



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICA E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

**AVALIAÇÃO DE DOIS SUBSTRATOS ARTIFICIAIS SOBRE A QUALIDADE DE  
ÁGUA E CRESCIMENTO DE PÓS-LARVAS DE *Litopenaeus vannamei* DURANTE O  
PRÉ-BERÇÁRIO EM BIOFLOCOS**

**LARISSA MARQUES SOEIRO**

**SÃO LUÍS, MA / 2020**

**LARISSA MARQUES SOEIRO**

**AVALIAÇÃO DE DOIS SUBSTRATOS ARTIFICIAIS SOBRE A QUALIDADE DE  
ÁGUA E CRESCIMENTO DE PÓS-LARVAS DE *Litopenaeus vannamei* DURANTE O  
PRÉ-BERÇÁRIO EM BIOFLOCOS**

Monografia apresentada ao Curso De  
Graduação em Oceanografia da Universidade  
Federal do Maranhão, como requisito para  
obtenção do Grau de Bacharel em  
Oceanografia.

**SÃO LUÍS, MA /2020**

Marques Soeiro, Larissa.

Avaliação de dois substratos artificiais sobre a qualidade de água e crescimento de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* durante o pré-berçário em bioflocos / Larissa Marques Soeiro. - 2020.

41 f.

Orientador(a): Walter Luis Muedas Yauri.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, google meet, 2020.

1. Carcinicultura. 2. Nitrificação. 3. Pré-berçário.  
I. Luis Muedas Yauri, Walter. II. Título.

**LARISSA MARQUES SOEIRO**

**AVALIAÇÃO DE DOIS SUBSTRATOS ARTIFICIAIS SOBRE A QUALIDADE DE  
ÁGUA E CRESCIMENTO DE PÓS-LARVAS DE *Litopenaeus vannamei* DURANTE O  
PRÉ-BERÇÁRIO EM BIOFLOCOS**

Monografia apresentada ao Curso De  
Graduação em Oceanografia da Universidade  
Federal do Maranhão, como requisito para  
obtenção do Grau de Bacharel em  
Oceanografia.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Walter Luis Muedas Yauri (Orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Talita da Silva Esposito (UFMA)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Yllana Ferreira Marinho (UFMA)

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais José (*in memoriam*) e Zuleide.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar.

Graças a Deus, mas um sonho se realiza, mas uma etapa concluída. Não poderia deixar de agradecer a todas as pessoas que fizeram parte desse trabalho, e que sem elas esse projeto não teria acontecido. Por esse motivo, sinto-me na obrigação de agradecê-las.

A minha família, principalmente a minha mãe, pelo amor, carinho, esforço dado para que eu me tornasse uma pessoa melhor, pela força, e por ter acompanhado minha luta diária. Aos meus irmãos Lucas e Loayne, por estarem sempre ao meu lado e aos meus queridos sobrinhos Lorrán, Davi, Arthur e Ítalo, que me proporcionaram momentos descontraídos e de carinho.

Ao meu orientador Dr. Walter Muedas por toda dedicação, ensinamentos, paciência e confiança dada a mim.

A professora Dr<sup>a</sup> Katiene Regia pela dedicação, palavras amigas, ensinamentos repassados.

Aos meus amigos em especial Samuel, Vânia e Elienai, pela amizade, ensinamentos, momentos de descontração e por estarem comigo desde o começo do curso. Aos meus amigos do AQUALAB, Sr Luis, Wagner, Guilherme, Brenda, Higor, Wilson, Bruno, que foram essenciais para desenvolvimento do projeto. Ao amigo do laboratório Sr Pedrinho, que ofereceu mão de obra para o desenvolvimento da estrutura do projeto. Ao técnico do laboratório Dr Ilmar, pela dedicação e ensinamentos.

Aos amigos empresários que apostaram no trabalho com auxiliou financeiro e equipamentos essenciais.

A todos os professores do departamento, pela formação.

Aos funcionários e amigos do DEOLI, por toda a ajuda.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação.

