and during the B30 treatment period there was a
23 greater abundance of microorganisms such as rotifers, ciliates, flagellates, amoebae and
24 until the middle of the experimental period the presence of nematodes. From the results
25 obtained it was possible to conclude that the use of initial fertilization during the 30
26 days before settlement is a better option for the development of the microbial
27 community and effective to avoid high concentrations of cyanobacteria, providing better
28 quality of water throughout the culture.

29
30
31
32
33
34

Keywords: Pacific White Shrimp, BFT, Organic Fertilizer, Intensive System

1

2 1. INTRODUÇÃO

3

4 Em 2016, a produção mundial da aquicultura, totalizou 110,2 milhões de
5 toneladas, com valor estimado em US\$ 243.500.000,00. Do total produzido 7,16 %
6 foram crustáceos, com um valor econômico de 25% do valor total. Os camarões
7 marinhos predominam na produção total de crustáceos, sendo o camarão branco do
8 Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, que constitui 53% da produção, no total de 64 espécies
9 diferentes de crustáceos (FAO, 2018).

10 A produção de camarões marinhos durante a década de 1980 era baseada em
11 sistemas extensivos, com grandes viveiros escavados, baixa densidade de estocagem,
12 sem fornecimento de aeração artificial complementar e pouca ou nenhuma fertilização ou
13 alimentação suplementar (Tacon, 2002). Nas últimas décadas, os sistemas semi-
14 intensivos (densidades de estocagem até 45 camarões m⁻²) tornaram-se mais comuns,
15 baseados na troca contínua de água durante a fase de engorda, a fim de evitar
16 deterioração na qualidade de água, principalmente devido ao acúmulo de compostos
17 nitrogenados e na consequente perda de desempenho dos animais (Burford *et al.*, 2003,
18 Fróes *et al.*, 2012).

19 Sistemas intensivos de produção aquícola são caracterizados pelo adensamento
20 dos organismos e acréscimo de fornecimento de insumos. Esta combinação aumenta a
21 concentração dos compostos nitrogenados, fosfatados e matéria orgânica no ambiente
22 de cultivo, além dos efluentes dos viveiros, que se lançados sem tratamento, aumentam
23 a deterioração ambiental dos corpos receptores (Muhlert *et al.*, 2013). Portanto,
24 atividades de produção intensiva que visem diminuir os impactos ambientais tornam-se
25 necessárias. Neste contexto, podemos destacar a utilização do sistema de cultivo com
26 bioflocos (Biofloc Technology System – BFT), o qual possui renovação limitada de
27 água ou mesmo sem renovação de água. Ao mesmo tempo, os nutrientes podem ser
28 continuamente reciclados e reutilizados, já que a remoção de compostos nitrogenados
29 da água está associada com o crescimento de biomassa microbiana (Krummenauer *et*
30 *al.*, 2011). O crescimento das comunidades microbianas é manipulado com objetivo de
31 controlar as altas concentrações de amônia, a qual é liberada principalmente pelos
32 organismos cultivados. A amônia pode ser absorvida por microalgas, bactérias
33 heterotróficas ou transformada por bactérias nitrificantes (Ebeling *et al.*, 2006). Outra

1 importante vantagem é que os bioflocos também podem servir de alimento para as
2 espécies cultivadas (Schryver *et al.*, 2008). Além das algas e bactérias, agregados de
3 matéria orgânica, protozoários, rotíferos e nematóides compõem os bioflocos
4 (Hargreaves, 2006; Wasielesky *et al.*, 2006; Avnimelech, 2009). Outras características
5 desse sistema de cultivo são as elevadas densidades de estocagem, elevada entrada de
6 matéria orgânica, intensa aeração e baixa ou nenhuma renovação de água (Browdy *et*
7 *al.*, 2001).

8 De acordo com Ebeling *et al.* (2006), em cultivos intensivo de camarões existem
9 três possíveis processos de conversão de amônia: via bactérias quimioautotróficas
10 (nitrificantes), via bactérias heterotróficas e a via fotoautótrofica através de microalgas.
11 As bactérias quimioautotróficas são aquelas que obtêm sua energia a partir de
12 compostos inorgânicos, consumindo carbono inorgânico (carbonatos). O sistema de
13 bioflocos requer a adição de vários compostos para manter a alcalinidade na
14 concentração ideal e prevenir reduções de pH. Características importantes do processo
15 de nitrificação quimioautotrófica são desenvolvimento lento destes organismos e a
16 sensibilidade às mudanças de pH, alcalinidade e oxigênio dissolvido. Entretanto, são as
17 mais eficientes nos processos de nitrificação.

18 A remoção de amônia por bactérias heterotróficas é um processo onde há grande
19 formação de biomassa bacteriana. Geralmente é necessária a suplementação de carbono
20 orgânico (por exemplo: melão, farinha de arroz, dextrose, etc.) para desenvolvimento
21 destas bactérias heterotróficas. O tempo para geração de biomassa bacteriana
22 heterotrófica é rápido em comparação com as bactérias autotróficas (Ebeling *et al.*,
23 2006).

24 A via fotoautótrofica utiliza a conversão de amônia e nitrato, juntamente com
25 fósforo e CO₂ (fonte principal de carbono inorgânico) para síntese de biomassa
26 fitoplantônica, sendo requerida para isso a energia solar. Uma das principais
27 desvantagens do sistema fotoautotrófico em relação aos demais são as variações diárias
28 de oxigênio, pH e amônia. Outra desvantagem é a grande quantidade de biomassa
29 produzida [15,85 g de Sólidos Suspensos Voláteis (VSS) g⁻¹ de N] (Ebeling *et al.*,
30 2006).

31 Podemos classificar o fitoplâncton em grupos desejados, devido ao seu valor
32 nutricional e seu efeito positivo na qualidade da água e grupos não desejados, devido ao
33 seu baixo valor nutricional e efeito deletério na qualidade da água (produção de toxinas)
34 (Smith *et al.*, 2008). As cianobactérias são microrganismos primitivos fitoplantônicos

1 que têm a fotossíntese como principal forma de obtenção de energia e possuem a
2 capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (Roset *et al.*, 2001). Ambientes com pH
3 entre 6 e 9, temperaturas a partir de 20 °C, salinidades entre 7 a 30 e elevada intensidade
4 luminosa favorecem seu aparecimento e desenvolvimento (Silveria, 2017). As
5 cianobactérias preferem elevada concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e
6 fósforo. A crescente eutrofização dos ambientes aquáticos favorece sua proliferação
7 massiva ou florescimento (HABs: *harmful algal blooms* ou simplesmente "blooms").
8 Entretanto, blooms altamente toxigênicos já foram observados em águas de natureza
9 oligotrófica com nutrientes insuficientes (Mez *et al.*, 1997).

10 Nos viveiros revestidos de produção de camarões da Estação Marinha de
11 Aquicultura (EMA/IO-FURG) foram observadas florações da cianobactéria *Nodularia*
12 *spumigena* pela primeira vez no verão de 2011 (Costa *et al.*, 2013), com efeitos
13 negativos para a sobrevivência e crescimento dos camarões. Isso se repetiu nos verões
14 de 2011/2012, 2013/2014, 2015/2016. Encontrar soluções para tentar amenizar este
15 problema tornou-se uma necessidade. Por exemplo, uma das estratégias testadas em
16 ciclos anteriores e que se mostrou benéfica na preparação inicial da água foi a colocação
17 de uma porcentagem de inóculo de bioflocos retirados de unidades experimentais
18 (raceways) e uma fertilização nos viveiros atingidos pelos *blooms* de cianobactérias
19 (Zemor, 2018).

20 A fertilização é a prática de adicionar nutrientes à água do ambiente de cultivo.
21 As adições aumentam a quantidade de fitoplâncton na cadeia alimentar eventualmente
22 culminando em benefícios nutricionais e de qualidade de água para os camarões. Os
23 fertilizantes inorgânicos dissolvem-se na água do viveiro aumentando as concentrações
24 de nutrientes na relação N: P, estimulando o crescimento do fitoplâncton. Na
25 fertilização orgânica seguem uma relação C: N, onde os nutrientes são degradados por
26 microrganismos heterotróficos (Mische, 2012).

27 Estudos como Ferreira *et al.*, (2003), Zemor (2018) vêm sendo desenvolvidos
28 para avaliar técnicas de manejo associadas às estratégias de fertilização orgânica, a fim
29 de reduzir os efeitos das cianobactérias na produção de camarões e incentivar o
30 desenvolvimento de comunidade microbiana por meio do sistema de bioflocos para
31 melhorar a qualidade de água e como o fator alimentação/nutrição que favoreça a
32 disponibilidade do alimento natural nos ambientes de cultivo.

33
34

1

2

3 2. OBJETIVOS

4

5 2.1 Objetivo Geral

6 O presente trabalho visa definir qual é a periodicidade mais adequada de
7 aplicação da fertilização orgânica inicial antes do povoamento dos viveiros revestidos
8 com camarões, em um sistema intensivo na fase de engorda para *L. vannamei*.

9

10 2.2 Objetivos específicos

11 • Determinar a eficácia das diferentes estratégias de fertilização orgânica
12 para redução de abundância das cianobactérias e avaliar a composição da comunidade
13 microbiana presente ao longo do período experimental;

14

15 • Comparar o efeito da aplicação entre as duas estratégias de fertilização
16 no desempenho zootécnico em *L. vannamei* produzidos em sistema de bioflocos na fase
17 de engorda;

18

19 • Avaliar a influência das diferentes aplicações periódicas de três ou 30
20 dias dentro do sistema de bioflocos nos diferentes parâmetros físico-químicos de
21 qualidade da água durante o período experimental.

22

23

24 3. MATERIAL E MÉTODOS

25

26 3.1 Origem dos camarões e manejo

27 Nauplius de *L. vannamei* foram adquiridos da empresa Aquatec® LTDA (Rio
28 Grande do Norte) e transferidos para o setor de larvicultura da Estação Marinha de
29 Aquacultura “Professor Marcos Alberto Marchiori”, pertencente ao Instituto de
30 Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (EMA/IO-FURG), onde foram
31 mantidos até atingirem o estágio de pós-larva de 15 dias (PL 15). Após o período de
32 larvicultura, as pós-larvas foram transferidas para uma estufa com tanques berçário,

1 onde permaneceram estocados por 1572 dias até atingirem o peso médio de 1,73 g,
2 sendo então transferidos para os viveiros experimentais.

3

4 **3.2 Delineamento Experimental**

5 Os juvenis de *L. vannamei* com peso médio inicial de 1,73 g \pm 0,9 foram
6 estocados em oito viveiros com área média de 600 m² cada, recobertos com mantas de
7 polietileno de alta densidade (PEAD) com espessura de 1,0 mm. A densidade inicial de
8 estocagem foi de 75 camarões m⁻². O experimento teve duração de 91 dias. Para a
9 fertilização inicial foram feitas aplicações de base a uma relação C: N aproximadamente
10 de 20: 1, baseado em artigos de Avnimelech (1999) e Ebeling *et al.* (2006). A relação C:
11 N das aplicações foi executada conforme experimento de Zemor (2018) (42,6 g de
12 carbono e 2,16 g de nitrogênio m⁻³). A aplicação foi composta por melaço de cana de
13 açúcar como fonte de carbono (37 %) e ração triturada para tilápia com 28 % de
14 proteína bruta como fonte de nitrogênio. O experimento foi composto por dois
15 tratamentos com quatro repetições cada: (B3) Tratamento com a aplicação do
16 fertilizante dividida em três dias nos viveiros; (B30) viveiros com aplicação dividida ao
17 longo de trinta dias. A aeração foi contínua durante as 24 horas do dia com aeradores
18 tipo *paddle wheel*, na potência de 33 HP ha⁻¹. A água do mar foi captada da Praia do
19 Cassino e a água do subsolo captada através de duas bombas centrífugas de 7,5 HP
20 (Jacuzzi® 75 JM3-T) a uma salinidade média de 15 (g L⁻¹).

21 Para auxílio na formação dos agregados microbianos nos viveiros foi colocado
22 em cada viveiro um inóculo com água procedente de um raceway berçário de juvenis
23 (área de 237 m²) de acordo com artigo de Krummenauer *et al.* (2014), sendo o volume
24 utilizado igual a 1,0 % do volume total do viveiro e colocado no momento da
25 estocagem.

26 Durante o período experimental, os camarões foram alimentados duas vezes ao
27 dia, com ração comercial (Guabi ®) contendo 38 % de proteína bruta, havendo o auxílio
28 de bandejas de alimentação para controlar o consumo.

