



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

EQUIPARAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

Projeto: DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E TAXA DE INFECÇÃO EM *Litopenaeusvannamei* EXPERIMENTALMENTE INFECTADOS COM O VÍRUS DA SÍNDROME DA MANCHA BRANCA (WSSV) CULTIVADOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS COM ADIÇÃO DE *Navicula* sp. E *Brachionusplicatilis*

Plano: EFEITO DA DENSIDADE DE ADIÇÃO DA MICROALGA *Navicula* sp. SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS, SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E VOLÁTEIS NO CULTIVO DE PÓS-LARVAS DO *Litopenaeusvannamei* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

Marina Cunha Alves de Oliveira

Recife
Julho, 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

Marina Cunha Alves De Oliveira

Prof. (a) Dr.(a) LUIS OTÁVIO BRITO DA SILVA
Orientador
Msc PRISCILLA CELES MACIEL DE LIMA
Co-orientadora

Recife
Julho, 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

O48e Oliveira, Marina Cunha Alves de.

Efeito da densidade de adição da Microalga *Navicula* sp. sobre a concentração de sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais e voláteis no cultivo de pós-larvas do *Litopenaeus vannamei* em sistemas de bioflocos / Marina Cunha Alves de Oliveira. – Recife, 2019.

27 f.: il.

Orientador(a): Luis Otavio Brito da Silva.

Coorientador(a): Priscilla Celes Maciel de Lima.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Engenharia de Pesca, Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referências.

1. Camarão 2. Microalga 3. Bioflocos I. Silva, Luis Otavio Brito da, orient. II. Lima, Priscilla Celes Maciel de, coorient. III. Título

CDD 636.089

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

Parecer da comissão examinadora da monografia de

MARINA CUNHA ALVES DE OLIVEIRA

Prof. DrLuis Otávio Brito da Silva

Orientador

Departamento de Pesca e Aquicultura

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ana Paula Felipe dos Santos

Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Suzianny Maria Bezerra Cabral Da Silva

Doutora em Recursos Pesqueiros e Aquicultura

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

Suplente

Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife

Julho, 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado durante toda jornada, ter me dado sabedoria e não permitindo que desistisse.

Aos meus pais e irmão, Adalberto Oliveira, Sara Oliveira e Adalberto Filho, por toda força, incentivo, por serem minha base e reais exemplos de vida.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo incentivo e financiamento da pesquisa.

A todos meus familiares, em especial meu primo Danyllo Prestes, pela amizade e companheirismo.

Ao meu namorado e amigo, Edivaldo Moraes, por ter sido fundamental nesta reta final, por toda ajuda nas realizações das atividades, pela paciência, companheirismo, força, incentivo e por acreditar sempre no meu potencial.

As minhas amigas da vida, Jhérsica Fernandes, Marcella Gomes, Maria Luiza, Mayara Domingues e Thaís Cavalcanti, pelo companheirismo, por todos os momentos únicos, e principalmente pela amizade independente da distância

Ao professor Luis Otavio, pela orientação, pelos conhecimentos passados, por ser sempre atender minha primeira chamada na hora da dúvida, e pelo apoio quando mais precisei.

À Yllana Marinho pelas orientações em todos os relatórios, pelos conhecimentos passados, incentivo, apoio, pela amizade construída, por ser meu orgulho e inspiração.

Ao Prof. Paulinho Oliveira, pela amizade, pelas horas de conversas, pelos conselhos e pelo melhor sorriso do Departamento de Pesca e Aquicultura.

Aos amigos e irmãos que ganhei durante os anos no laboratório, Hélder Santana e Ana Paula, pelas horas de descontração e pelo apoio em meio às dificuldades.

A todos que me ajudaram de forma direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho. Em especial, aos companheiros de Laboratório de Maricultura Sustentável – LAMARSU e Laboratório de Carcinicultura - LACAR, Hugo Rodrigo, Igor Henrique,

Marcos Canedo e minha co-orientadora Priscilla Celes, que sempre me socorreu nos relatórios.

Aos meus amigos e companheiros de jornada, Gênison Silva, Hugo Rodrigo, Isabela Marques, Marcos Canedo, Tainan Araujo, Thaíse Alves, Victor Sacramento e Wilker Fonseca, por tudo que enfrentamos ao longo do curso, muitas fotos do caderno, muitos resumos antes das provas, os muitos estresses e problemas, os vários “a gente vai conseguir”, “você não vai desistir”, “dá pra passar, pow”, mas que depois eram só histórias passada e rimos de tudo. Em especial a Igor Figueredo, pela parceria nas reprovações da vida, por ter sido minha principal turma do começo até a conclusão do curso.

À todos os amigos que a graduação me deu.

Aos meus cachorros, Tonny Terverson, Elysabella Terverson, Mellynda Terverson, Rubson Terverson e minha filha, Jullye Terverson Morais, pelo amor incondicional.

Sumário

INTRODUÇÃO	11
OBJETIVOS.....	13
Geral	13
Específicos	13
METODOLOGIA	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
Qualidade da água	15
Sólidos x Qualidade da água.....	17
Desempenho zootécnico	21
Sólidos x Desempenho zootécnico.....	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Unidades de cultivo com volume útil de 50 litros utilizadas no cultivo de pós-larvas de camarão marinho.....	14
Figura 2: Sólidos Suspensos Totais (mg/L) ao longo das semanas.	16
Figura 3: Correlação de Pearson entre NAT e SST no cultivo de pós-larvas do camarão L. vannamei em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula</i> sp..	19
Figura 4: Correlação de Pearson entre SST e pH no cultivo de pós-larvas do camarão L. vannamei em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula</i> sp.	20
Figura 5: Correlação de Pearson entre Oxigênio dissolvido e SSV no cultivo de pós-larvas do camarão L. vannamei em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula</i> sp.	20
Figura 6: Correlação de Pearson entre Ortofosfato e SSV no cultivo de pós-larvas do camarão L. vannamei em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula</i> sp.	21
Figura 7: Correlação de Pearson entre sólidos suspensos totais com peso (g) (A), biomassa (g) (B), ganho de biomassa (g) (C) e produtividade (Kg/m ³) (D) no cultivo de pós-larvas do camarão L. vannamei em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula</i>	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis dos sólidos presentes no cultivo de pós-larvas do camarão <i>L. vannamei</i> em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula sp.</i>	16
Tabela 2: Variáveis de qualidade de água do cultivo de pós-larvas do camarão <i>L. vannamei</i> em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula sp.</i>	16
Tabela 3: Correlação de Pearson entre sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis e sólidos sedimentáveis com os demais parâmetros do cultivo de pós-larvas do camarão <i>L. vannamei</i> em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula sp.</i>	18
Tabela 4: Desempenho zootécnico do cultivo de pós-larvas do camarão <i>L. vannamei</i> .	22
Tabela 5: Correlação de Pearson entre sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis e sólidos sedimentáveis com os demais parâmetros zootécnicos do cultivo de pós-larvas do camarão <i>L. vannamei</i> em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga <i>Navicula sp.</i>	22