## RESUMO

No sistema bioflocos as bactérias autotróficas e heterotróficas têm importante papel em transformar os compostos nitrogenados em proteína microbiana. Logo, a utilização de substratos aumenta a área disponível no tanque, e serve de abrigo para as bactérias, assim como, fixa a formação do biofilme. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o uso de dois substratos (Needlona® e Nylon) pré colonizados com bactérias nitrificantes (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter* e *Nitrospira*) sobre a qualidade da água e desempenho do *Litopenaeus vannamei* durante o pré berçário em bioflocos. Foi realizado, no laboratório de Aquicultura da UFMA, um experimento com dois substratos artificiais previamente maturados, durante o pré berçário do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. O mesmo teve duração de 22 dias, sendo testado três tratamentos com quatro repetições: Controle – CTR sem substratos, NEED – com substratos Needlona e NYL – com substratos Nylon. As pós-larvas utilizadas (PL 10) foram cultivadas em taques de volume útil de 250L, completo com água marinha (30ppt) esterilizada. Os substratos foram modelados manualmente em peças de 40cm de largura x 38cm de altura, e adicionados totalmente submersos na vertical, equivalente a 100 % a área do fundo do tanque (0,70m<sup>2</sup>). O estímulo inicial para a maturação dos substratos foi realizado com o produto Nite Out II (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter* e *Nitrospira*) seguido da aplicação de NH<sub>4</sub>CL. A qualidade da água foi acompanhada diariamente (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, alcalinidade, compostos nitrogenados, turbidez). Para análises do desempenho zootécnico do camarão foram analisados: ganho de peso, biomassa, sobrevivência e crescimento. Os parâmetros de qualidade de água se mantiveram dentro do aceitável para a espécie, não apresentando diferença estatística entre os tratamentos, exceto a turbidez e nitrito. Os dados de turbidez apresentaram diferença entre os três tratamentos (CTR, NEED e NYL). O CTR mostrou maiores valores de turbidez, seguido do NYL e o NEED. O ganho de peso e a biomassa final foi mais relevante no tratamento CTR, porém somente o ganho de peso apresentou diferença estatística. A sobrevivência nos tratamentos com substratos foram NEED (97,55%) e NYL (95,8%), enquanto, o tratamento CTR a sobrevivência foi de 94,2%. A pré colonização dos substratos não se mostrou ser tão eficiente para metabolizar os compostos nitrogenados, uma vez que, os resultados foram mais eficientes no tratamento controle, sem a presença dos substratos.

**Palavras chaves:** Carcinicultura, nitrificação, pré - berçário.

## ABSTRACT

In the bioflocus system, autotrophic and heterotrophic bacteria play an important role in transforming nitrogen compounds into microbial protein. Therefore, the use of substrates increases the area available in the tank, and serves as shelter for the bacteria, as well as, fixes the formation of biofilm. In this context, the present study aims to evaluate the use of two substrates (Needlona® and Nylon) pre-colonized with nitrifying bacteria (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter* and *Nitrospira*) on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* during pre-bedding in bioflocs. An experiment with two previously matured artificial substrates was carried out at the UFMA Aquaculture Laboratory during the pre-nursery of *Litopenaeus vannamei* sea shrimp. It lasted 22 days and three treatments were tested with four repetitions: Control - CTR without substrates, NEED - with substrates Needlona and NYL - with substrates Nylon. The post-larvae (PL 10) were cultivated in tanks of useful volume of 250L, complete with sterile sea water (30ppt). The substrates were manually modelled in 40cm wide x 38cm high pieces, and added totally submerged vertically, equivalent to 100% of the tank bottom area (0.70m<sup>2</sup>). The initial stimulus for the maturation of the substrates was performed with the product Nite Out II (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter* and *Nitrospira*) followed by the application of NH<sub>4</sub>CL. The water quality was monitored daily (temperature, pH, dissolved oxygen, alkalinity, nitrogen compounds, turbidity). For analysis of the zootechnical performance of the shrimp were analyzed: weight gain, biomass, survival and growth. The water quality parameters were kept within what was acceptable for the species, with no statistical difference between treatments, except turbidity and nitrite. The turbidity data showed a difference between the three treatments (CTR, NEED and NYL). The CTR showed higher values of turbidity, followed by NYL and NEED. The weight gain and final biomass was more relevant in the CTR treatment, but only the weight gain showed statistical difference. Survival in treatments with substrates were NEED (97.55%) and NYL (95.8%), while the CTR treatment survival was 94.2%. The pre-colonization of the substrates was not as efficient to metabolize the nitrogen compounds; since, the results were more efficient in the control treatment, without the presence of the substrates.