29

30 **3.3 Variáveis Físicas e Químicas da Água**

31 Durante o período experimental, foram monitoradas duas vezes ao dia as
32 concentrações de oxigênio dissolvido, temperatura e pH da água (8:00 e 16:00 h) com o
33 auxílio do aparelho multiparâmetros digital (Hanna hi 98194). Uma vez por dia foi

1 coletado valores de transparência da água utilizando disco de Secchi. Para análises de
2 compostos nitrogenados, foram realizada coleta de amostras de água diariamente para
3 quantificar as concentrações de amônia total N-AT ($N - (NH_3 + NH_4^+)$) e nitrito ($N-NO_2^-$
4), seguindo a metodologia descrita por UNESCO (1983) e Strickland & Parsons (1972),
5 respectivamente. Para correção das elevações de amônia durante o estudo foi utilizada a
6 aplicação de uma fonte de carbono (melaço de cana) seguindo a relação C: N de 6: 1,
7 baseado em trabalhos de Avnimelech (1999) e Ebeling *et al.* (2006). Uma vez por
8 semana foi obtido o valor de salinidade, com auxílio do multiparâmetro (Hanna hi
9 98194). Valores de alcalinidade foram encontrados seguindo a metodologia proposta
10 por APHA (1998). Os valores de fosfato ($P-PO_4^{-3}$) e nitrato ($N-NO_3^-$) foram mensurados
11 a cada sete dias de acordo com Strickland & Parsons (1972). Os sólidos suspensos totais
12 ($mg L^{-1}$) foram determinados uma vez por semana por gravimetria mediante filtragem
13 de alíquotas de 20 ml de água em filtros de fibra de vidro GF - 1 ($0,47 \mu m$) (Strickland
14 & Parsons, 1972). Os filtros foram colocados previamente para secar em estufa a $60^\circ C$
15 até atingirem peso constante, retirados da estufa e pesados. Após a filtragem,
16 recolocados na estufa por 24 horas e pesados em balança analítica de precisão até atingir
17 peso constante para determinação de peso final. O valor dos sólidos foi estimado pela
18 diferença entre o peso inicial e final de cada filtro (AOAC, 2000). O volume total dos
19 bioflocos ($mL L^{-1}$) foi obtido semanalmente como o uso de cone Imhoff, sendo que para
20 isso foram coletadas amostras individuais de um litro de água de cada viveiro e
21 colocadas em cones plásticos por vinte minutos. Posteriormente foi observada a
22 quantidade de flocos sedimentáveis (Avnimelech, 2007). A concentração de clorofila *a*
23 foi determinada semanalmente a partir de amostras de 50 ml de água de cultivo filtrada
24 em microfiltros GF 50-A de fibra de vidro ($0,47 \mu m$). A extração da clorofila foi
25 realizada mediante imersão dos filtros em 10 ml de acetona 90 %, acondicionados em
26 frascos escuros e mantidos em congelador ($-12^\circ C$). Após um período de 24 horas foi
27 realizada a leitura da concentração de clorofila *a*, com uso de fluorímetro (Turner
28 Trilogy) (Welschmeyer, 1994). A turbidez da água foi determinada uma vez por semana
29 por um turbidímetro da marca Hach® modelo 2100P.

30

31 **3.4 Comunidade microbiana.**

32 As amostras de água de cada viveiro foram coletadas cada sete dias, mantidas
33 em frascos âmbar e fixadas em formalina 4,0 % para posterior contagem e identificação
34 da comunidade microbiana. Para a determinação da abundância e contagem da

1 comunidade microbiana foi utilizado o microscópio invertido (Zeiss Axiovert) com
2 magnificação de 400X, onde alíquotas de 1,0 ml de amostra foram colocadas em câmara
3 de sedimentação e 30 campos aleatórios foram contados. As ampliações utilizadas na
4 técnica de microscópio invertido foram em função do tamanho dos microrganismos
5 (Utermöhl, 1958). Para estas análises foi utilizado o Laboratório de Fitoplâncton e
6 Microrganismos Marinhos (IO-FURG).

7

8 **3.5 Desempenho zootécnico dos Camarões.**

9 No início do experimento foi realizada uma biometria (n=100) para estimar o
10 peso médio inicial dos camarões a serem estocados. Durante o experimento, foram
11 feitas biometrias semanais com 60 indivíduos por viveiro, os quais foram amostrados
12 aleatoriamente com a utilização de uma tarrafa e pesados individualmente utilizando
13 balança digital com precisão de 0,01 g (MARTE - AS 1000 C). Depois de pesados, os
14 camarões retornaram para seus respectivos viveiros. Por meio dessas biometrias foi
15 calculado o peso médio dos camarões, ajustando-se semanalmente a quantidade de
16 ração que foi fornecida segundo artigo de revisão de Jory *et al.* (2001).

17

18 -O ganho de peso dos camarões de cada viveiro foi obtido pela seguinte fórmula:
19 $\text{Ganho de peso (g)} = \text{peso médio final (g)} - \text{peso médio inicial (g)}$.

20 -A taxa de crescimento semanal foi calculada de acordo com Bagenal (1978),
21 utilizando a seguinte fórmula: $G \text{ (g/semana)} = (\text{Wf (g)} - \text{Wi (g)}) \times 100 / \text{NS}$, onde Wf
22 representa o peso final, Wi o peso inicial e NS e número de semanas do experimento.

23 -A conversão alimentar aparente (CAA) foi obtida pela seguinte fórmula: $\text{CAA} =$
24 $\text{alimento oferecido (g)} / \text{incremento de biomassa (g)}$.

25 -A sobrevivência foi calculada através da seguinte fórmula: $S \text{ (\%)} = (\text{peso total}$
26 $\text{(g)} / \text{peso individual (g)}) \times 100$.

27 -A produtividade foi obtida pelo seguinte cálculo: $\text{Produtividade} = (\text{biomassa}$
28 $\text{final} / \text{área do tanque})$.

29

30 **3.6 Análises Estatísticas.**

31 Para a análise estatística dos dados experimentais foi utilizado o software
32 Statistica 7.0[®]. Os dados de sobrevivência foram transformados (arco-seno da raiz
33 quadrada) antes da análise estatística. Depois de verificada a homocedasticidade das

1 variâncias e a normalidade dos dados através dos testes de Levene e Kolmogorov,
 2 respectivamente, foi realizado um test *t* de Student, para verificar a existência ou não de
 3 diferenças significativas entre os dados obtidos (Sokal & Rohlf, 1969).

4

5 4. RESULTADOS

6

7 4.1 Variáveis Físicas e Químicas da Água

8 As medias dos parâmetros de qualidade da água antes e depois de povoamento
 9 em ambos os tratamentos estão expressas na Tabela 1. Os resultados obtidos para os
 10 parâmetros de N-AT (mg L⁻¹) e transparência (cm) antes do povoamento apresentaram
 11 diferenças (p<0,05). Enquanto que os demais parâmetros em ambos os tratamentos não
 12 apresentaram diferenças significativas (p>0,05).

13

14 Tabela 1. Valores (média ± desvio padrão) das variáveis físico-químicas de qualidade
 15 de água, nos viveiros de cultivo intensivo, do camarão branco *Litopenaeus vannamei*,
 16 tratados com fertilização orgânica antes e depois do povoamento.

Parâmetros	Antes do povoamento		Depois do povoamento	
	Tratamento		Tratamento	
	B3	B30	B3	B30
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	5,37 ± 0,79	5,45 ± 0,85	6,02 ± 1,56	6,08 ± 1,64
Temperatura (°C) Manhã	19,32 ± 1,92	20,02 ± 1,67	22,73 ± 2,24	22,71 ± 2,35
Temperatura (°C) Tarde	22,86 ± 2,12	23,40 ± 1,67	25,70 ± 2,17	25,78 ± 2,22
pH	8,31 ± 0,31	8,36 ± 0,24	8,32 ± 0,35	8,36 ± 0,35
N-AT (mg L ⁻¹)	0,079 ± 0,10 ^a	0,056 ± 0,06 ^b	0,26 ± 0,63	0,22 ± 0,56
N-NO ₂ (mg L ⁻¹)	0,002 ± 0,008	0,001 ± 0,004	2,03 ± 4,12	1,94 ± 3,76
N-NO ₃ (mg L ⁻¹)	-	-	2,52 ± 5,04	2,86 ± 4,69
P-PO ₄ (mg L ⁻¹)	0,13 ± 0,14	0,066 ± 0,04	0,10 ± 0,11	0,18 ± 0,47
Salinidade (g L ⁻¹)	19,29 ± 3,81	15,36 ± 1,75	15,69 ± 2,11	15,50 ± 1,98
Turbidez (NTU)	22,84 ± 29,38	28,35 ± 21,50	140,28 ± 84,97	169,53 ± 80,91
Transparência (cm)	68,33 ± 20,72 ^a	53,95 ± 21,79 ^b	21,75 ± 14,12	20,02 ± 13,46
SST (mg L ⁻¹)	55,00 ± 26,59	35,62 ± 20,25	332,64 ± 203,98	365,66 ± 224,89
Volume do Floco (mL L ⁻¹)	-	-	8,15 ± 7,23	8,49 ± 11,87
Clorofila α (µg L ⁻¹)	67,61 ± 34,66	58,94 ± 58,94	442,06 ± 234,64	479,99 ± 261,70
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	190,25 ± 57,71	208,75 ± 31,93	246,60 ± 39,55	236,88 ± 42,11

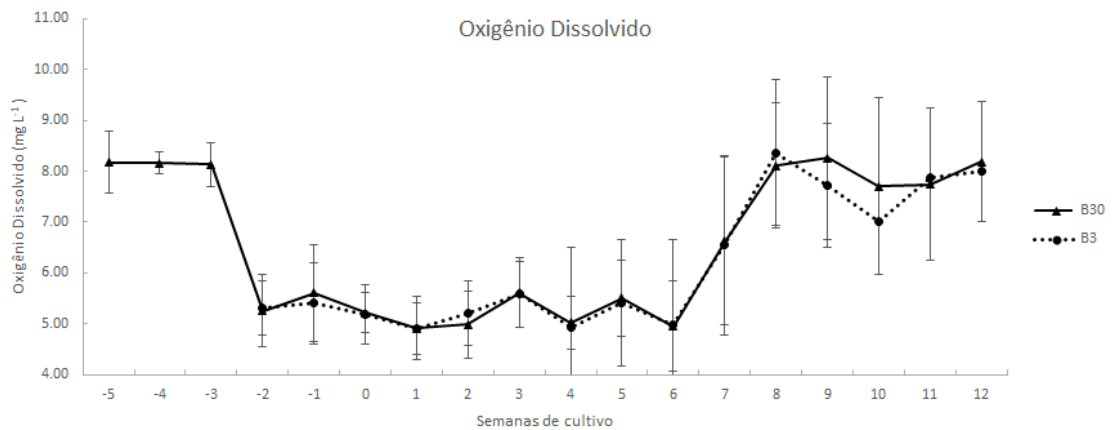
B3 = Fertilização em três dias antes do povoamento, B30 = Fertilização em 30 dias antes do povoamento.

Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente (p>0,05).

17

18 As concentrações médias de oxigênio dissolvido aumentaram a partir da sétima
 19 semana para ambos os tratamentos, não diferindo estatisticamente (p>0,05) entre si em
 20 todo período experimental (Figura 1).

1



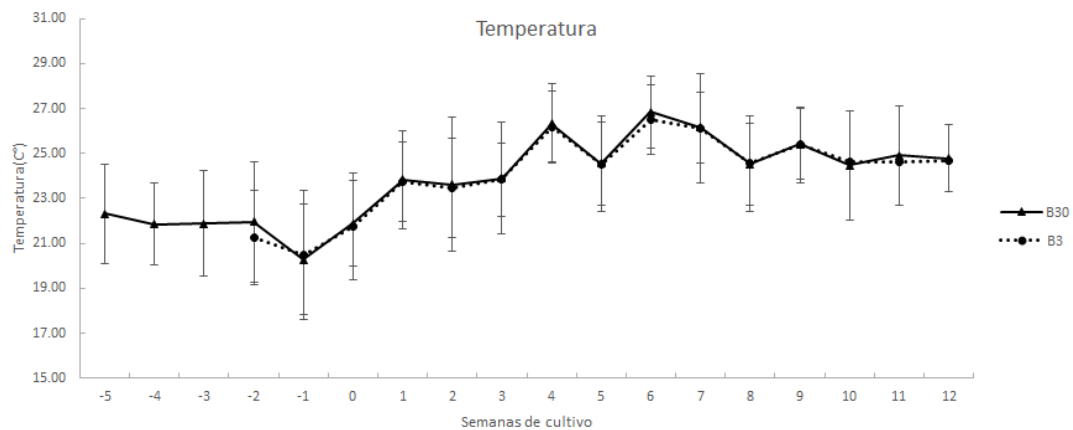
2

3 Figura 1. Valores (médios \pm desvio padrão) das concentrações de oxigênio dissolvido ao
4 longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com
5 diferentes estratégias de fertilização inicial.

6

7 Os valores médios da temperatura de manhã e tarde antes do povoamento não
8 tiveram diferença significativa estatisticamente ($p > 0,05$), sendo que os valores tiveram
9 uma tendência ao aumento ao longo do período de cultivo até a oitava semana onde
10 permaneceu estável (Figura 2).