RESUMO

Com a necessidade de reduzir a emissão de efluentes para o meio ambiente, a aquicultura vem buscando por novos sistemas de cultivo. Neste sentido o sistema de bioflocos (BFT) surge como uma alternativa, pois utiliza mínima troca de água, entretanto, essa redução ocasiona um acúmulo de sólidos no sistema. Tornando-se necessária a caracterização e tratamento destes sólidos que são gerados ao longo do cultivo e sua influência sobre a qualidade da água e desempenho zootécnico dos organismos. Por este motivo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os sólidos no cultivo de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos com adição de *Navicula* sp. e sua interação com as variáveis de qualidade da água e o desempenho dos camarões. Os sólidos foram avaliados em quatro tratamentos: BFT (bioflocos sem adição de *Navicula* sp.); BFT 2,5N (bioflocos e adição de *Navicula* sp. na densidade de $2,5 \times 10^4$ células mL⁻¹); BFT 5,0N (bioflocos e adição de *Navicula* sp. na densidade de $5,0 \times 10^4$ células mL⁻¹); e BFT 10,0N (bioflocos e adição de *Navicula* sp. na densidade de $10,0 \times 10^4$ células mL⁻¹), em triplicata e durante 42 dias. A adição da *Navicula* sp. foi realizada no 1º, 10º, 20º e 30º dias de cultivo. As pós-larvas (PL10) foram mantidas em caixas retangulares de polietileno de cor preta com volume útil de 50 litros (0,05 m³) e a densidade de 3.000 camarões m⁻³. Os camarões foram alimentados 4x ao dia com ração de 40% PB e fonte de carboidrato (melaço) foi aplicada diariamente. Os parâmetros físico-químicos de qualidade de água permaneceram dentro dos níveis ideais para o cultivo de *L. vannamei* durante todo o cultivo. Os sólidos aumentaram ao longo do tempo, mas não houve diferença significativa entre os tratamentos, e o mesmo manteve-se dentro dos parâmetros ideais. Ao analisar a correlação dos valores de sólido com as variáveis de qualidade de água, encontrou-se que os sólidos suspensos totais apresentam correlação positivas significativas com os sólidos suspensos voláteis, nitrito e ortofosfato, e negativa significativas com oxigênio dissolvido, pH e amônia total. Desta forma, é possível observar que os sólidos encontrados no sistema de bioflocos acumulam-se ao longo do tempo, além de influenciar outras variáveis de qualidade de água. Os sólidos suspensos totais apresentaram uma correlação positiva com alguns parâmetros zootécnicos (peso, biomassa, ganho de biomassa e produtividade), devido a forte correlação positiva do desempenho e dos sólidos com o tempo e ao elevado valor nutricional dos flocos.

INTRODUÇÃO

A produção de camarão marinho expandiu-se significativamente nas últimas décadas. Em 2016, aproximadamente 80 milhões toneladas da produção mundial foram obtidas a partir do cultivo de crustáceos, dentre os camarões o *Litopenaeus vannamei* é a espécie mais cultivada (FAO, 2018). No Brasil, a produção de camarão marinho foi de aproximadamente 52 mil toneladas no ano de 2016, onde o Nordeste representa 99,2% da produção nacional (IBGE, 2017).

A história da carcinicultura marinha no Brasil é formada por diferentes momentos, que vão das altas rentabilidades até profundas crises (NUNES et al., 2005). A atividade de cultivo de camarões se destaca como uma das principais atividades da aquicultura, e seu desempenho no território brasileiro se deve aos cultivos localizados na região Nordeste, onde está instalada a maioria dos laboratórios de pós-larvas e das fazendas de criação de camarão marinho.

Historicamente, os cultivos de camarões utilizam grandes taxas de renovação de água, liberando via efluentes, cargas significativas de nutrientes (alimentos não consumidos, fertilização, resíduos metabólicos) e matéria orgânica (BOYD, 2003; KRUMMENAUER et al., 2012). A aquicultura, assim como toda a atividade produtiva, acarreta impactos ambientais, especialmente pelos efluentes gerados (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008).

Os principais impactos dos efluentes sobre os ambientes naturais são o aumento das concentrações de nutrientes na água e no sedimento, acarretando no desenvolvimento de grandes populações de fitoplâncton e de bactérias (REDDING et al., 1997). Por conta disso, novas técnicas foram desenvolvidas a fim de amenizar os impactos que a aquicultura pode causar no meio ambiente sem deixar de otimizar a produção (VALENTI, 2000).

A tecnologia de bioflocos (BFT - BioflocTechnology), também conhecida como sistema heterotrófico ou até mesmo mixotrófico dependendo da fase, é uma tecnologia que utiliza o controle da relação carbono-nitrogênio para controlar o acúmulo de compostos nitrogenados que podem ser tóxicos aos organismos cultivados, além da utilização de proteína microbiana como fonte de alimento para peixes e camarões (CRAB et al., 2007). Além disso, pode-se reduzir a emissão de efluentes, através da troca zero ou mínima de água, aumentando a eficiência alimentar por utilizar os

microrganismos associados aos bioflocos como alimento, reduzindo assim, a demanda por proteína nas rações, reduzindo os custos com alimentação exógena (ASADUZZAMAN et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2013).

Porém, como este sistema utilizam o mínimo de troca de água, é caracterizado pelo acúmulo de sólidos em suspensão, tornando-se necessária a remoção destes sólidos que são gerados ao longo do cultivo (MARTINS et al., 2010; KRUMMENAUER et al., 2012).

Sólidos suspensos totais em sistemas com mínima renovação de água com valores inferiores a 200 mg / L prejudicam os processos de nitrificação, e as concentrações acima de 800 mg / L podem afetar no desenvolvimento e sobrevivência dos camarões, como o entupimento das brânquias pelos bioflocos (SCHVEITZER et al., 2013), com isso, é necessário o controle dos sólidos afim de mantê-los na faixa ideal.

Segundo GODOS et al. (2011), as microalgas podem exercer uma função fundamental quando relacionadas ao tratamento de efluentes. As microalgas são altamente eficientes na remoção de fósforo e nitrogenados presentes na água (SHI et al., 2007; CRAB et al., 2007), metabolizando-os e utilizando para o crescimento de suas células, o que conseqüentemente proporciona uma melhoria na qualidade da água (LAVENS e SORGELOOS, 1996) e uma maior produção de biomassa (LAM e LEE, 2012). Esta biomassa algal, pode ser utilizada em diversas áreas, como: produção de alimento para organismos aquáticos e humanos, biodiesel, fármacos, cosméticos etc.