**Key words:** Carciniculture, nitrification, pre nursery



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Fluxograma do período experimental.....	17
<b>Figura2</b> - Tanque de Maturação dos substratos coberto com lona escura.....	18
<b>Figura 3-</b> Cultivo das Microalgas <i>Dunaliella salina</i> , <i>Chaetoceros muelleri</i> , <i>Tetraselmis gracilis</i> e <i>Thalassiosira pseudonana</i> .....	21
<b>Figura 4-</b> Tanque matriz, mudança da coloração d'água.....	22
Figura 5-Vista superior dos tratamentos com substratos: A) Needlona; B) Nylon; C) Exemplo da Costura no substrato(seta branca).....	22
<b>Figura 6-</b> Design da sala experimental.....	23
<b>Figura 7</b> - Temperatura (°C) da água monitorado nos três tratamentos CTR (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de <i>L. vannamei</i> em bioflocos.....	27
Figura 8 - pH dos tanques monitorados nos três tratamentos CTR (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de <i>L. vannamei</i> em bioflocos.....	27
<b>Figura 9</b> - Alcalinidade (mg/L) dos tanques monitorada nos três tratamentos CTR (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de <i>L. vannamei</i> em bioflocos.....	28
<b>Figura 10</b> - Amônia Total (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -NH <sub>3</sub> mg/L) dos tanques monitorada nos três tratamentos CTR (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de <i>L. vannamei</i> em bioflocos.....	29
<b>Figura 11-</b> Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/L) dos tanques monitorada nos três tratamentos CTR (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de <i>L. vannamei</i> em bioflocos.....	29
<b>Figura 12</b> - Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L) dos tanques monitorada nos três tratamentos CTR (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de <i>L. vannamei</i> em bioflocos.....	30
<b>Figura 13-</b> Turbidez (NTU) monitorado nos três tratamentos CTR (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de <i>L. vannamei</i> em bioflocos.....	31

<b>Figura 14</b> - Peso médio individual (mg) de <i>L. vannamei</i> cultivados em três tratamentos, CTR (controle), Needlona e Nylon.....	32
<b>Figura 15</b> - Biomassa (mg) de <i>L. vannamei</i> cultivados em três tratamentos, CTR (controle), Needlona e Nylon.....	33
<b>Figura 16</b> - Sobrevivência (%g) de <i>L. vannamei</i> cultivados em três tratamentos, CTR (controle), Needlona e Nylon.....	33
<b>Figura 17</b> - Percentual de crescimento (%) de <i>L. vannamei</i> cultivados em três tratamentos, CTR (controle), Needlona e Nylon.....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Composição do meio de cultura Conway utilizado nesta Pesquisa.....	19
<b>Tabela 2</b> - Composição do meio de cultura SEAFADDEC utilizado nesta Pesquisa.....	20
<b>Tabela 3</b> - Parâmetros físico-químicos de qualidade da água nos três tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato Needlona e substrato Nylon, ao longo dos 10 dias de experimento.....	26
<b>Tabela 4</b> - Peso médio inicial, peso médio final, biomassa final, sobrevivência, taxa de crescimento dos três tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato Needlona e substrato Nylon, ao longo dos 10 dias de experimento.....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 Geral:.....	15
2.2 Específicos: .....	15
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	16
3.1 Material Biológico .....	16
3.2 Maturação das Bactérias Nitrificantes .....	16
3.3 Formação do Bioflocos e Fertilização da água .....	17
3.4 Substrato Artificial.....	22
3.5 Delineamento experimental .....	22
3.6 Análises de qualidade de água .....	23
3.7 Desempenho zootécnico .....	24
3.8 Análises estatísticas.....	24
<b>4 RESULTADOS</b> .....	24
4.1 Parâmetros físicos e químicos da água .....	24
4.2 Desempenho zootécnico .....	29
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	32
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de pescados mundialmente tem crescido nos últimos anos, sendo que no ano de 2018 a produção de pescado atingiu cerca de 179 milhões de toneladas, equivalente a US\$ 401 bilhões (FAO, 2020). A aquicultura correspondeu com 82 milhões de toneladas (US\$ 250 bilhões), sendo considerado um recorde com relação aos anos anteriores. Nessa escala, a produção de crustáceos correspondeu a 9,4 milhões de toneladas. Desde a década de 80 a aquicultura tem demonstrado valores otimistas na produção de alimento vivo. Estima-se que a produção mundial de pescado para consumo humano alcance 52% para o ano de 2030, ultrapassando a pesca de captura com 48%, segundo as estimativas da *Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO* (FAO, 2020).