11



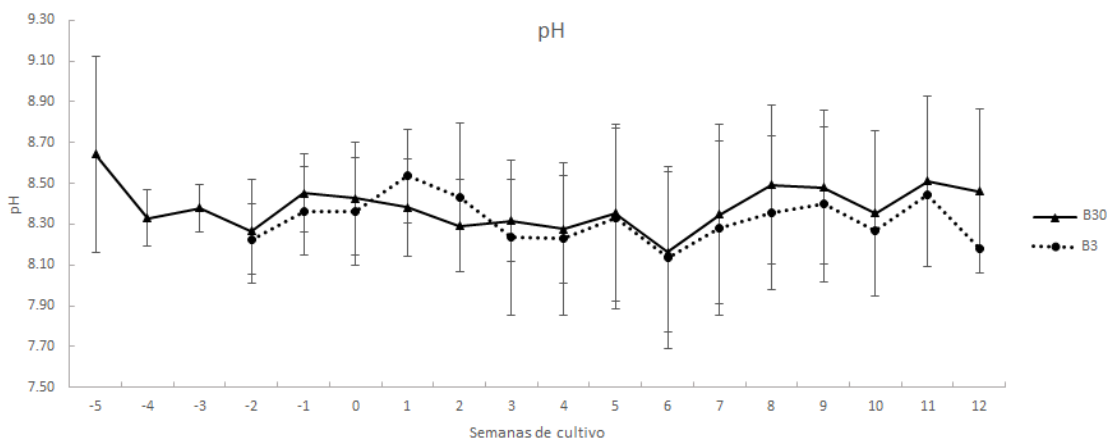
12

13 Figura 2. Valores (médios \pm desvio padrão) das temperaturas ao longo do cultivo de *L.*
14 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
15 fertilização inicial.

16

17 Os valores de pH não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os
18 tratamentos, o valor mínimo (7,48) ocorreu no tratamento B3 na sexta semana enquanto

1 que o valor máximo (9,5) aconteceu no tratamento B30 na nona semana,
2 respectivamente (Figura 3).



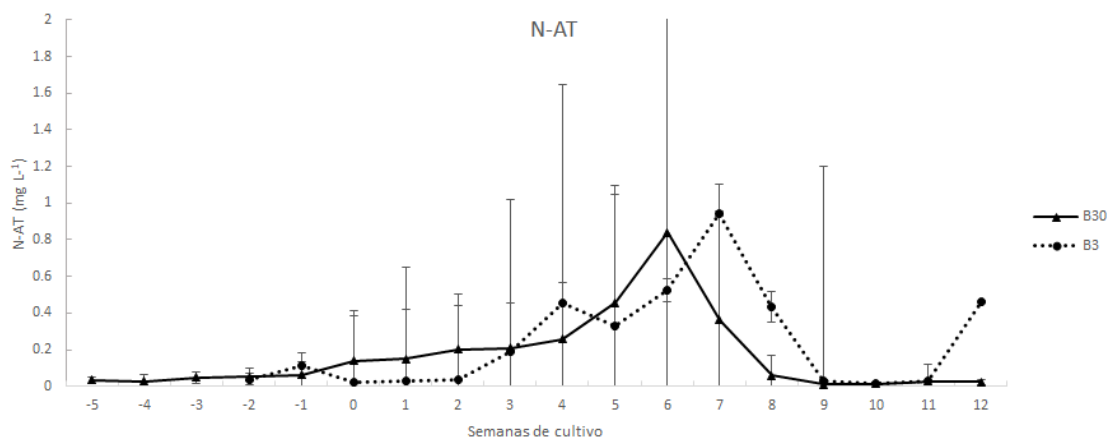
3

4 Figura 3. Valores (médios \pm desvio padrão) de pH ao longo do cultivo de *L. vannamei*
5 na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
6 fertilização inicial.

7

8 Em relação à amônia, não foram observadas variações significativas entre os
9 tratamentos ($p > 0,05$). Observa-se que o tratamento B30 apresentou um pico de amônia
10 na sexta semana, uma semana antes que o B3 (Figura 4). Foram realizadas correções
11 com melaço de cana para reduzir as concentrações deste nutriente.

12

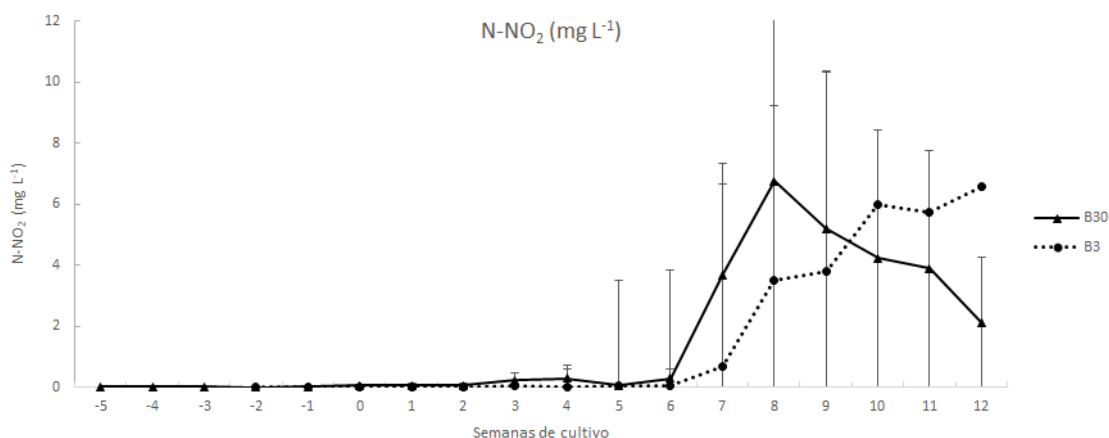


13

14 Figura 4. Valores (médios \pm desvio padrão) de N-AT ao longo do cultivo de *L.*
15 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
16 fertilização inicial.

17

1 Na Figura 5 se pode observar uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as
2 concentrações de nitrito no tratamento B30 em relação ao B3 na sétima semana, onde as
3 concentrações foram maiores que $2,0 \text{ mg L}^{-1}$.

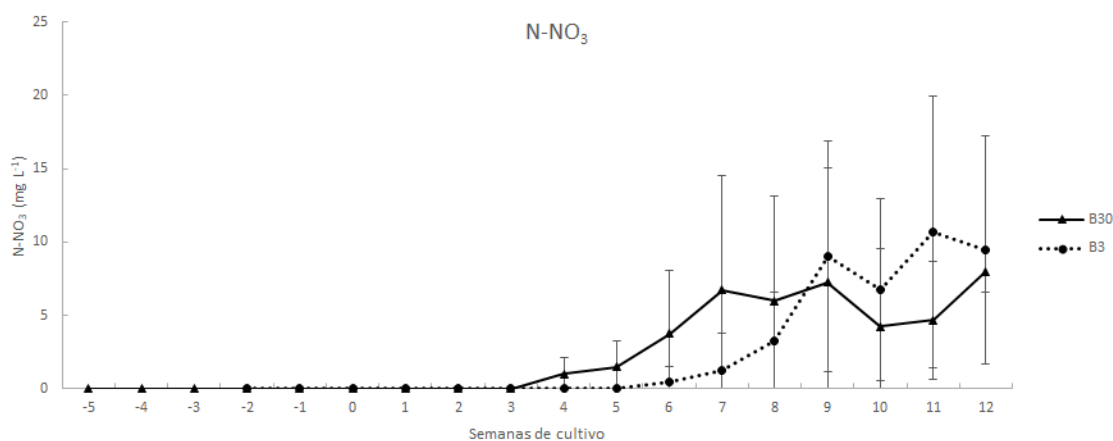


4

5 Figura 5. Valores (médios \pm desvio padrão) de N-NO_2 ao longo do cultivo de *L.*
6 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
7 fertilização inicial.

8

9 As concentrações de nitrato (Figura 6) nos tratamentos a partir da terceira
10 semana até a sétima semana apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo
11 valores máximos de $17,5 \text{ (mg L}^{-1}\text{)}$ para o tratamento B30.



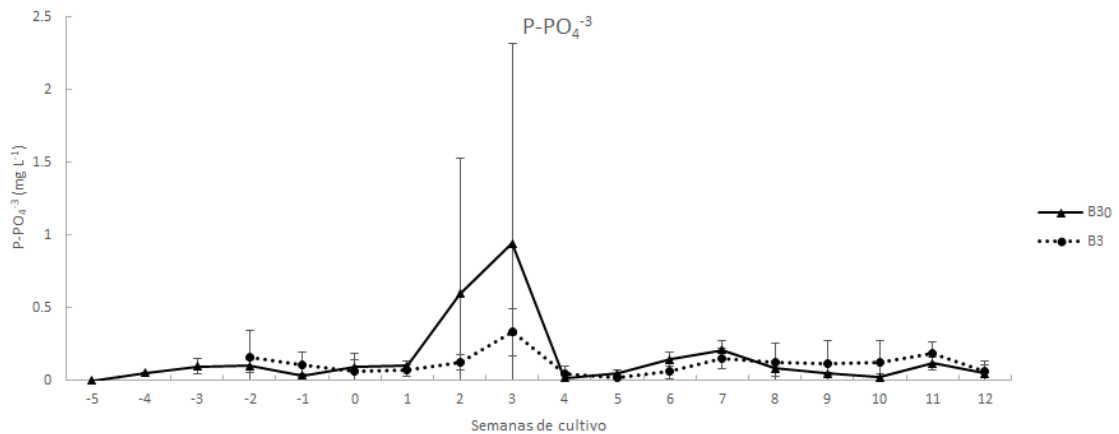
12

13 Figura 6. Valores (médios \pm desvio padrão) de N-NO_3 ao longo do cultivo de *L.*
14 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
15 fertilização inicial.

16

17 Para os dados de fosfato (Figura 7), as médias das segunda e terceira semanas
18 apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo que o tratamento B30 apresentou
19 maior concentração ($3,12 \text{ mg L}^{-1}$) na terceira semana.

1



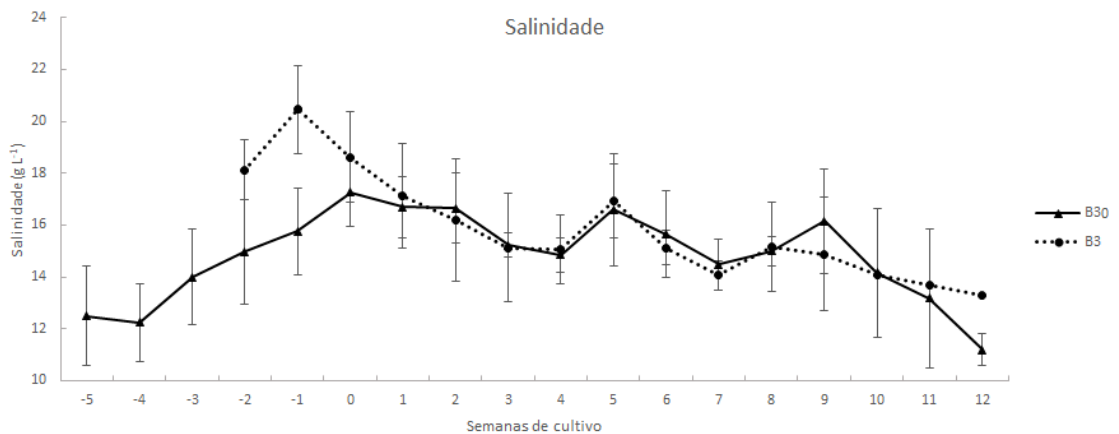
2

3 Figura 7. Valores (médios \pm desvio padrão) de $P-PO_4^{-3}$ ao longo do cultivo de *L.*
4 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
5 fertilização inicial.

6

7 Para os níveis da salinidade (Figura 8) os valores médios não tiveram diferenças
8 estatísticas ($p > 0,05$), podendo observar que depois da semana de estocagem ambos os
9 tratamentos apresentaram um comportamento similar.