As microalgas são ricas em ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), eicosapentaenoico (EPA) e docosaenoico (DHA). As diatomáceas são as microalgas mais desejadas pelos camarões marinhos, pois apresentam aminoácidos essenciais e ácidos graxos que são fundamentais para o seu crescimento e sua sobrevivência (LOURENÇO, 2006; DANTAS et al., 2007). Por ser bentônicas e de fácil cultivo, a *Navicula* sp. pode desempenhar um importante papel na nutrição dos camarões marinhos, o que possibilita uma melhor alimentação e com ricos valores nutricionais para o animal, além de melhorar a qualidade da água (LAVENS e SORGELOOS, 1996; MARTINS et al., 2010).

OBJETIVOS

Geral

Avaliação dos sólidos do cultivo de pós-larvas do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos com adição de *Navicula* sp. e sua correlação com as demais variáveis de qualidade de água e desempenho zootécnico.

Específicos

- Avaliar o efeito da densidade de adição da microalga *Navicula* sp. sobre a concentração de sólidos sedimentáveis;
- Avaliar o efeito da densidade de adição da microalga *Navicula* sp. sobre a concentração de sólidos suspensos totais;
- Avaliar o efeito da densidade de adição da microalga *Navicula* sp. sobre a concentração de sólidos suspensos voláteis;
- Avaliar a interação dos sólidos com as variáveis de qualidade da água e o desempenho dos camarões.

METODOLOGIA

O experimento de caracterização dos sólidos foi realizado no Laboratório de Maricultura Sustentável do Departamento de Pesca e Aquicultura, durante 42 dias de berçário intensivo de camarões marinhos duração de 42 dias, através de. Os sólidos foram avaliados em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos, com três repetições cada. Os tratamentos foram: BFT (bioflocos sem adição de *Navicula* sp.); BFT 2,5N (bioflocos e adição de *Navicula* sp. na densidade de $2,5 \times 10^4$ células mL⁻¹); BFT 5,0N (bioflocos e adição de *Navicula* sp. na densidade de $5,0 \times 10^4$ células mL⁻¹); e BFT 10,0N (bioflocos e adição de *Navicula* sp. na densidade de $10,0 \times 10^4$ células mL⁻¹). A produção de *Navicula* sp. e a sua respectiva adição ao 1º, 10º, 20º e 30º dias de cultivo foram efetuadas conforme Marinho et al. (2014) e Brito et al. (2016).

Antes da preparação do biofloco, a água do mar (35 g L⁻¹) foi filtrada a 30 µm e clorada a 20 g L⁻¹ (13 g L⁻¹ de cloro ativo). A preparação do sistema com biofloco foi realizada 40 dias antes da estocagem dos camarões, através da fertilização inorgânica, com aplicação de ureia e superfosfato triplo, nas concentrações de 0,3 e 3 mg L⁻¹, e fertilizações orgânicas, através da aplicação de uma fonte de carbono orgânico (melaço de cana de açúcar) e nitrogênio (ração comercial de 40% de proteína bruta), para manter a relação Carboidratos:Nitrogênio de 12:1. O melaço (fonte de carbono orgânico) foi

adicionada diariamente às 10h, onde foi calculado conforme os trabalho realizado por Avnimelech (2009). Cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) foi utilizada para manter a alcalinidade $> 150 \text{ mg L}^{-1}$ e $\text{pH} > 7.5$ (FURTADO et al., 2011).

As pós-larvas (PL10) foram mantidas em caixas retangulares de polietileno de cor preta com volume útil de 50 litros (0.05 m^3) e a densidade de 3000 camarões m^{-3} (Figura 1). Todas as unidades experimentais foram cobertas com telas para conter os aerossóis, sendo mantidas sob aeração constante e fotoperíodo 12h escuro:12h claro.



Figura 1: Unidades de cultivo com volume útil de 50 litros utilizadas no cultivo de pós-larvas de camarão marinho.

Os camarões foram alimentados com ração comercial (40% proteína bruta, 8,0% extrato etéreo, 13% umidade, 4,0% fibra bruta, 12,0% material mineral, 3,0% cálcio, 1,3% de fósforo). A quantidade de ração é ajustada de acordo com a estimativa de consumo, mortalidades e sobras segundo metodologia de Van Wyk (1999). A frequência de fornecimento foi de quatro vezes ao dia (8h, 11h, 14h e 17h). Para controle dos sólidos sedimentáveis utilizou-se o decantador, para manter os SS $< 14 \text{ mL L}^{-1}$ (SAMOCHA et al., 2017).

As variáveis de qualidade de água, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e sólidos totais dissolvidos, foram monitorados diariamente pela manhã e pela tarde (às 8 e as 16 horas, respectivamente) com o auxílio do multiparâmetro YSI 556 (Yellow Springs Incorporated - YSI, OH, USA).

Os sólidos suspensos totais - SST (APHA 2005 – 2540D) e sólidos suspensos voláteis - SSV (APHA 2005 - 2540E) foram mensurados semanalmente. Para determinação dos sólidos, o material foi filtrado em membranas Millipore HAWP de tamanho de poro de $0,45 \mu\text{m}$, em seguida secos em estufa (105°C) para encontrar os sólidos suspensos totais (SST), e após a volatilização dos sólidos em suspensão (550°C)

encontra-se os sólidos suspensos inorgânicos (SSI). As concentrações de sólidos suspensos voláteis (SSV) é a diferença entre o SST e o SSI. Os sólidos dissolvidos totais (TDS) foram aferidos duas vezes por dia com o auxílio do multiparâmetro (YSI modelo 556, Yellow Springs, Ohio, EUA). Além disso, duas vezes na semana foram mensurados os sólidos sedimentáveis, com auxílio de cone Imhoff (AVNIMELECH, 2009), onde foi coletado 1L da água do cultivo, deixando a decantação dos sólidos por 20min.

Os compostos nitrogenados (nitrogênio da amônia total - NAT), nitrogênio-nitrito (N-NO₂-), nitrato (NO₃-) e a alcalinidade (CaCO₃), foram mensurados semanalmente seguindo os métodos descritos por Koroleff (1976), Golterman et al. (1978), Mackereth et al. (1978) e Felföldy et al. (1987), respectivamente.

Os dados amostrados foram previamente analisados quanto à homogeneidade das variâncias (Cochran) normalidade (Shapiro-Wilk), respectivamente. Para os dados normais foi utilizada a análise de variância de medidas repetidas e quando observada diferença significativa entre os tratamentos, foi utilizado o teste de comparação de médias de Tukey ($\alpha < 0,05$). Para os dados não normais foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha < 0,05$), e o teste de Pearson com significância de $\alpha < 0,05$ foi utilizado para as correlações. Todos os dados foram analisados através do software STATISTICA 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade da água

Não foi encontrado diferença significativa dos sólidos nos diferentes tratamentos com diferentes densidades da microalga *Navícula* sp (Tabela 1), estando esses dentro dos parâmetros ideais sugeridos por Samocha et al. (2017). Os sólidos suspensos totais aumentaram ao longo do tempo, chegando na última semana com aproximadamente 300 mg/L (Figura 2).