Os camarões marinhos predominam a produção de crustáceos, considerando os camarões peneídeos o gênero mais cultivado mundialmente. No Brasil, a carcinicultura produziu no ano de 2019 cerca de 90 mil toneladas, segundo a Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC. O camarão marinho *Litopenaeus vannamei* predomina os cultivos nas fazendas brasileiras (ROCHA, 2019). Mundialmente a carcinicultura é regida por etapas, sendo elas respectivamente: larvicultura, berçário, engorda e despesca, de acordo com as etapas e os estágios do ciclo de vida do camarão. Os empreendimentos são classificados em monofásica (todas as etapas acontecem no mesmo tanque), bifásica (berçário + engorda) e trifásica (larvicultura + berçário + engorda) (RIBEIRO *et al.* 2014).

No cultivo, o pré-berçário dura um período de 10 a 15 dias. O domínio em laboratório nesta fase de cultivo, é de fundamental importância para a compreensão dessas mudanças morfológicas. Durante este intermédio, aplicando boas práticas de manejo, torna-se possível cultivar camarões mais resistentes as variações ambientais ocorridas ao longo do ciclo. (DOS SANTOS-JUNIOR *et al.* 2018). Dessa forma, em condições favoráveis, aplicando boas práticas de manejo, o camarão adquire mais resistência para as outras fases do cultivo (ROCHA, 2017).

A aquicultura sustentável apoia a ideia de uma aquicultura responsável, ou seja, através de um sistema que não cause grandes danos ao meio ambiente. Uma das tecnologias que sustenta esta ideia é o sistema bioflocos (DA SILVA. *et al.* 2019).

Bioflocos são partículas orgânicas em suspensão na água ou aderidas às paredes dos taques e viveiros de produção. Esta tecnologia permitiu otimizar o sistema de produção, aumentando a densidade de estocagem, com pouco ou sem renovação de água, de modo a minimizar o descarte de efluentes em corpos hídricos próximos (AVNIMELECH *et al.* 2007).

Um dos primeiros trabalhos envolvendo o sistema bioflocos foi descrito por AVNIMELECH *et al.* (1989).

Dentre as partículas na água engloba-se o material orgânico particulado, na qual se desenvolve uma diversidade de organismos microscópios, sendo as bactérias heterotróficas as mais importantes nesse sistema (AVNIMELECH 2012). O cultivo em meio heterotrófico proporciona mais biossegurança, pois estes organismos microscópios são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica no sistema. Grande parte desses resíduos orgânicos são produzidos pelas excretas dos organismos e pelas sobras de rações. Uma parte desses agregados microbianos complementam à alimentação da espécie cultivada. Estudos realizado por Burford *et al.* (2004) demonstraram que cerca de 29% do alimento consumido pelo camarão *Litopenaeus vannamei* pode ser proveniente dos flocos microbianos presentes no meio heterotrófico. Como a proposta do sistema bioflocos é grandes densidades, o uso dessa tecnologia durante o pré-berçário possibilita aumentar a densidade de estocagem, consequentemente, melhorando os índices produtivo do cultivo (REDRIGUES, 2015).