10

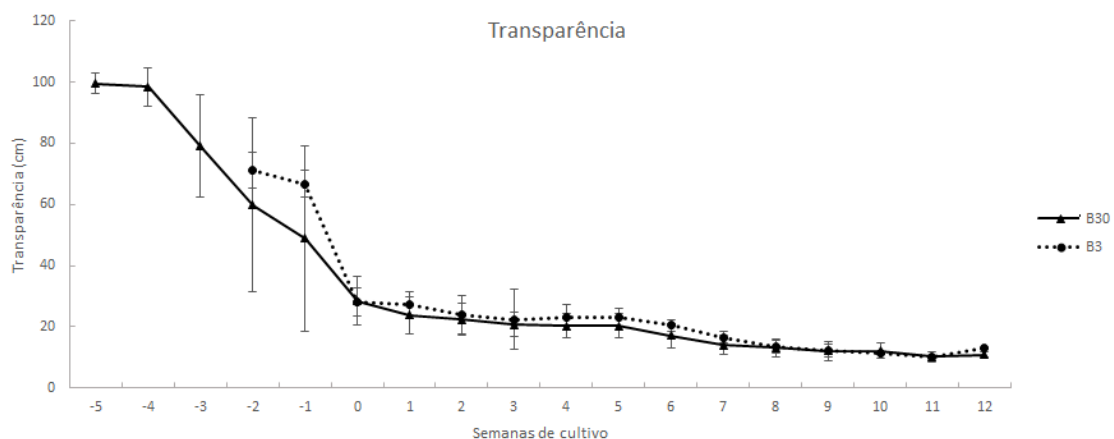


11

12 Figura 8. Valores (médios \pm desvio padrão) da salinidade ao longo do cultivo de *L.*
13 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
14 fertilização inicial.

15

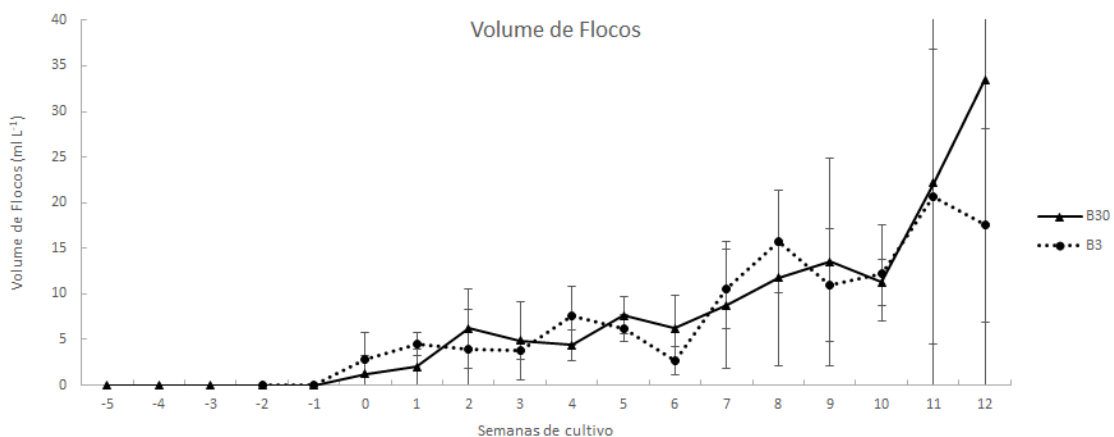
1 Os dados da transparência (Figura 9) entre os tratamentos não tiveram diferença
2 significativa ($p > 0,05$), ao longo do período de cultivo tendo como menor valor 12 cm
3 para o tratamento B30 na décima primeira semana.



4
5 Figura 9. Valores (médios \pm desvio padrão) da transparência ao longo do cultivo de *L.*
6 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
7 fertilização inicial.

8 O volume de bioflocos (Figura 10) ao longo do período experimental não
9 apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$), tendo como valor máximo 60 ml L^{-1}
10 para o tratamento B30 na semana 11.

11

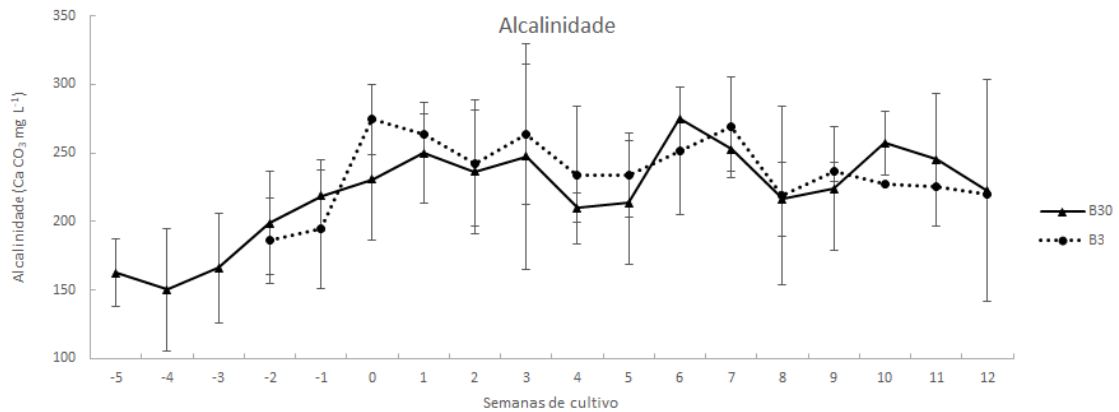


12

13 Figura 10. Valores (médios \pm desvio padrão) do volume do floco ao longo do cultivo de
14 *L. vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias
15 de fertilização inicial.

16 Os dados de alcalinidade (Figura 11) entre os tratamentos ao longo do período
17 experimental não tiveram diferença significativa ($p > 0,05$), nem nos valores médios do
18 tratamento B3 ($246,60 \pm 39,55 \text{ mg L}^{-1}$) e B30 ($236,88 \pm 42,11 \text{ mg L}^{-1}$).

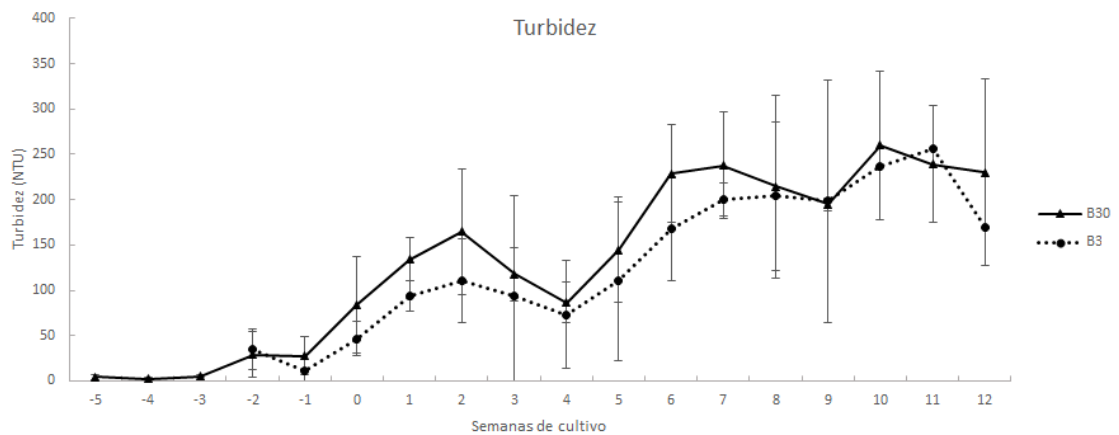
1
2



3

4 Figura 11. Valores (médios \pm desvio padrão) da alcalinidade ao longo do cultivo de *L.*
5 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
6 fertilização inicial.

7 A Figura 12 apresenta os valores da Turbidez durante o período experimental.
8 Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Na quarta e na
9 oitava semana pode-se observar uma queda nos valores em ambos tratamentos.



10

11 Figura 12. Valores (médios \pm desvio padrão) da Turbidez ao longo do cultivo de *L.*
12 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
13 fertilização inicial.

14

15 A concentração de sólidos suspensos totais (Figura 13) foi maior no tratamento
16 B30, com valor máximo de $597 \pm 33,29$ mg L⁻¹ no tratamento B30 na sétima semana,
17 sendo que nessa semana foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,05$).

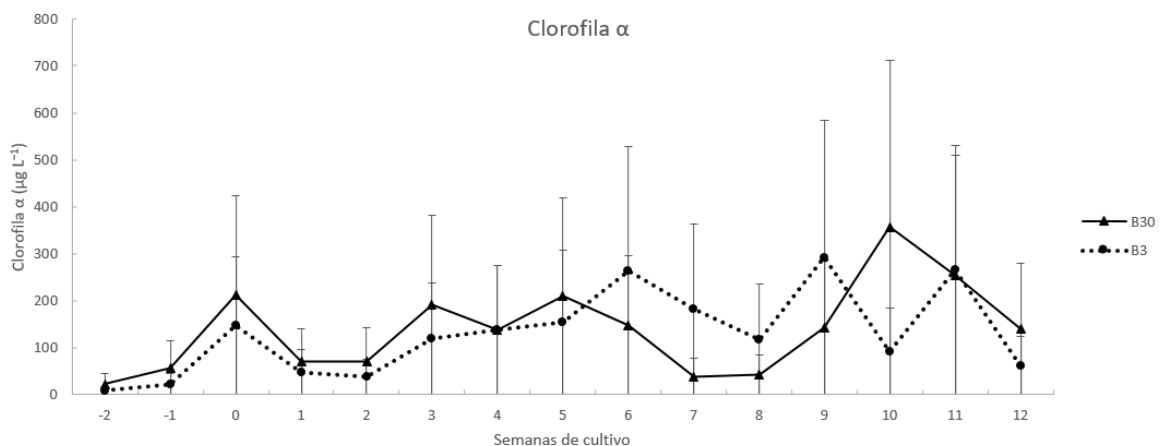
18



1

2 Figura 13. Valores (médios \pm desvio padrão) dos Sólidos Suspensos Totais ao longo do
 3 cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes
 4 estratégias de fertilização inicial.

5 As concentrações de Clorofila α são apresentadas na Figura 14. Pode-se observar
 6 que apresentaram grandes oscilações durante o experimento, mas não tiveram
 7 diferenças significativas ($p > 0,05$).



8

9 Figura 14. Valores (médios \pm desvio padrão) da Clorofila α ao longo do cultivo de *L.*
 10 *vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com diferentes estratégias de
 11 fertilização inicial.

12

13 4.2 Comunidade microbiana.

14 As análises das amostras de água foram realizadas nas semanas 0, 6 e 12 para
 15 ambos os tratamentos. Estas semanas foram escolhidas em função da ocorrência de
 16 variações significativas nas concentrações de amônia e nitrito. Os organismos foram
 17 classificados em dois grandes grupos zooplâncton e fitoplâncton, subdivididos em

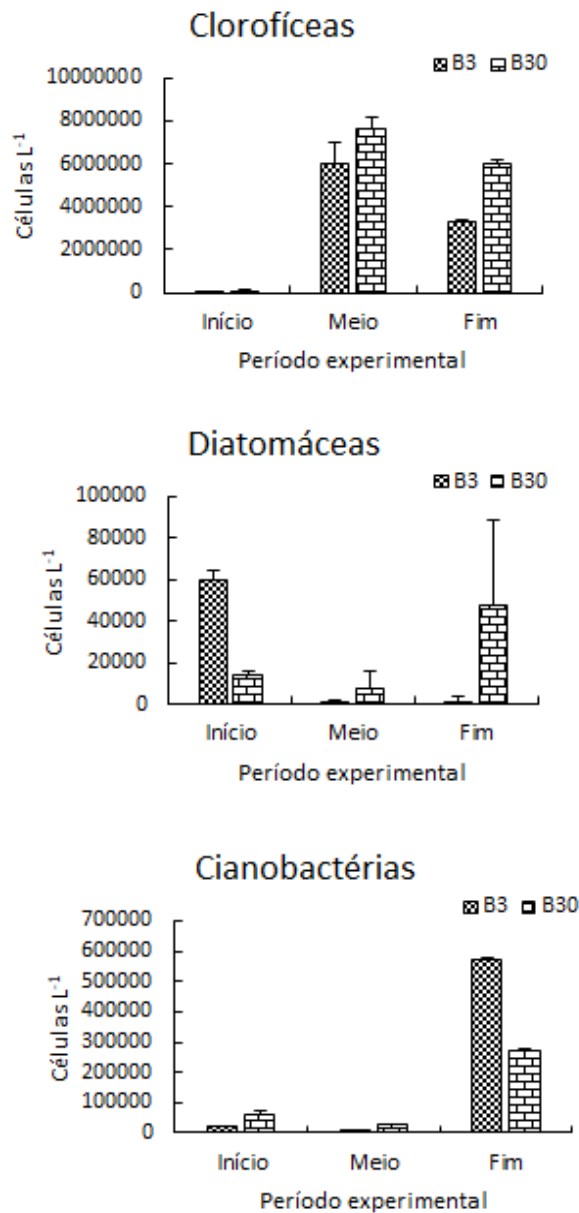
1 clorofíceas, diatomáceas e cianobactérias para o fitoplâncton e rotíferos, ciliados,
2 flagelados, amebas e nematódeos para zooplâncton, respectivamente.

3 A Figura 15 mostra as variações das densidades médias do fitoplâncton
4 encontrado nos viveiros nos tratamentos B3 e B30 ao longo do ciclo de cultivo.
5 Verifica-se que as clorofíceas não apresentaram diferenças significativas entre os
6 tratamentos ao longo do período experimental, mas sempre apresentaram elevada
7 densidade (10^4 - 10^6 células L^{-1}), tendo os valores mais altos no período final (6×10^6
8 células L^{-1}) para o tratamento B30.