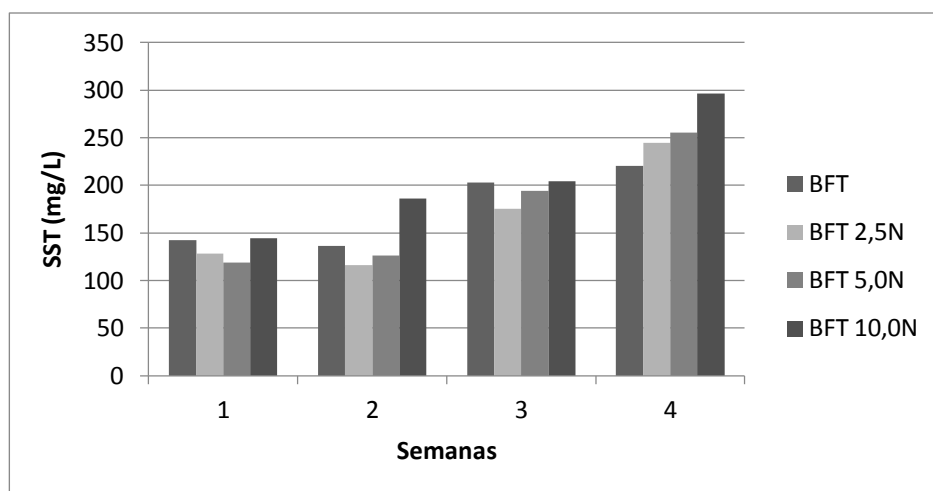


Figura 2: Sólidos Suspensos Totais (mg/L) ao longo das semanas.

Tabela 1: Variáveis dos sólidos presentes no cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga *Navicula sp.*

Sólidos	BFT	BFT2,5	BFT5,0	BFT10,0
SST	170,33 ± 38,6a (150 - 283)	146,94 ± 66,31a (70 - 292)	159 ± 64,74a (100 - 305)	194,04 ± 86,65a (80 - 320)
SSV	181,19 ± 0,08a (60 - 114)	161,41 ± 0,08a (37 - 99)	176,8 ± 0,09a (40 - 110)	75,64 ± 0,03a (30 - 120)
SS	9,83 ± 7,23a (4 - 23)	8,08 ± 9,08a (4 - 35)	6,40 ± 3,82a (4 - 18,5)	7,26 ± 4,62a (4 - 20)

Legenda: SST - sólidos suspensos totais; SSV - sólidos suspensos voláteis; SS - sólidos sedimentáveis.

As variáveis de qualidade de água, não apresentaram diferença significativa ($\alpha < 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 1). A temperatura da água oscilou entre $27,69 \pm 0,58$ a $29,08 \pm 0,11^\circ\text{C}$ durante todo o período de cultivo permanecendo dentro da faixa de temperatura ideal de $26-33^\circ\text{C}$ para camarões marinhos (NUNES et al., 2005), assim como as demais variáveis.

Tabela 2: Variáveis de qualidade de água do cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga *Navicula sp.*

Variáveis	Tratamentos				h=6,3385
	BFT	BFT 2,5	BFT 5,0	BFT 10,0	
NAT (mg L^{-1})	0,19 ± 0,03 ^a (0,53 - 0,03)	0,20 ± 0,06 ^a (0,51 - 0,01)	0,08 ± 0,06 ^a (0,21 - 0,00)	0,08 ± 0,02 ^a (0,22 - 0,00)	

N-Nitrito (mg L⁻¹)	0,40 ± 0,00 ^a (0,49 - 0,05)	0,40 ± 0,00 ^a (0,49 - 0,06)	0,38 ± 0,01 ^a (0,49 - 0,01)	0,38 ± 0,01 ^a (0,40 - 0,01)	h=1,9183
Nitrato (mg L⁻¹)	0,97 ± 0,02 ^a (1,25 - 0,81)	0,95 ± 0,01 ^a (1,16 - 0,82)	0,97 ± 0,01 ^a (1,27 - 0,81)	0,98 ± 0,01 ^a (1,27 - 0,82)	h=0,5906
Alcalinidade (mg L⁻¹)	158,93±11,48 ^a (223 - 118,5)	140,53±11,60 ^a (175,5 - 100)	156,53 ± 19,61 ^a (170,5 - 132,5)	157,60 ± 9,47 ^a (181,83 - 122,67)	p=0,406
Ortofosfato (mg L⁻¹)	1,18 ± 0,14 ^a (1,75 - 0,70)	1,11 ± 0,12 ^a (1,92 - 0,63)	1,19 ± 0,06 ^a (1,97 - 0,70)	1,17 ± 0,09 ^a (1,93 - 0,69)	h=0,7978
pH	8,30 ± 0,03 ^a (9,08 - 7,59)	8,31 ± 0,05 ^a (9,08 - 7,60)	8,31 ± 0,02 ^a (9,06 - 7,58)	8,30 ± 0,02 ^a (9,07 - 7,58)	h=0,2156
Temperatura (°C)	28,23 ± 0,12 ^a (28,7 - 27,6)	28,42 ± 0,10 ^a (29,0 - 28,0)	28,39 ± 0,37 ^a (29,0 - 28,1)	28,38 ± 0,03 ^a (29,0 28,0)	h=1,3204
Oxigênio Dissolvido (mg L⁻¹)	5,12 ± 0,02 ^a (5,26 - 4,90)	5,09 ± 0,04 ^a (5,26 - 4,83)	5,08 ± 0,03 ^a (5,41 - 4,81)	5,01 ± 0,03 ^a (5,24- 4,72)	p=0,196
Salinidade (g L⁻¹)	31,0 ± 0,57 ^a (32,6 - 29,2)	31,7 ± 0,39 ^a (33,4 - 31,0)	31,94 ± 0,39 ^a (33,3 - 31,3)	32,05 ± 0,32 ^a (33,7 - 30,9)	p=0,016

Legenda: h = Kruskal- Wallis; p= anova

Sólidos x Qualidade da água

Os sólidos suspensos totais (SST) e os sólidos suspensos voláteis (SSV) apresentaram uma correlação positiva com o tempo de cultivo, indicando um incremento nos valores dos sólidos. Também foi observado para o ortofosfato, pois o mesmo é totalmente influenciado pelo incremento da ração. Os sólidos sedimentáveis apresentaram correlação positiva com SST, ortofosfato e correlação negativa com temperatura (Tabela 3).

Tabela 3: Correlação de Pearson entre sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis e sólidos sedimentáveis com os demais parâmetros do cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga *Naviculasp*

	SST	SSV	SS	NO ₃ - mg/L	NO ₂ - mg/L	NAT mg/L	Ortofos. mg/L	Alcal. mg/L	Sal.	pH	OD	Tempo
SST	1	0,9531	-0,296	0,0036	0,3266	-0,553	0,8188	-0,269	-0,136	-0,716	-0,814	0,8154
	p= ---	p<0,01	p=0,033	p=0,980	p=0,018	p<0,01	p<0,01	p=0,054	p=0,335	p<0,01	p<0,01	p<0,01
SSV	0,9531	1	-0,27	-0,028	0,3437	-0,517	0,8036	-0,298	-0,119	-0,706	-0,772	0,8068
	p<0,01	p= ---	p=0,053	p=0,844	p=0,013	p<0,01	p<0,01	p=0,032	p=0,401	p<0,01	p<0,01	p<0,01
SS	-0,296	-0,27	1	-0,273	0,2015	0,0655	-0,379	0,1966	0,1449	0,1255	0,366	-0,258
	p=0,033	p=0,053	p= ---	p=0,051	p=0,152	p=0,645	p=0,006	p=0,162	p=0,306	p=0,375	p=0,008	p=0,065

Legenda: SST - sólidos suspensos totais; SSV - sólidos suspensos voláteis; SS - sólidos sedimentáveis; NO₃-:Nitrato; N- NO₂-nitrogênio-nitrito; NAT - nitrogênio da amônia total; Alcal. - alcalinidade CaCO₃; Sal. - Salinidade; OD - Oxigênio Dissolvido

O SST apresentou correlação negativa com amônia ($r=-0,5530$; $p<0,001$), pois quando o SST aumenta a amônia diminui, provavelmente devido ao desenvolvimento da comunidade microbiana, pois as bactérias heterotróficas, transformam a amônia em biomassa microbiana ao longo do tempo (Figura 3). Corroborando com o relatado por Samocha et al. (2017), que afirma que à medida a concentração das bactérias heterotróficas aumenta a concentração da amônia vai reduzindo, em resultado da sua capacidade de assimilação de nitrogênio amoniacal. A ação das bactérias nitrificantes sobre a amônia resulta no aumento da concentração de nitrito no meio, por este motivo a correlação entre amônia e nitrito foi significativamente negativa ($r=-0,44$; $p=0,001$), e a correlação de nitrito com SST foi positiva ($r=0,3266$; $p=0,018$) (Tabela 3).

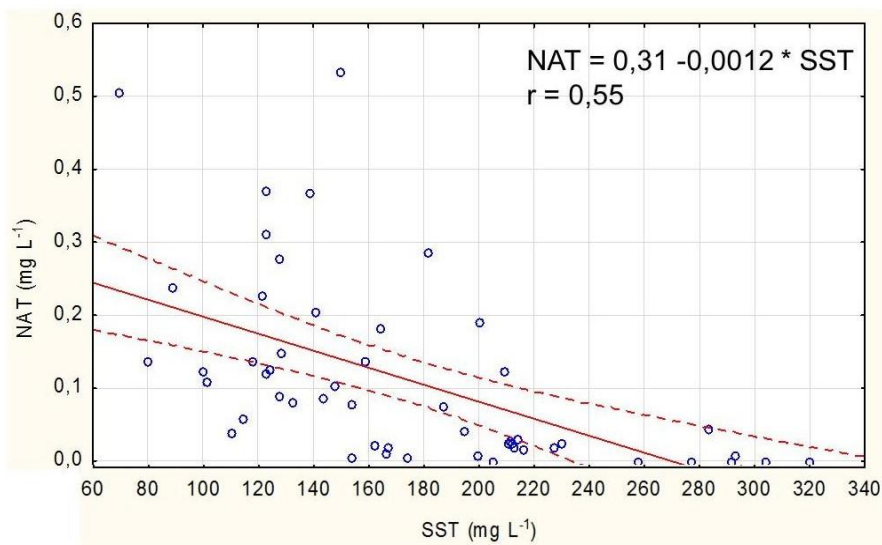


Figura 3: Correlação de Pearson entre NAT e SST no cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de biofoco com e sem adição da microalga *Navicula* sp..

O aumento de nitrito estimula a presença de bactérias nitrificantes que oxidam o nitrito transformando-o em nitrato, uma substância menos tóxica para os camarões cultivados. Com isso, a correlação de nitrito com nitrato foi negativa, onde os mesmos foram inversamente proporcionais ($r=-0,8738$, $p<0,001$) (Tabela 3). No entanto, o nitrato não apresentou correlação significativa com tempo ($r=-0,0836$; $p=0,556$) e nem com os sólidos ($r=0,0036$; $p=0,980$), visto que as bactérias se desenvolvem mais lentamente que as bactérias oxidantes de amônia (BOA).

A alcalinidade reduziu com o tempo, devido ao consumo do fitoplâncton (3,13g de alcalinidade / g NAT) e das bactérias heterotróficas (3,57g de alcalinidade/ g NAT) e nitrificantes (7,05g de alcalinidade/ g NAT) (EBELING et al., 2006). Segundo este mesmo autor, as bactérias necessitam de carbonato e bicarbonato para se desenvolverem, e por este motivo podem causar a diminuição da alcalinidade e do pH, explicando assim a correlação negativa entre SSV e alcalinidade ($r=-0,2981$; $p=0,032$) (Tabela 3).

O pH exerce forte influência sobre outros parâmetros de qualidade de água, como por exemplo, a toxicidade da amônia. Os valores de pH diminuíram ao longo do tempo, e este apresentou correlação negativa com os valores de sólidos de SST (Figura 4) e SSV (Tabela3).