9 As diatomáceas no tratamento B30 apresentaram diferença significativa e menor
10 abundância no início do experimento ($1,3 \times 10^4$ células L^{-1}) em comparação com o
11 tratamento B3 ($6,1 \times 10^6$ células L^{-1}). No meio e no final do período experimental as
12 densidades foi maior para o tratamento B30 em comparação com o tratamento B3 ($8,2 \times$
13 10^3 e $1,1 \times 10^3$ células L^{-1}) e ($4,7 \times 10^4$ e $1,3 \times 10^3$ células L^{-1}), respectivamente.

14 Em relação aos tratamentos as cianobactérias foram observadas em maior
15 densidade no início do experimento no tratamento B3 ($2,4 \times 10^4$ células L^{-1}), a diferença
16 do tratamento B30 ($5,9 \times 10^4$ células L^{-1}). No meio do período experimental apresentou
17 diminuição para o tratamento B3 (140 células L^{-1}), ao contrário do tratamento B30 ($2,9$
18 $\times 10^4$ células L^{-1}) e na parte final o tratamento B30 teve densidade de $5,7 \times 10^4$ células
19 L^{-1} , menor que o tratamento B3 com $2,6 \times 10^5$ células L^{-1} .

20

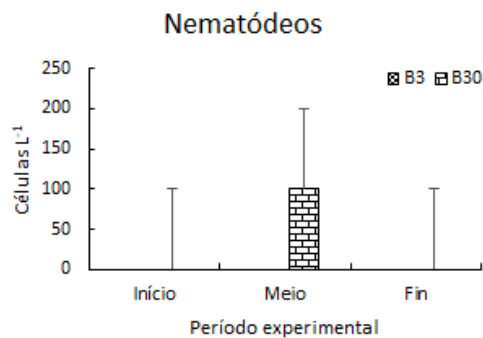
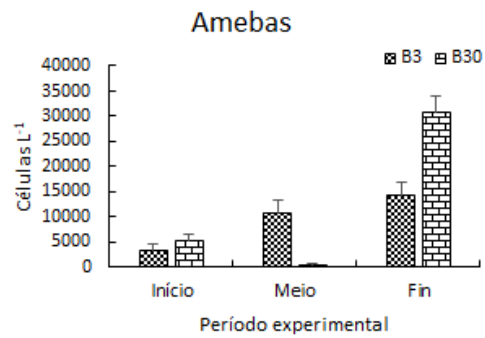
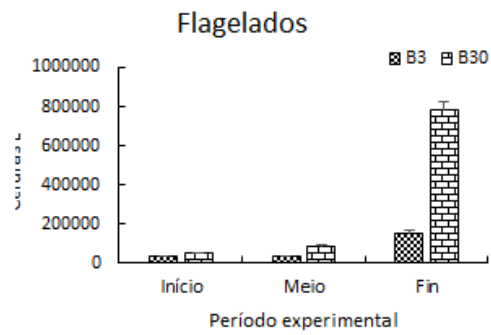
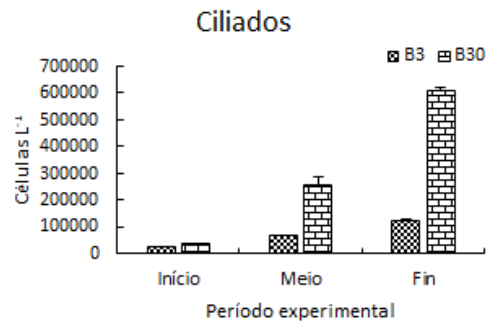
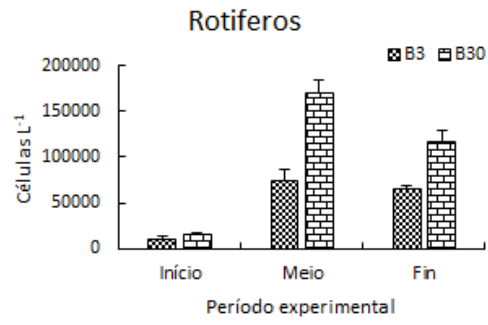


1

2 Figura 15. Composição e densidade do fitoplâncton (indivíduos L⁻¹) em viveiros ao
 3 longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com
 4 diferentes estratégias de fertilização inicial.

5 Os valores das abundâncias dos organismos zooplantônicos estão representados
 6 na Figura 16. Durante as análises em microscópio, as amostras em ambos os
 7 tratamentos apresentaram rotíferos, ciliados, flagelados, amebas e nematódeos. As
 8 densidades dos rotíferos foram ligeiramente maiores no tratamento B30 em relação ao
 9 tratamento B3 no início ($1,6 \times 10^4$ e $1,1 \times 10^4$ organismos L⁻¹), meio ($1,6 \times 10^5$ e $7,5 \times$
 10 10^4 organismos L⁻¹) e fim do período experimental ($1,1 \times 10^5$ e $6,5 \times 10^4$ organismos L⁻¹).
 11 Os ciliados nos tratamentos B3 e B30 tiveram densidades no início de $2,5 \times 10^4$ e $3,9$
 12 $\times 10^4$ organismos L⁻¹, respectivamente. No meio do experimento a concentração foi

1 maior para o tratamento B30 ($2,5 \times 10^5$ organismos L^{-1}) com relação ao tratamento B3
2 ($6,6 \times 10^4$ organismos L^{-1}) e na fase final a tendência foi a mesma, o tratamento B30
3 teve densidade maior ($6,0 \times 10^5$ organismos L^{-1}) em comparação ao tratamento B3 ($1,2$
4 $\times 10^5$ organismos L^{-1}). O comportamento das concentrações de flagelados ao longo do
5 período experimental foi similar ao dos ciliados, havendo maiores densidades para o
6 tratamento B30 no início ($4,9 \times 10^4$ e $3,0 \times 10^4$ organismos L^{-1}), meio ($8,2 \times 10^4$ e $3,1 \times$
7 10^4 organismos L^{-1}) e fim ($7,8 \times 10^5$ e $1,4 \times 10^5$ organismos L^{-1}), respectivamente. Os
8 valores de abundância das amebas para os tratamentos B3 e B30 no início do
9 experimento foram $3,3 \times 10^3$ e $5,3 \times 10^3$ organismos L^{-1} , no meio foram de $1,0 \times 10^4$ e
10 566 organismos L^{-1} e no final do período experimental $1,4 \times 10^4$ e $3,0 \times 10^4$ organismos
11 L^{-1} , respectivamente. Os nematódeos só foram encontrados no meio do período
12 experimental no tratamento B30, com densidade de 100 organismos L^{-1} .



1 Figura 16. Densidades e composição do zooplâncton (indivíduos L⁻¹) em viveiros ao
2 longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistemas intensivos BFT com
3 diferentes estratégias de fertilização inicial.

5 4.3 Desempenho zootécnico dos Camarões.

6 Na tabela 2 são apresentados os resultados de desempenho zootécnico dos
7 camarões no decorrer dos 91 dias de experimento. Os valores de sobrevivência e
8 produtividade do tratamento B30 foram superiores e diferiram estatisticamente (p<0,05)
9 do tratamento B3. O peso final, ganho de peso semanal e conversão alimentar aparente
10 foram estatisticamente semelhantes (p > 0,05).

Tabela 2: Principais parâmetros (média ± desvio padrão) de desempenho zootécnico nos diferentes tratamentos ao longo dos 84 dias de cultivo com *L.vannamei*, onde B3: Fertilização inicial foi feita durante três dias e B30: Fertilização inicial realizada durante 30 dias.

Parâmetros	Tratamentos	
	B3	B30
Peso inicial (g)	1,73 ± 0,12	1,73 ± 0,12
Peso final (g)	11,64 ± 1,02	11,58 ± 0,44
Sobrevivência (%)	69,13 ± 7,96 ^a	78,76 ± 1,34 ^b
Ganho de Peso semanal (g)	0,81 ± 0,08	0,80 ± 0,04
Produtividade (ton ha ⁻¹)	5,80 ± 0,78 ^a	6,84 ± 0,14 ^b
C.A.A.	1,73 ± 0,24	1,51 ± 0,01

11 Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente
12 (p>0,05).

13 C.A.A.: Conversão alimentar aparente.

15 5. DISCUSSÃO.

17 5.1 Variáveis Físicas e Químicas da Água.

18 Em sistemas intensivos com pouca ou nenhuma renovação de água, a aeração
19 mecânica complementar é de fundamental importância, tanto para a respiração dos
20 organismos cultivados como para a oxidação de matéria orgânica e circulação da água
21 (Boyd, 2001). Devido ao sistema de aeração complementar das unidades experimentais,
22 neste estudo os níveis de oxigênio se mantiveram dentro dos valores ideais considerados
23 para os camarões (entre 5,0 e 9,0 mg L⁻¹) (Van Wyk & Scarpa, 1999). Entretanto, foi
24 observada uma tendência no aumento dos níveis a partir da sexta semana. Esta
25 tendência pode ser explicada em consequência ao aumento na densidade de fitoplâncton

1 em ambos os tratamentos, causando incrementos diurnos e já ao entrar a noite os níveis
2 de oxigênio diminuem (Boyd, 2001).

3 Quedas na temperatura durante o ciclo de cultivo podem afetar o crescimento e a
4 sobrevivência dos organismos (Souza *et al.*, 2016). A redução da temperatura durante o
5 verão no extremo sul do Brasil deve-se a incidência de sistemas meteorológicos frontais
6 procedentes do quadrante sul (Möller *et al.*, 2001), podendo ter efeitos negativos nos
7 sistemas de produção (Peixoto *et al.*, 2003). Os níveis ótimos de temperatura da água
8 para o cultivo de *L. vannamei* são bastante reduzidos, ficando entre os valores de 28 e
9 32 °C. Entretanto, esta espécie possui uma ampla faixa de resistência para temperatura,
10 podendo sobreviver a temperaturas entre 15 a 35 °C (Van Wyk & Scarpa, 1999). No
11 presente estudo as temperaturas tiveram uma diferença de manhã para tarde de 3°C e
12 com temperatura meia ao longo do período experimental de 25°C, sendo capaz de
13 afetar o crescimento.

14 Os valores médios de salinidade não apresentaram diferenças significativas ao
15 longo do período experimental, havendo tendência a reduzir devido à perda de água por
16 evaporação e a reposição de uma água com salinidade 8,0. Mesmo assim, os valores
17 médios ficaram entre 15 e 16, dentro os valores ótimos para a espécie (Gao *et al.*, 2016).

18 Os valores ótimos de pH para o cultivo de *L. vannamei* encontram-se entre 6,0 e
19 9,0 (Boyd, 2001), sendo que valores abaixo de 7,0 e acima de 10 podem causar lesões
20 nas brânquias e suprimir a capacidade de crescimento (Van Wyk & Scarpa, 1999). Os
21 valores das médias de pH registrados no período experimental oscilaram entre 8,32 -
22 8,64, podendo-se considerar que não foi um fator de risco para os camarões. A
23 estabilidade no pH pode dever-se ao efeito amortecedor da alcalinidade. Boyd (2001)
24 reporta que em viveiros com elevada alcalinidade, como a reportada neste estudo (100-
25 300 mg L⁻¹ CaCO₃) geralmente apresentam variações de pH com menores amplitudes,
26 mantendo condições mais estáveis, característica normal em cultivos em sistema de
27 bioflocos. Segundo Boyd & Daniels, (1994) os camarões apresentam melhor
28 crescimento em alcalinidades superiores a 100 mg L⁻¹ CaCO₃, (possivelmente devido a
29 maior disponibilidade de carbonatos utilizados para a formação do exoesqueleto e
30 utilização no metabolismo (Solano-Motoche, 2003). Em sistemas BFT, a alcalinidade
31 também é fundamental para a formação dos bioflocos, e conseqüentemente importante
32 para os processos de nitrificação (Furtado *et al.*, 2014).

33 Na produção intensiva de camarões, a qualidade da água pode ser comprometida
34 pelo acúmulo de compostos nitrogenados, afetando o crescimento e a sobrevivência. De

1 acordo com Timmons & Ebeling (2010) a nitrificação é diretamente influenciada pela
2 temperatura e neste estudo os processos de nitrificação incrementaram a partir da sexta
3 semana onde ocorreram temperaturas mais elevadas que no início do cultivo. Ambos os
4 tratamentos mantiveram valores médios de 0,2 mg L⁻¹ ao longo experimental. Esses
5 valores são relativamente baixos comparados com o reportado por Boyd & Clay (2002)
6 (até 10 mg L⁻¹ depois da terceira até a quinta semana) em um empreendimento de
7 cultivo intensivo. Os valores mantiveram-se dentro dos níveis seguros para a espécie, de
8 acordo com o descrito por Lin & Chen (2001) durante todo o período experimental.