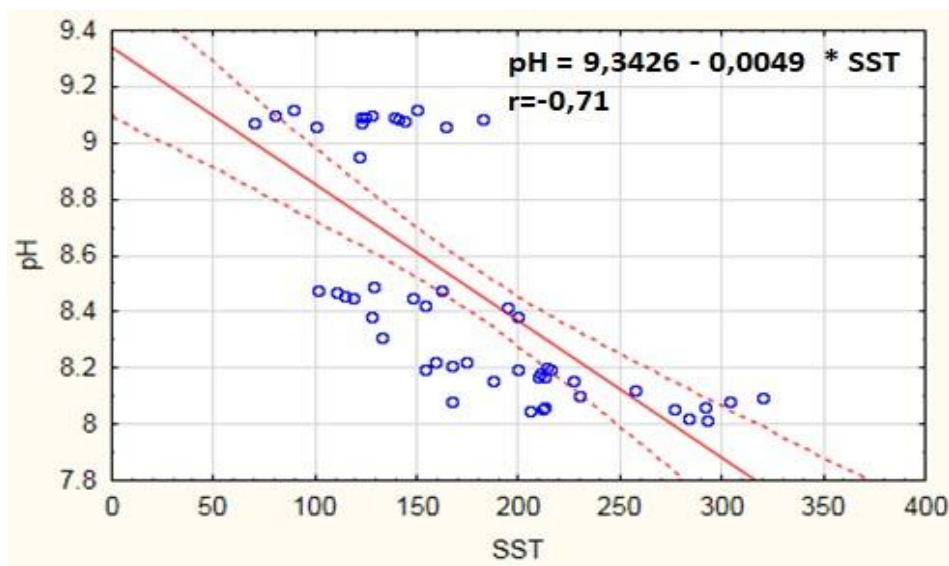


Figura 4: Correlação de Pearson entre SST e pH no cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de biofloco com e sem adição da microalga *Navicula sp.*

O oxigênio apresentou correlação negativa com os sólidos suspensos totais ($r=-0,8140$; $p<0,001$) (Tabela 3) e sólidos suspensos voláteis ($r=-0,7718$; $p<0,001$) onde com o aumento dos sólidos resultaram na diminuição do oxigênio dissolvido (Figura 4). Hargreaves (2013) afirma que a elevação dos sólidos aumenta o consumo de oxigênio no meio. Além disso, as bactérias tem uma maior necessidade por oxigênio para serem capazes de aproveitar os compostos nitrogenados (EBELING et al., 2006) e decomposição da matéria orgânica no sistema heterotrófico (BOYD, 2003). A formação do floco acontece a partir do acúmulo de matéria orgânica e da disponibilidade de oxigênio no meio de produção.

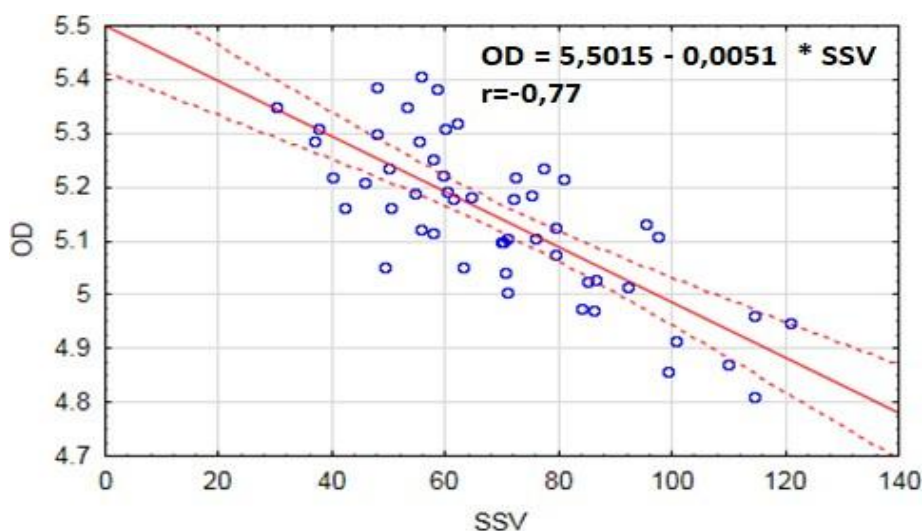


Figura 5: Correlação de Pearson entre Oxigênio dissolvido e SSV no cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de biofloco com e sem adição da microalga *Navicula sp.*

Também foram observadas correlações positivas do ortofosfato com os sólidos suspensos totais ($r=0,8188$; $p<0,001$) (Tabela 3) e sólidos suspensos voláteis ($r=0,8036$; $p<0,001$) (Figura 5), provavelmente devido à oferta de ração, que é a principal fonte de fósforo para o sistema de cultivo. Segundo Samocha et al. (2017) e Hargreaves (2013), o fosfato entra nos sistemas através da alimentação e se acumula ao longo do tempo no sistema de BFT.

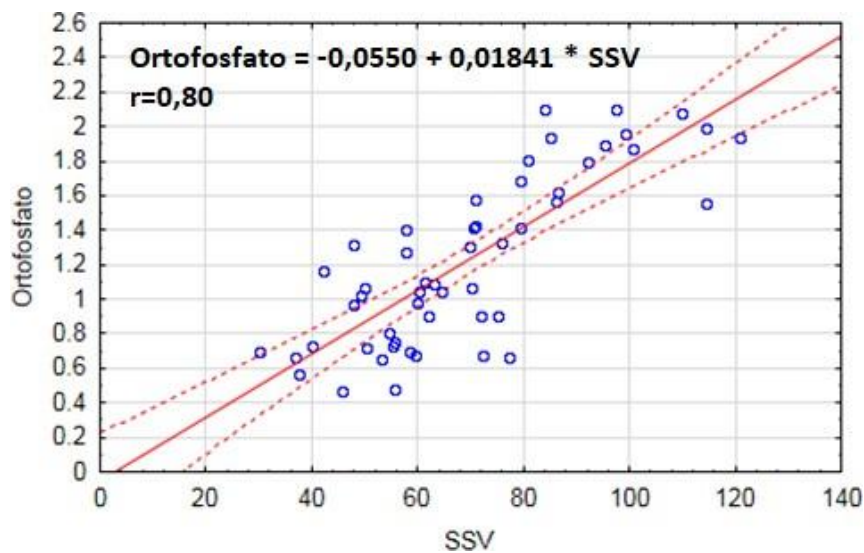


Figura 6: Correlação de Pearson entre Ortofosfato e SSV no cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga *Navicula sp.*

Desempenho zootécnico

A adição de microalga *Navicula sp.* pode ter influenciado no desempenho zootécnicos das pós-larvas de camarão. O peso médio dos tratamentos BFT e BFT-10N foram diferentes significativamente ($\alpha<0,05$), além de outras variáveis analisadas como ganho de biomassa e produtividade. O que corrobora com os resultados observados por Marinho et al. (2014, 2017) e Brito et al. (2016), indicando que a *Navicula sp.* adicionada ao sistema de bioflocos é uma fonte suplementar de alimento para as pós-larvas de camarão marinho.

Tabela 4: Desempenho zootécnico do cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei*.

Variáveis	BFT	BFT-2,5	BFT-5,0	BFT-10,0
Peso final (g)	0,69 ± 0,03 ^b	0,79 ± 0,03 ^{ab}	0,80 ± 0,08 ^{ab}	0,86 ± 0,03 ^a
GB (g)	97,25±5,94 ^b	109,51±5,69 ^{ab}	114,59±8,37 ^a	120,97±4,90 ^a
Produtividade (Kg/m³)	1,95±0,11 ^b	2,19±0,12 ^{ab}	2,30±0,17 ^a	2,42±0,10 ^a
Sobrevivência (%)	93,6±2,52 ^a	95,6±2,52 ^a	95,3±3,21 ^a	93,6±5,77 ^a
FCA	0,84 ± 0,66 ^a	0,77 ± 0,03 ^a	0,82 ± 0,01 ^a	0,80 ± 0,04 ^a

Legenda: GB – Ganho de Biomassa; FCA – Fator de Conversão Alimentar.

Sólidos x Desempenho zootécnico

Foi observada correlação positiva entre os sólidos suspensos totais (SST) com o peso ($r=0,821$; $p<0,01$), biomassa ($r=0,821$; $p<0,01$), ganho de biomassa ($r=0,821$, $p<0,01$), produtividade ($r=0,821$, $p<0,01$) e o tempo de cultivo ($r= 0,815$, $p<0,01$). Resultados semelhantes foram observados para os sólidos suspensos voláteis (SSV). Já os sólidos sedimentáveis apresentaram correlação negativa com os mesmos parâmetros (Tabela 5). Esta diferença entre os resultados pode ter sido encontrada também devido ao uso do decantador para controle dos sólidos sedimentáveis.

Tabela 5: Correlação de Pearson entre sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis e sólidos sedimentáveis com os demais parâmetros zootécnicos do cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga *Navicula sp.*

	SST	SSV	SS	PESO	BIOMASSA	GB	FCA	P	TCE
SST	p= --- 0,953	p<0,01 1,0000	p=0,033 -0,270	p<0,01 0,827	p<0,01 0,827	p<0,01 0,826	p=0,426 0,128	p<0,01 0,827	p=0,495 -0,064
SSV	p<0,01 -0,296	p= --- -0,270	p=0,053 1,0000	p<0,01 -0,314	p<0,01 -0,314	p<0,01 -0,317	p=0,366 -0,255	p<0,01 -0,314	p=0,651 0,330
SS	p=0,033	p=0,053	p= ---	p=0,023	p=0,023	p=0,022	p=0,068	p=0,023	p=0,017

Legenda: SST - sólidos suspensos totais; VSS - sólidos suspensos voláteis; SS - sólidos sedimentáveis; GB – Ganho de Biomassa; FCA – Fator de Conversão Alimentar; P – Produtividade; TCE – Taxa de Crescimento Específico.

Os resultados mostram uma correlação positiva do SST com alguns parâmetros zootécnicos, que podem estar relacionado ao fato de que o desempenho zootécnico apresentou forte correlação positiva com o tempo, assim como os SST e SSV (Figura 6). Mas essa forte correlação também pode ser devido ao elevado valor nutricional dos flocos microbianos. Esses flocos podem ser um alimento natural alternativo para os camarões, pois são ricos em vitaminas e proteínas, além de apresentarem elevada atratividade para o animal (SILVA et al., 2013). Em sistema BFT, os microrganismos colonizam detritos orgânicos formando os flocos microbianos e estes são capazes de

complementar a dieta (SILVA et al., 2013). Esses flocos podem apresentar de 12 a 50% de teor proteico, 1 a 5% teor lipídico, 14 a 59% carboidrato, e 3 - 61.4% de cinzas (SAMOCHA et al., 2017). No entanto, estes sólidos devem ser controlados, já que em excesso podem causar problemas na de qualidade de água, mudança na composição de organismos que estão presentes na composição dos flocos, entupimento das brânquias e assim, efeitos negativos sobre a saúde e o desempenho do animal cultivado (CRAB et al., 2007; EBELING et al., 2006; HARGREAVES, 2013).

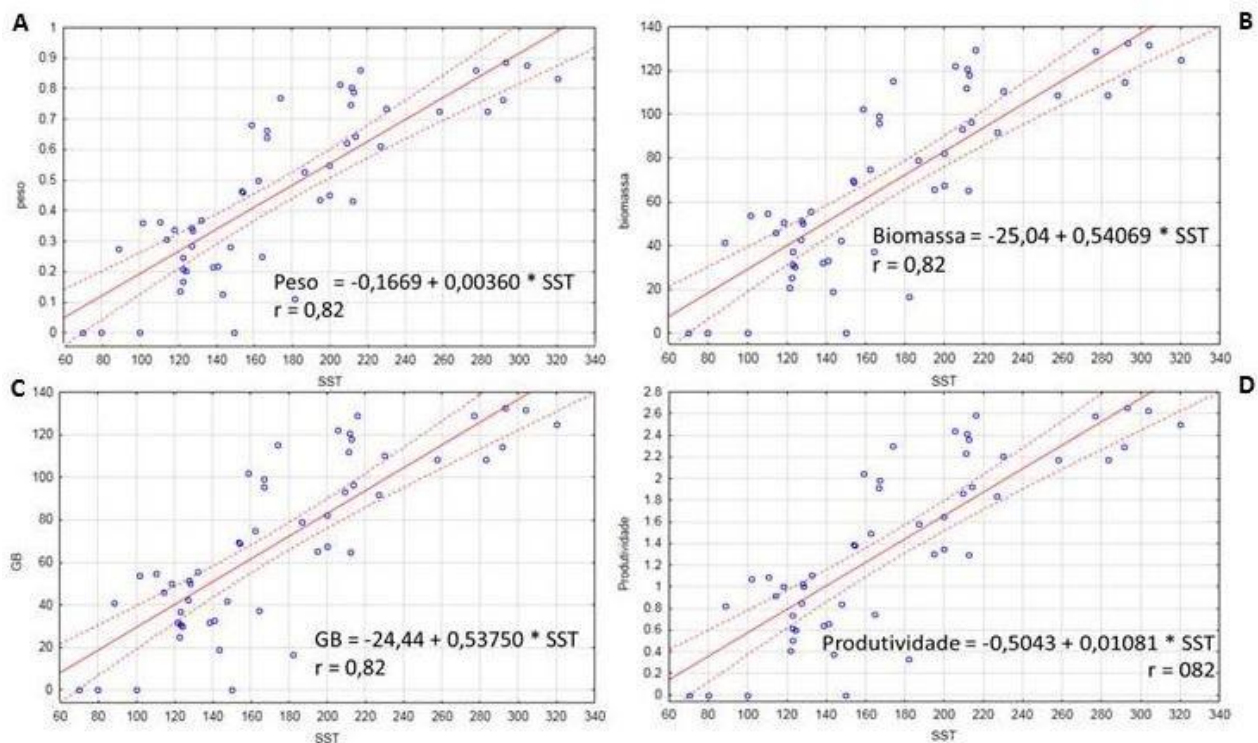


Figura 7: Correlação de Pearson entre sólidos suspensos totais com peso (g) (A), biomassa (g) (B), ganho de biomassa (g) (C) e produtividade (Kg/m³) (D) no cultivo de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos com e sem adição da microalga *Navicula*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em sistema de bioflocos a comunidade microbiana, parecem ser as principais responsáveis pela manutenção da qualidade da água, e estão diretamente ligadas à quantidade de sólido. Os sólidos aumentam ao longo do tempo, apresentando assim uma correlação positiva com o tempo. Além disso, os sólidos apresentaram correlação positiva com o peso, biomassa, ganho de biomassa e a produtividade, mostrando que não influenciaram negativamente o desenvolvimento zootécnico dos camarões.