9 O processo de nitrificação começou uma semana depois de atingidos os valores
10 máximos da amônia em cada tratamento. Ao longo do experimento, os valores de nitrito
11 observados foram inferiores aos valores máximos recomendados para espécie (25,7 mg
12 L⁻¹) (Lin & Chen, 2003). Uma das rotas para a transformação da amônia pode ser pela
13 via do fitoplâncton (Ebeling *et al.*, 2006). Entretanto, os níveis de clorofila α ficaram
14 abaixo de 500 μgL^{-1} , um pouco acima dos máximos (435 μgL^{-1}) obtidos por Burdford *et*
15 *al.*, (2003) e não foram elevados como os obtidos por Zemor (2018) nas mesmas
16 unidades experimentais. Isto reforça a hipótese do correto uso da periodicidade na
17 aplicação no tratamento B30 para o desenvolvimento de bactérias heterotróficas a partir
18 da fertilização orgânica (Zhu & Chen, 2001). Isto também confirma o uso de inóculo de
19 água com bioflocos (Krummenauer *et al.*, 2014) para um favorável estabelecimento de
20 bactérias nitrificantes de acordo com a queda dos valores da alcalinidade na oitava
21 semana, onde houve um pico de nitrito.

22 Os valores de nitrato não afetaram o crescimento e a sobrevivência, pois se
23 mantiveram inferiores à faixa de segurança de 440 mg/L como reportado Kuhn *et al.*,
24 (2010) para a espécie e de 177 mg/L demonstrado por Furtado *et al.*, (2015) para o
25 cultivo por meio do sistema de bioflocos. Hariati *et al.*, (2017) também constataram que
26 em viveiros com bioflocos a adição de bactérias nitrificantes foi mais eficaz na redução
27 dos compostos nitrogenados, resultando em maior estabilidade dos parâmetros de
28 qualidade de água. No presente estudo a adição foi por meio do inóculo conforme
29 sugerido por Krummenauer *et al.* (2014).

30 As concentrações médias de fosfato foram de 0,2 mg L⁻¹, abaixo dos níveis
31 máximos (0,49 mg L⁻¹) recomendados por Burford *et al.* (2003) para *L. vannamei* em
32 sistemas intensivos. Na segunda e terceira semana tivemos uma diferença significativa
33 entre os tratamentos, onde a concentração foi significativamente maior para o
34 tratamento B30 com valor máximo de 1,0 mg L⁻¹. Embora o fósforo não tenha sido

1 associado a problemas de toxicidade para os camarões, este é um elemento químico que
2 deve ser observado com atenção, uma vez que, sendo um nutriente limitante para a
3 produtividade do fitoplâncton, em certas concentrações pode causar problemas de
4 eutrofização em viveiros, além de poder levar a ocorrência de *blooms* de cianobactérias,
5 prejudiciais aos sistemas de cultivo (Smith, 1983; Anderson *et al.*, 2002).

6 Avnimelech (2012) menciona três métodos comumente utilizados para conhecer
7 a quantidade das partículas: sólidos suspensos totais, turbidez e sólidos sedimentáveis.
8 Os sólidos suspensos totais (SST) durante o período experimental foram mantidos o
9 mais próximo possível dos níveis ideais descritos por Gaona *et al.* (2016a) que é 500
10 mg L⁻¹. De acordo com Schweitzer *et al.* (2013), as concentrações de SST inferiores a
11 200 mg L⁻¹ em sistemas com mínima renovação de água prejudicam os processos de
12 nitrificação e as concentrações acima de 800 mg L⁻¹ podem afetar no desenvolvimento e
13 sobrevivência dos camarões provavelmente devido a entupimento das brânquias pelos
14 bioflocos. Diferenças significativas na concentração de sólidos suspensos totais
15 ocorreram na sétima semana, sendo mais elevados para o tratamento B30, sendo
16 inversamente proporcionais na eficiência nos processos de nitrificação para o mesmo
17 tratamento. Mesmo assim, as médias dos valores dos sólidos suspensos totais foram
18 mantidos abaixo de 500 mg L⁻¹, para evitar qualquer problema de entupimento de
19 brânquias e demanda excessiva de oxigênio, devido a elevadas concentrações de SST.
20 De qualquer forma, os níveis de sólidos suspensos totais não prejudicam o
21 desenvolvimento dos animais cultivados, desde que se consiga manter na água o nível
22 de oxigênio que seja capaz de atender as demandas das espécies cultivadas. Porém,
23 podem ter influência negativa sobre outros parâmetros de qualidade de água sendo o
24 oxigênio dissolvido um dos mais afetados (Gaona *et al.*, 2016b).

25 A turbidez é outro parâmetro utilizado para avaliar a concentração de partículas
26 suspensas (Boyd, 2001). Entretanto, este método não é preciso, pois uma determinada
27 cor que amostra possua pode alterar o resultado da leitura do turbidímetro. Por exemplo,
28 quando a água possui cor amarronzada pode produzir um valor de turbidez maior que
29 uma água que seja de cor esverdeada, independentemente da concentração de sólidos
30 suspensos (Avnimelech, 2012). As médias de turbidez e transparência obtidas com o
31 disco de Secchi possuem um comportamento inversamente proporcional, pois conforme
32 aumenta a turbidez vai reduzindo a transparência (Burdford *et al.*, 2003; Hargreaves,
33 2013).

1 Outro método para avaliar os sólidos nos viveiros comumente utilizado nos
2 sistemas de bioflocos, é o sólidos sedimentáveis com o uso de cones Imhoff.
3 Avnimelech (2012) mencionou volumes recomendados para o cultivo do camarão que
4 seriam entre 2,0 até 40 ml L⁻¹. Entretanto, o mesmo autor afirmou que valores acima de
5 20 ml L⁻¹ podem afetar negativamente os camarões, devido à obstrução das brânquias.
6 No presente estudo, ambos os tratamentos não tiveram diferenças entre si e
7 apresentaram tendência de aumento ao longo do período experimental, porém os valores
8 médios ficaram na faixa recomendada para a espécie.

9

10 **5.2 Comunidade microbiana.**

11 O fitoplâncton e o zooplâncton são excelentes indicadores das condições
12 ambientais dentro dos viveiros porque são sensíveis às mudanças na qualidade da água.
13 Eles respondem a baixas concentrações de oxigênio dissolvido, elevados níveis de
14 nutrientes, contaminantes tóxicos, má qualidade ou abundância dos alimentos e também
15 a predação. Um bom quadro das condições atuais nos viveiros pode ser obtido por meio
16 de indicadores obtidos da comunidade planctônica, tais como sua biomassa, abundância
17 e diversidade (Burford, 1997; Primavera, 1998). Como mencionado por Lukwambe *et*
18 *al.* (2015), o conhecimento da abundância, composição e sucessão do fitoplâncton é pré-
19 requisito para ter um bem sucedido manejo do sistemas de bioflocos. No presente
20 estudo, as clorofíceas, diatomáceas e cianobactérias foram os grupos comuns de
21 fitoplâncton encontrados nos viveiros ao longo do período experimental. Foi observada
22 maior concentração de clorofíceas em ambos os tratamentos sobre as diatomáceas e as
23 cianobactérias, no início, meio e fim do período experimental.

24 De acordo com Zemor (2018) a entrada de nitrogênio por parte da fertilização
25 orgânica incentiva o desenvolvimento das clorofíceas e outros grupos do fitoplâncton
26 que não são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico. Em estudo de Santana *et al.*,
27 2008 cultivando camarão *Farfantepenaeus subtilis* com vários tipos de fertilizações,
28 entre essas o melão de cana, observaram uma dominância de cianobactérias na
29 densidade de 10⁶ Células L⁻¹, sendo esta uma densidade maior se comparada aos nossos
30 resultados (10⁵ Células L⁻¹). Uma composição de fitoplâncton semelhante ao do nosso
31 trabalho também foi relatada no estudo de Ju *et al.* (2008), onde houve uma dominância
32 de clorofíceas e diatomáceas sobre as cianobactérias. Em amostras de fazendas de
33 produção de camarões, Arifin *et al.* (2017) tiveram resultados similares também, com
34 uma dominância de clorofíceas. As clorofíceas estão sempre presentes nos sistemas de

1 bioflocos (Yusoff *et al.*, 2002, Lukwambe *et al.*, 2015) e são um grupo desejável a
2 medida que removem a amônia e melhoram a produção e a sobrevivência dos camarões
3 (Ge *et al.*, 2016). Entretanto, no noroeste do México, em viveiros de camarão as
4 cianobactérias foram o grupo dominante, seguido por clorofíceas e diatomáceas (Alonso
5 Rodriguez & Paez-Osuna, 2003). No presente estudo, as concentrações das
6 cianobactérias foram baixas até o período final do experimento quando houve um *bloom*
7 em ambos tratamentos, sendo maior no tratamento B3. Vintila & El-Shehawy (2007)
8 foram capazes de demonstrar que a amônia tem um efeito inibitório pronunciado sobre a
9 atividade de fixação de N₂ atmosférico pelas cianobactérias, enquanto o nitrato não. Foi
10 observado ao longo do período experimental, onde até a sexta semana tinha presença de
11 amônia na coluna de água as concentrações das cianobactérias eram baixas, enquanto
12 que ao final do experimento, sem presença de amônia e com presença de nitrato houve o
13 florescimento. Sabe-se que as cianobactérias são favorecidas em baixas relações N: P
14 (Tew *et al.*, 2006; Jacob & Culver, 2010), o que sugere que as elevadas concentrações
15 de cianobactérias presentes no final do período experimental em ambos tratamentos
16 podem também ter sido favorecidas pela disponibilidade de fósforo e participaram
17 ativamente na remoção do fosfato.

18 As concentrações das diatomáceas foram as menores dos três grupos do
19 fitoplâncton estudados, havendo uma diferença significativa somente no início do
20 experimento entre os dois tratamentos. Casé *et al.* (2008) demonstraram que em viveiros
21 de *L. vannamei* o domínio das diatomáceas é substituído principalmente pelas
22 cianobactérias na medida que aumentam os nutrientes e as concentrações de sílica
23 baixam ou são limitantes. No entanto, isso também poderia estar mais associado com
24 baixa luminosidade que com os nutrientes, já que as cianobactérias são mais adaptadas à
25 baixa transparência da água, promovendo turbidez e favorecendo as suas vantagens
26 competitivas (Scheffer *et al.*, 1997). Isso foi observado na etapa final do experimento,
27 quando a tendência foi de aumentar a turbidez, baixando a transparência da água nos
28 viveiros.

29 As comunidades fitoplanctônicas sofrem uma contínua sucessão de espécies
30 dominantes devido a mudanças dinâmicas de fatores de crescimento tais como a luz,
31 temperatura e concentrações de nutrientes no ambiente aquático (Yusoff *et al.*, 2002,
32 Llario *et al.*, 2017). Ao controlar os fatores ambientais, essas mudanças na comunidade
33 algal podem ser evitadas. Por exemplo, elevadas concentrações de nitrato encorajam o
34 crescimento de diatomáceas, enquanto baixas proporções de N: P encorajam o

1 crescimento de cianobactérias (Clifford, 1992), além de haver um consumo seletivo de
2 certas espécies pelos ciliados e rotíferos que controlam as populações de microalgas
3 (Kuang *et al.*, 2004).

4 Os nutrientes contidos nos fertilizantes orgânicos são liberados através da
5 decomposição e mineralização microbiana. A biomassa microbiana resultante e a
6 matéria orgânica particulada produzida são consumidas por protozoários, que por sua
7 vez são consumidos pelo zooplâncton e, por fim, integrados à biomassa dos camarões
8 (Mische, 2012).

9 As amebas fazem parte de um grupo que possui grande importância ecológica
10 nos ambientes aquáticos, devido a transferirem biomassa bacteriana para os níveis
11 tróficos superiores (Bozelli & Huszar, 2003). Também são estudados como opção no
12 controle biológico de cianobactérias (Mizuta *et al.*, 2011), além de atuar como
13 remineralizadores de nutrientes no meio aquático (Sherr & Sherr, 1994). No presente
14 estudo, foi encontrado um comportamento da abundância de amebas com relação nas
15 cianobactérias, sendo observado no meio do período experimental no tratamento B3,
16 onde houve presença de amebas e uma baixa concentração de cianobactérias, contrário
17 ao observado para o tratamento B30, podendo ter uma relação.

18 Um fato interessante no presente trabalho foi a presença de ciliados em altas
19 densidades ao longo do período experimental com diferenças significativas entre os
20 tratamentos, havendo abundância maior para o tratamento B30. Os ciliados
21 desempenham um papel importante na base da cadeia trófica dos ecossistemas, sejam
22 como pastadores/predadores de microalgas, bactérias e fungos ou como fonte de
23 alimento para metazoários (Nagano & Decamp, 2004). Ballester *et al.*, (2010) em um
24 cultivo de *Farfantepenaeus paulensis* em sistema de bioflocos observaram
25 concentrações de 39 a 169 células mL⁻¹. Maicá *et al.* (2012) avaliaram o efeito da baixa
26 salinidade na composição microbiana e relatam que as concentrações médias de ciliados
27 atingiram valores de 80 células mL⁻¹ na terceira semana e até 400 células mL⁻¹ na oitava
28 semana com o tratamento com melão. No presente trabalho houve valores semelhantes
29 no início e no final do período experimental.

30 Em relação aos flagelados a abundância desses organismos foi maior para o
31 tratamento B30, havendo diferenças significativas em relação ao tratamento B3. Sherr
32 & Sherr (2002) descrevem a importância dos flagelados heterotróficos em ambientes
33 aquáticos como predadores/pastadores de bactérias, fitoplâncton, protistas, além de
34 servirem de alimento para outros organismos. Os flagelados também possuem elevadas

1 concentrações intracelulares de aminoácidos livres e representam uma fonte de ácidos
2 graxos poli-insaturados e esteróis para os camarões (Decamp *et al.*, 2001).

3 Com relação aos rotíferos, o tratamento B30 teve diferença significativa no meio
4 e no final do período experimental com tendência de aumento de abundância ao longo
5 do tempo. Loureiro *et al.* (2012), sugerem que os rotíferos são frequentemente
6 associados aos bioflocos. Isso ocorre porque os rotíferos podem fragmentar os flocos e
7 consumir as bactérias anexadas e a mucilagem produzida por suas excreções também
8 ajudam na formação de novos flocos (Pérez, 2010). Ballester *et al.* (2010), realizaram
9 fertilizações com farelo de arroz e melão, e observaram concentrações mínimas e
10 máximas de rotíferos de 4,6 e 151 células mL⁻¹.

11 Os nematódeos são outro grupo de organismos importantes dentro dos bioflocos,
12 principalmente porque apresentam elevado teor de proteína bruta e ácidos graxos
13 essenciais em sua composição (De Lara, 2005). Estes organismos foram observados
14 unicamente no tratamento B30 no meio do período experimental, com valores médios
15 de 100 indivíduos L⁻¹. Ray *et al.* (2010) mencionam que os nematódeos são um dos
16 grupos mais importantes nos sistemas de bioflocos e que a sua abundância é
17 determinada pela presença de ciliados que servem como alimento.

18

19 **5.3 Desempenho zootécnico dos camarões.**

20 No presente estudo, parâmetros de produção como peso final e crescimento
21 semanal não tiveram diferenças significativas entre tratamentos, enquanto os resultados
22 para a sobrevivência e a produtividade obtidos no tratamento B30 demonstraram que
23 foram superiores e com diferenças significativas, além de ter um menor C.A.A. Isso
24 pode ser explicado em relação a abundância e diversidade da comunidade microbiana
25 que foi produzida neste mesmo tratamento e os efeitos positivos que tem na melhoria e
26 estabilidade na qualidade da água e é uma considerável fonte de nutrientes para os
27 camarões (Wasiolesky *et al.*, 2006).

28 O crescimento semanal dos camarões foi de 0,81 g/semanal durante todo o
29 experimento com valores sem diferença significativa. Ferreira *et al.*, (2003) avaliaram o
30 crescimento de camarões *L. vannamei* com diferentes estratégias de fertilização,
31 encontraram valores menores aos nossos de 0,72 g/semana, com 38 camarões /m²,
32 cultivados por 98 dias sendo considerando que nossa densidade foi de 75 camarões /m²,
33 enquanto que Costa *et al.*, (2013) em viveiros com abundância de cianobactérias
34 tiveram um crescimento de 0,59 g/semanal.

1 No presente estudo a melhor conversão alimentar aparente ficou em $1,51 \pm$
2 $0,01$, entretanto estudos também realizados nas mesmas instalações com *blooms* de
3 cianobactérias e sem fertilização feito por Costa *et al.*, (2013) com uma densidade de
4 100 camarões/m² ao longo de 105 dias, registrou uma conversão alimentar ($1,70 \pm 0,16$),
5 menores sobrevivências ($56 \pm 0,07$), menor crescimento semanal ($0,59 \pm 0,02$) pode se
6 observar que a estratégia de fertilização tem resultado positivo nos parâmetros de
7 produção.

8 As sobrevivências e produtividades encontradas no experimento apresentaram
9 diferenças significativas entre as estratégias de fertilização. Zemor (2018), realizando
10 experimento com a mesma espécie, nas mesmas instalações e com fertilização orgânica,
11 obteve valores de sobrevivência ($76,0 \% \pm 7,5$), similar ao obtido no presente estudo
12 $78,76 \% \pm 1,34$, enquanto a produtividade do presente estudo foi de bom rendimento
13 com $6,84 \pm 0,14$ ton. ha⁻¹.

14

15 **6. CONCLUSÕES**

16 Através dos resultados deste estudo conclui-se que quando um aporte de
17 nutrientes é feito através da fertilização orgânica, favorecendo o estabelecimento e
18 desenvolvimento da comunidade microbiana ocorre um efeito positivo na redução de
19 cianobactérias durante o ciclo de cultivo. Entretanto, na parte final do experimento
20 ocorreu uma floração de cianobactérias nos dois tratamentos, reduzindo a sobrevivência
21 dos camarões, porém sendo maior para o tratamento B30.

22 Apesar de não ser detectada diferenças significativas entre os parâmetros de
23 qualidade da água, foram obtidas as condições favoráveis à sobrevivência, mas o
24 crescimento foi afetado pelas temperaturas do presente estudo.

25 A estratégia de fertilização orgânica com 30 dias de antecedência promoveu
26 melhor estabelecimento e desenvolvimento de microrganismos de importância
27 nutricional para o camarão, o que causou uma melhor sobrevivência que se refletiu em
28 uma maior produção.

29

30

31

1 7. REFERÊNCIAS

- 2 ABREU M.C.S., MATTOS P., LIMA P.S., DOMINGOS P.A. 2011. Shrimp farming in
3 coastal Brazil: Reasons for market failure and sustainability challenges. *Ocean &*
4 *Coastal Management*, 54: 658-667.
- 5 ALONSO-RODRIGUEZ, R. & PAEZ-OSUNA, F. 2003. Nutrients, phytoplankton and
6 harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the
7 situation in the Gulf of California. *Aquaculture*, 219: 317–336.
- 8 ANDERSON D.M., GLIBERT P.M., BURKHOLDER J.M. 2002. Harmful algal
9 blooms and eutrophication nutrient sources, composition, and consequences.
10 *Estuaries*: 25: 704–726.
- 11 AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of
12 Analysis of AOAC, 16th edition. Cunniff P. (ed.), Washington, DC.
- 13 APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods. 19th Edition.
14 American Public Health Association, Washington, 1193.
- 15 ARIFIN N.B., FAKHRI M., YUNIARTI A., HARIATI A.M. 2017. Phytoplankton
16 Community at Intensive Cultivation System of Whiteleg Shrimp, *Litopenaeus*
17 *vannamei* in Probolinggo, East Java. *el-Hayah*, 6(3), 79-85.
- 18 AVNIMELECH Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture
19 systems. *Aquaculture*, 176:227–235.
- 20 AVNIMELECH Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge
21 bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264(1-4), 140-147.
- 22 AVNIMELECH Y. 2009. Biofloc technology. A practical guidebook. The World
23 Aquaculture Society, Baton Rouge, vol. 182.
- 24 AVNIMELECH Y. 2012. Biofloc Technology – A Practical Guide Book, 2d Edition.
25 The World Aquaculture Society. Louisiana. 272.
- 26 BAGENAL T.B. 1978. Methods of fish production in fresh waters. Oxford, Blackwell
27 Science. 365.
- 28 BALLESTER E.L.C., ABREU P.C., CAVALLI R.O., EMERENCIANO M., ABREU
29 L., WASIELESKY W. 2010. Effect of practical diets with different protein
30 levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a
31 zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture*
32 *Nutrition*.16:163-172.
- 33 BOYD C.E., DANIELS H.V. 1994. Liming and fertilization of brackishwater shrimp
34 ponds. *J. Appl. Aquaculture*. 2:221-234.

- 1 BOYD C.E. 1999. Pond aquaculture water quality management. Auburn University,
2 Alabama, 189.
- 3 BOYD C.E. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de
4 camarón. Em: Haws, M.C., Boyd, C.E. (eds.). Métodos para Mejorar la
5 Camaronicultura en Centroamerica. Editorial-Imprenta UCA, Managua
6 Nicaragua. 24-25.
- 7 BOYD C., CLAY J. 2002 Evaluation of Belize aquaculture, Ltd: super intensive shrimp
8 aquacultures system. FAO. Primera Edición, Roma. 17.
- 9 BOZELLI R. L., HUSZAR V.L.M. 2003. Comunidades fito e zooplancônicas
10 continentais em tempo de avaliação. LimnoTemas. Sociedade Brasileira de
11 Limnologia.
- 12 BROWDY C.L., BRATVOLD D., STOKES A.D, MCINTOSH R.P. 2001. Perspectives
13 on the application of closed shrimp culture systems. In: Browdy, CL & DE Jory.
14 (Eds.), The New Wave, Proceedings of the special session on sustainable shrimp
15 culture, Aquaculture. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA. 20–
16 34.
- 17 BURFORD M.A. 1997. Phytoplankton dynamics in shrimp ponds. Aquatic Research
18 28, 351–360.
- 19 BURFORD M.A., THOMPSON P.J., MCINTOSH R.P., BAUMAN R.H., PEARSON
20 C.D. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange
21 shrimp ponds in Belize. Aquaculture, 54:393-411.
- 22 BURFORD M.A., THOMPSON P.J., MCINTOSH R.P., BAUMAN R.H., PEARSON
23 D.C. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus*
24 *vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture 232,
25 525–537.
- 26 CLIFFORD H.C. 1992. Marine shrimp pond management: a review. In: Wyban J (ed)
27 Proceedings of the special session on shrimp farming. World Aquaculture
28 Society, Baton Rouge, pp 100–137.
- 29 COSTA C., WASIELESKY W., ODEBRECHT C. 2013. Impacto da Presença da
30 Cianobacteria *Nodularia spumigena* em cultivo de camarões marinhos em
31 sistema de bioflocos. Reunião Latina Americana Sobre Algas Nocivas, 7-9.
- 32 DE LARA A.R. 2005. *Panagrellus redivirus* (Nematoda) cultivado en medio de avena
33 enriquecido con *Spirulina sp.* para probar el crecimiento de la población y

1 calidad nutritiva. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional
2 Autónoma de México, México, 72.

3 DECAMP O., MOSS S. NAGANO N. 2001. Live protozoa: suitable live food for
4 larval fish and shrimp? *TheAdvocate* 4, 28–29.

5 EBELING J.M., TIMMONS M.B., BISOGNI J.J. 2006. Engineering analysis of the
6 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic control of
7 ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257:346-
8 358.

9 EMERENCIANO M., GAXIOLA G., CUZON G. 2013. Biofloc Technology (BFT): A
10 Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry, in: *Biomass*
11 Now-Cultivation and Utilization. pp. 301–328.

12 FERREIRA D.A., SILVA JR R.F., LEAL A. L., ALMEIDA M. A. F., CORREIA E. S.
13 2003. Crecimiento do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em viveiros
14 submetidos a diferentes regimes de fertilização. In: *Anais do XIII Congresso*
15 Brasileiro de Engenharia de Pesca, Porto Seguro: BA. 317-322.

16 FRÓES C., FÓES G., KRUMMENAUER D., BALLESTER E., POERSH L.H.,
17 WASIELESKY W.J. 2012. Fertilização orgânica com carbono no cultivo
18 intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus*
19 *vannamei*. *Atlântica*, 34:31-39.

20 FURTADO P.S., POERSCH L.H., WASIELESKY W. 2014. The effect of different
21 alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT).
22 *Aquac. Int.* 345–358.

23 FURTADO P.S., CAMPOS B.R., SERRA F.P., KLOSTERHOFF M., ROMANO L.A.,
24 WASIELESKY J.R. W. 2015. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white
25 shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). *Aquacult*
26 *Int.* 23(1): 315-327.

27 GALVEZ A.O., FIGUEIREDO C.V., DA SILVA C., MARINHO Y.F., VINATEA L.,
28 BRITO L.O. 2015. Plankton communities in shrimp monoculture, integrated
29 biofloc system. Missouri, USA: *Global Aquaculture Advocate*
30 Magazine.18(3):36-38.

31 GAO W., TIAN L., HUANG T., YAO M., HU W., XU Q. 2016. Effect of salinity on
32 the growth performance, osmolarity and metabolism-related gene expression in
33 white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 4, 125-129.