REFERÊNCIAS

APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA. 2005.

ASADUZZAMAN, M; WAHAB, M; VERDEGEM, M; ADHIKARY, R; RAHMAN, S; AZIM, M; VERRETH, J. Effects of carbohydrate source for maintaining a high C/N ratio and fish driven re-suspension on pond ecology and production in periphyton-based freshwater prawn culture systems. *Aquaculture*. 301(1): 37-46, 2010.

AVNIMELECH, Y. *Biofloc technology – A practical Guide Book*. Louisiana, LA. United States. 182 p, 2009.

BOYD C.E. Guidelines for aquaculture effluente management at the farm-level. *Aquaculture*, v.226, p.101–116, 2003.

BRITO, L.O.; SANTOS, I.G.S.; ABREU, J.L.; ARAUJO, M.T.; SEVERI, W.; GALVEZ, A.O. Effect of the addition of diatoms (*Navicula* spp.) and rotifers (*Brachionusplicatilis*) on water quality and growth of the *Litopenaeusvannamei* postlarvae reared in a biofloc system. *Aquaculture Research*, EUA, v. 47, p. 3990-3997, 2016.

CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, v.270, p.1-14, 2007.

DANTAS, D.; NETO, J.P.; OLIVEIRA, A.; PEIXOTO, S; SOARES, R. Crescimento de *Thalassiosirafluviatilis*, *Chaetocerosmuelleri* e *Navícula* sp. em diferentes protocolos de fertilização. In: IV - FENACAM - Feira Nacional do Camarão, Natal. FENACAM - Feira Nacional do Camarão. Apresentação de TrabalhosTécnicos. Natal - RN. p. 14-15, 2007.

EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346–358, 2006.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. Biomass Now - Cultivation and Utilization: Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry, Canadá: InTech, 2013. p.301-328.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture: Meeting the sustainable development goals. Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Rome, 2018, 210p

FELFÖLDY L.; SZABO E.; TOTHL L. A biológiai vizminőség. Budapest, Hungary: Vizügyi Hidrobiológia Vizdok, 1987. 263 p. 1987.

FURTADO, P. O Efeito do hidróxido de cálcio, do carbonato e de carbonato de sódio na qualidade de água e no desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado com tecnologia de bioflocos (BFT). Tese de Mestrado em Aquicultura. Programa de Pós Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande, Brasil. 2011.

GODOS, I.; GUZMAN, H. O.; SOTO, R.; GARCÍA-ENCINA, P. A.; BECARES, E.; MUÑOZ, R.; VARGAS, V. A. Coagulation/flocculation-based removal of algal-bacterial biomass from piggy wastewater treatment. *Bioresource Technology*, v. 102, p. 923-927, 2011.

GOLTERMAN H. J.; CLYNO R. S.; OHNSTAD M. A. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. Oxford. Blackwell Scientific Publications, London, England. 1978

HARGREAVES, J. A. Biofloc production systems for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 4503. 2013.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.2, p.181-188, 2008

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Produção da pecuária municipal, 2017.

KOROLEFF F. Determination of nutrients. In: *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim, New York: K. Grasshoff. 1976. p. 117-187. 1976.

KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L.H.; FÓES, G.; GAONA, C.A.; LARA, G.R. & JUNIOR, W.W. Sistema de Bioflocos aumenta produtividade no cultivo de camarões. In: Feira Internacional de Pesca e Aquicultura, 2012, Salvador

- LAM M K, LEE K T. Microalgaebiofuels: A critical review of issues, problems and the way forward. *Biotechnology Advances*, v. 30(3), p. 673–690, 2012
- LAVENS, P.; SORGELOOS, P. Manual on the production and use of live food for aquacultures. FAO Fisheries Technical Paper. N° 361. Rome, FAO. 295p, 1996.
- LOURENÇO, S.O. Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações. São Carlos, SP: Rima Editora. 2006.
- MACKERETH F.J.H., HERON J. & TALLING J.F. Water analysis: some revised methods for limnologists. London, England: Oxford. Blackwell Scientific Publications, 120 p. 1978.
- MARINHO, Y.F.; BRITO, L.O.; SILVA, C.V.F.; SANTOS, I.G.S.; GALVEZ, A.O. Effect of addition of *Navicula* sp. on plankton composition and postlarvae growth of *Litopenaeus vannamei* reared in culture tanks with zero water exchange. *Latin American Journal Aquatic Research*, v. 42, n. 3, p. 427-437, 2014.
- MARTINS, C. I. M. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, v. 43, n. 3, p. 83-93, 2010.
- NUNES, A. J. P.; GESTEIRA, T. C. V.; OLIVEIRA, G. G.; LIMA, R. C.; MIRANDA, P. T. C.; MADRID, R. M. Princípios para boas práticas de manejo na engorda de camarão marinho no Estado do Ceará. Instituto de Ciências do Mar (Labomar/ UFC). Programa de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, Fortaleza. 2005. p. 109.
- REDDING, T.; TODD, S.; MIDLEN, A. The treatment of aquaculture wastewater - A botanical approach. *Journal of Environmental Management*, v.50, p.283-299, 1997.
- SAMOCHA, TM, DI PRANGNELL, TR HANSON, GD TREECE, TC MORRIS, LF CASTRO & N STARESINIC. Design and Operation of Super Intensive, Bio flocc-Dominated Systems for Indoor Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* – The Texas A&M AgriLife Research Experience. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana USA. 2017.
- SCHVEITZER, R., ARANTES, R., BALOI, M.F., COSTÓDIO, P.F.S., ARANA, L.V., SEIFFERT, W.Q., ANDREATTA, E.R. Use of artificial substrates in the culture of

Litopenaeusvannamei (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. *Aquac. Eng.* 54, 93–103. doi:10.1016/j.aquaeng.2012.12.003. 2013.

SHI, J, PODOLA, B. AND MELKONIAN, M. Removal of Nitrogen and Phosphorus. 2007.

SILVA, A. F., LARA, G. R., BALLESTER, E. C., KRUMENNAUER, D., ABREUS, P. C., WASIELESKY, W. JR. Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de *Litopenaeusvannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos (BFT). *Ciência animal brasileira.*, Goiânia, v.14, n.3, p. 279-287, jul./set. 2013.

VALENTI, W.C. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. (Eds.) *Aqüicultura no Brasil, bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPQ/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. p.17-24.