- 1 GAONA C.A.P., SERRA F.D.P., FURTADO P.S., POERSCH,L.H., WASIELESKY
2 W. 2016a. Biofloc management with different flow rates for solids removal in
3 the *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. Aquac. Int. 1–13.
- 4 GAONA C.A.P., SERRA F.D.P., FURTADO P.S., POERSCH L.H., WASIELESKY
5 W. 2016b. Effect of different total suspended solids concentrations on the growth
6 performance of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. Aquac. Eng. 72-73,65-
7 69.
- 8 GE H., LI J., CHANG Z., CHEN P., SHEN M., ZHAO F. 2016. Effect of microalgae
9 with semicontinuous harvesting on water quality and zootechnical performance
10 of white shrimp reared in the zero water exchange system. Aquac Eng 72–
11 73:70–76.
- 12 HARGREAVES J. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture.
13 Aquacult. Eng., 34: 344–363.
- 14 HARGREAVES J. A. 2013. Biofloc production systems for aquaculture. SRAC
15 Publication.1-11.
- 16 JACOB A. P., CULVER D. A. 2010. Experimental evaluation of the impacts of reduced
17 inorganic phosphorus fertilization rates on juvenile saugeye production.
18 Aquaculture, 304(1-4), 22-33.
- 19 JORY D.E., CABRERA T.R., DUGGER D.M., FEGAN .D, LEE P.G., LAWRENCE
20 A.L., JACKSON C.J., MCINTOSH R.P., CASTAÑEDA J. 2001. A global
21 review of shrimp feed management: Status and perspectives. P.104-152 in:
22 Browdy, C. L., Jory, D. E. (Eds.), The New Wave, Proceedings of the Special
23 Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture. The World Aquaculture
24 Society, Baton Rouge, USA.
- 25 JU Z.Y., FORSTER I., CONQUEST L., DOMINY W., KUO W. C., DAVID HORGEN
26 F. 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc
27 cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. Aquaculture
28 Research, 39(2), 118-133.
- 29 KUANG Q., BI Y., XIA Y., HU Z. 2004. Phytoplankton community and algal growth
30 potential in Taipinghu reservoir, Anhui Province, China. Lakes & Reservoirs:
31 Research & Management 9: 119-124.
- 32 KUHN D. D., SMITH S. A., BOARDMAN G. D., ANGIER M. W., MARSH L.,
33 FLICK JR G. J. 2010. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp,

- 1 *Litopenaeus vannamei*: impacts on survival, growth, antennae length, and
2 pathology. *Aquaculture*, 309(1-4), 109-114.
- 3 KRUMMENAUER D., PEIXOTO S., CAVALLI R.O., POERSCH L.H.,
4 WASIELESKY W.J. 2011. Superintensive Culture of White Shrimp,
5 *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at
6 Different Stocking Densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42:726-
7 733.
- 8 KRUMMENAUER D., SAMOCHA T., POERSCH L.H., LARA G., WASIELESKY
9 W., 2014. The reuse of water on the culture of pacific white shrimp, *Litopenaeus*
10 *vannamei*, in BFT system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45, 3–14.
- 11 LIN Y., CHEN J. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
12 juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 259: 109-119.
- 13 LIN Y.C., CHEN J.C. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
14 juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224: 193-201
- 15 LOUREIRO K.C., WILSON W.J., ABREU P.C. 2012. Utilização de protozoários,
16 rotíferos e nematódeos como alimento vivo para camarões cultivados no sistema
17 BFT. *Atlântica*, Rio Grande 34(1): 5-12.
- 18 LUKWAMBE B., QIUQIAN L., WU J., ZHANG D., WANG K., ZHENG Z.. 2015.
19 The effects of commercial microbial agents (probiotics) on phytoplankton
20 community structure in intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)
21 aquaculture ponds. *Aquac Int* 23:1443–1455.
- 22 LLARIO F., RODILLA M., ESCRIVÁ J., FALCO S., SEBASTIÁ-FRASQUET M. T.
23 2018. Phytoplankton evolution during the creation of a biofloc system for
24 shrimp culture. *International Journal of Environmental Science and Technology*,
25 1-12.
- 26
- 27 MAICÁ P.F., BORBA M.R., WASIELESKY W. Effect of low salinity on microbial
28 floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles
29 reared in a zero water exchange super-intensive system. *Aquaculture research*.
30 43:361-370.
- 31 MEZ K., BEATTIE K.A., CODD G.A., HANSELMANN K., HAUSER B., NAEGELI
32 H. PREISING H.R. 1997. Identification of a microcystin in benthic
33 cyanobacteria linked to cattle deaths on alpine pastures in Switzerland. *European*
34 *Journal of Phycology* 32, 111-117.

- 1 MIZUTA S., IMA H., CHANG K.H., DOI H., NISHIBE Y., NAKANO S. 2011.
2 Grazing on *Microcystis (Cyanophyceae)* by testate amoebae with special
3 reference to cyanobacterial abundance and physiological state. *Limnology*
4 12(3):205-211.
- 5 MISCHKE C.C. 2012. Aquaculture Pond Fertilization: Impacts of Nutrient Input on
6 Production.314.
- 7 MUHLERT A.C.S., LIMA J.S.G., MACHADO L., EVANGELISTA R.A. 2013.
8 Indicadores numéricos como ferramenta para avaliação da sustentabilidade
9 ecológica da carcinicultura marinha em Sergipe, Brasil. *Interciência*, 38:615-
10 620.
- 11 MÖLLER JR., CASTAING O.O., SALOMON P., LAZURE J.C.P. 2001. The influence
12 of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos
13 Lagoon. *Estuaries*, 24(2), 297-311.
- 14 NAGANO N., DECAMP O. 2004. Ingestion of a ciliated protozoa by first-feeding
15 larval stage of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture*
16 *Research* 35, 516-518.
- 17 NAYLOR RL, GOLDBURG R.J., PRIMAVERA J.H., KAUTSKY N., BEVERIDGE
18 M.C., CLAY J., FOLKE C., LUBCHENCO J., MOONEY H., TROELL M.
19 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 1017–1024.
- 20 OTOSHI C.A., MONTGOMERY A.D., LOOK A.M., MOSS S.M. 2001. Effects of diet
21 and water source on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus*
22 *vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32: 243–249.
- 23 PEIXOTO J.R.S., WASIELESKY J.R.W., LOUZADA JR.L. 2003. Comparative
24 analysis of pink shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and Pacific white shrimp,
25 *Litopenaeus vannamei*, culture in extreme southern Brazil. *Journal of Applied*
26 *Aquaculture*, 14, (1-2), 101-111.
- 27 PEREZ A.J.D. 2010. Aplicación y evaluación de un reactor de contactores biológicos
28 rotativos (RBC o biodiscos), a escala de laboratorio como tratamiento de los
29 lixiviados generados en el relleno sanitario de la Pradera. Tesis de Maestría
30 Ingeniería Urbana, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Medellín,
31 259.
- 32 PRIMAVERA J.H. 1998. Tropical shrimp farming and its sustainability. In: Silva, S.S.
33 (Ed.), *Tropical Mariculture*. Academic Press, London, 257–289

- 1 RAY A.J., LEWIS B.L., BROWDY C.L., LEFFLER J.W. 2010. Suspended solids
2 removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an
3 evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture
4 systems. *Aquaculture* 299(1-4): 89-98.
- 5 ROSET J., AGUAYO S., MUÑOZ M.J. 2001. Detección de cianobacterias y sus
6 toxinas. Una revisión. *Revista de Toxicología*, 18.
- 7 SANTANA W.M., LEAL A., SANTANA W.M., LUCIO M.Z., CASTRO P.F.,
8 CORREIRA E.S. 2008. Respostas planctônica e bentônica a diferentes
9 fertilizações no cultivo do camarão *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez_Farfante,
10 1967). *B. Inst. Pesca*. 34(1):21-27.
- 11 SCHEFFE, M., RINALD, S., GRAGNANI A., MUR L.R., VAN NES E.H. 1997. On
12 the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology* 78
13 (1), 272–282.
- 14 SCHRYVER P.D., CRAB R., DEFOIRDT T., BOON N., VERSTRAETE W. 2008.
15 The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture.
16 *Aquaculture*, 277: 125-137.
- 17 SCHVEITZER R., ARANTES R., COSTÓDIO, P.F.S., ESPÍRITO SANTO C.M.,
18 VINATEA L., QUADROS W., ANDREATTA E.R. 2013. Effect of different
19 biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of
20 *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange.
21 *Aquac. Eng.* 56, 59–70.
- 22 SHERR E.B., SHERR B.F. 1994. Bacterivory and herbivory: key roles of phagotrophic
23 protists in pelagic food webs. *Microbial Ecology* 28:223-235
- 24 SHERR E.B., SHERR B.F. 2002. Significance of predation by protists in aquatic
25 microbial food webs. *Antonie Leewenhoek*, 81: 293-308.
- 26 SILVERIA B.S. 2017. Respostas fisiológicas da cianobactéria *Nodularia spumigena*
27 Isolada no extremo sul do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do
28 Rio Grande. 177
- 29 SMITH V. H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green
30 algae in lake phytoplankton. *Science* 221:669–671.
- 31 SMITH J.L., BOYER G.L., ZIMBA P.V. 2008. A review of cyanobacterial odorous and
32 bioactive metabolites: impacts and management alternatives in aquaculture.
33 *Aquaculture*, 280: 5-20.

- 1 FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de
2 desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- 3 SOKAL R.R., ROHLF F.J. 1969. Biometry. Principle and practices of statistics in
4 biological research. W H Freeman & Co, 776.
- 5 SOLANO-MOTOCHE G.W. 2003. Efecto del hidróxido de calcio sobre la calidad del
6 agua y la producción de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en aguas
7 salobres. Tesis (Maestría en Ciencias). Guayaquil, Ecuador. Facultad de
8 ingeniería marítima y ciencias del mar. 124.
- 9 SOUZA D.M., BORGES V.D., FURTADO P., ROMANO L.A., WASIELESKY J.R.
10 W., MONSERRAT J.M., GARCIA L.O. 2016. Antioxidant enzyme activities
11 and immunological system analysis of *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc
12 technology (BFT) at different water temperatures. *Aquaculture*.
- 13 STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R. 1972. A practical handbook of seawater
14 analysis. Canada, Ottawa: Fishery Research Board, 310.
- 15 TACON ALBERT G.J. 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management
16 Practices in Shrimp Aquaculture. World Bank/NACA/WWF/FAO Consortium
17 Program on Shrimp Farming and the Environment, 68.
- 18 TEW K.S., CONROY J.D., CULVER D.A. 2006. Effects of lowered inorganic
19 phosphorus fertilization rates on pond production of percid
20 fingerlings. *Aquaculture*, 255(1-4), 436-446.
- 21 TIMMONS M.B., EBELING J.M. 2010. Recirculation Aquaculture. 2ª Ed. Cayuga
22 Aqua Ventures, 948p.
- 23 UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
24 Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commissiony. Paris,
25 France.
- 26 UTERMÖHL H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton
27 metthodic. Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte
28 Limnologie, 9:1-38.
- 29 VAN WYK, P., SCARPA, J. 1999. Water Quality Requirements and Management.
30 Farming Mar. Shrimp Recirc. Freshw. Syst. 141–161.
- 31 VINTILA S., SHEHAWY R.E. 2007. Ammonium ions inhibit nitrogen fixation but do
32 not affect heterocyst frequency inthe Bloom-forming cyanobacterium *Nodularia*
33 *spumigena* strain AV1. *Microbiolofy*, 153(11), 3704-3712.

- 1 WASIELESKY W.J., ATWOOD H., STOKS A., BROWDY C. 2006. Effect of natural
2 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive
3 culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-
4 403.
- 5 WELSCHMEYER N.A. 1994. Fluorimetric analysis of chlorophyll a in the presence of
6 chlorophyll and pheopigments. *Limnology. Oceanography*. 39: 1985-1992.
- 7 YUSOFF F.M., ZUBAIDAH, M.S., MATIAS, H.B., KWAN, T.S. 2002. Phytoplankton
8 succession in intensive marine shrimp culture ponds treated with a commercial
9 bacterial product. *Aquaculture Research*, 33(4): 269-278.
- 10 ZEMOR J.C. 2018. Aprimoramento das técnicas de manejo em viveiros de produção
11 intensiva do *Litopenaeus vannamei* no sistema de bioflocos. Tese de Doutorado.
12 Universidade Federal do Rio Grande. 115 p.
- 13 ZHANG K., PAN L., CHEN W., WANG C. 2015. Effect of using sodium bicarbonate
14 to adjust the pH to different levels on water quality, the growth and the immune
15 response of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange
16 biofloc-based culture tanks. *Aquaculture Research*. 1–15.
- 17 ZHU S., CHEN S. 2001. Effects of organic carbon on nitrification rate in fixed film
18 biofilters. *Aquacultural Engineering*. 25: 1-11.

19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34