No sistema BFT as bactérias fotoautotróficas, heterotróficas e autotróficas são responsáveis pela remoção da amônia na água do cultivo. Sendo considerado as bactérias heterotróficas e autotróficas as mais significativas no processo de reciclagem do nitrogênio inorgânico (na forma de amônia) (COSTA; STREIT JUNIOR, 2018). A atuação desses dois grupos de bactérias no sistema é diferente. Para suprir suas necessidades proteicas, as bactérias heterotróficas utilizam o nitrogênio inorgânico presente no meio juntamente ao carbono, na forma de carboidrato, para a produção de proteína microbiana. As bactérias autotróficas (quimioautotróficas nitrificantes) diferentemente das bactérias heterotróficas utilizam os compostos inorgânicos com sua fonte principal de energia. No entanto, sua taxa de crescimento é muito lenta quando comparada as com as heterotróficas que crescem rapidamente no sistema BFT. Apesar de sua lenta taxa de crescimento, as mesmas são mais eficientes no processo de remoção do nitrogênio. O processo de nitrificação ocorre pela oxidação da amônia em nitrito e posteriormente em nitrato. Tal processo é dividido em dois grupos, o primeiro: as bactérias oxidantes de amônia em nitrito (Amônia-Oxidante AOB) do gênero *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrosolobus* e *Nitrosovibrio*; o segundo: as bactérias que fazem a oxidação do nitrito em nitrato (Nitrito-Oxidante NOB) do gênero *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* e *Nitrospina* (LORENZINI 2018). Segundo Rezende (2015), no Brasil o uso do sistema BFT durante o pré-berçário ainda é pouco utilizado, visto que muitos laboratórios utilizam o sistema autotrófico, com alta troca de água dos tanques.

No intuito de diminuir as concentrações de elementos tóxicos nos sistemas Lara (2012), utilizou diferentes técnicas de manejo para evitar o acúmulo de nitrogenados, sendo elas a reutilização da água, uso de substratos artificiais e adição de sais nitrogenados. No entanto, a autora não conseguiu definir uma técnica específica, porém recomenda uma combinação de controles para minimizar as perdas no sistema por compostos tóxicos, tais como, aeração adequada, fertilização, alimentação, controle de sólidos suspensos totais, adição de substratos verticais e reutilização de água.

O uso de substratos artificiais é uma das técnicas de manejo aplicadas em cultivos super-intensivos, com grande potencial para minimizar problemas relacionados aos altos níveis de compostos tóxicos na água de cultivo (SCHVEITZER *et al.* 2013). Diversos autores testaram a eficiência dos substratos em cultivos de *Litopenaeus vannamei* e *Oreochromis niloticus* (ZHANG *et al.* 2016; CAVALCANTE *et al.* 2016; 2017; LARA *et al.* 2017; REZENDE *et al.* 2018; FLECKENSTEIN *et al.* 2020). Para Olier *et al.* (2020), o uso dos substratos apresenta as seguintes vantagens (aumento da superfície e área relativa; proteção e aumento da sobrevivência; maior controle dos compostos nitrogenados e disponibilidade de alimento natural aderido) e como desvantagens tem-se o (custo de aquisição e reposição; manejo; entupimento das mangueiras porosas de aeração).

Além disso, diferentes tipos de materiais têm sido testados, dentre eles: AquaMats (HUANG *et al.* 2016), Bioballs (SANTOS *et al.* 2019), tela polietileno (NUNES, 2013), tela mosquiteiro (SCHVEITZER *et al.* 2013), Needlona (LARA *et al.* 2016), Bindim (RODRIGUES 2015), silk cloth (ZHANG *et al.* 2016), etc. Qualquer material que possa ficar submerso na coluna d'água, pode ser utilizado como substrato. No entanto, as vantagens que o material fornecer ao sistema de cultivo, será o diferencial para a escolha do mesmo.

Por exemplo, Lara *et al.* (2016) utilizaram Needlona equivalente a 150% da área lateral do se tanque e não notaram melhora nos níveis de qualidade da água. Schweitzer *et al.* (2013) discorrem que todos aparatos que regem as condições do cultivo em ação ao mecanismo dos substratos serão primordiais para o sucesso do cultivo. Portanto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o uso de dois substratos (Needlona® e Nylon) pré colonizados com bactérias nitrificantes sobre a qualidade da água e desempenho do *Litopenaeus vannamei* durante o pré-berçário em bioflocos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral:

Avaliar o uso de dois substratos artificiais (Needlona® e Nylon) pré colonizados durante o pré-berçário do camarão *Litopenaeus vannamei* em bioflocos.

### 2.2 Específicos:

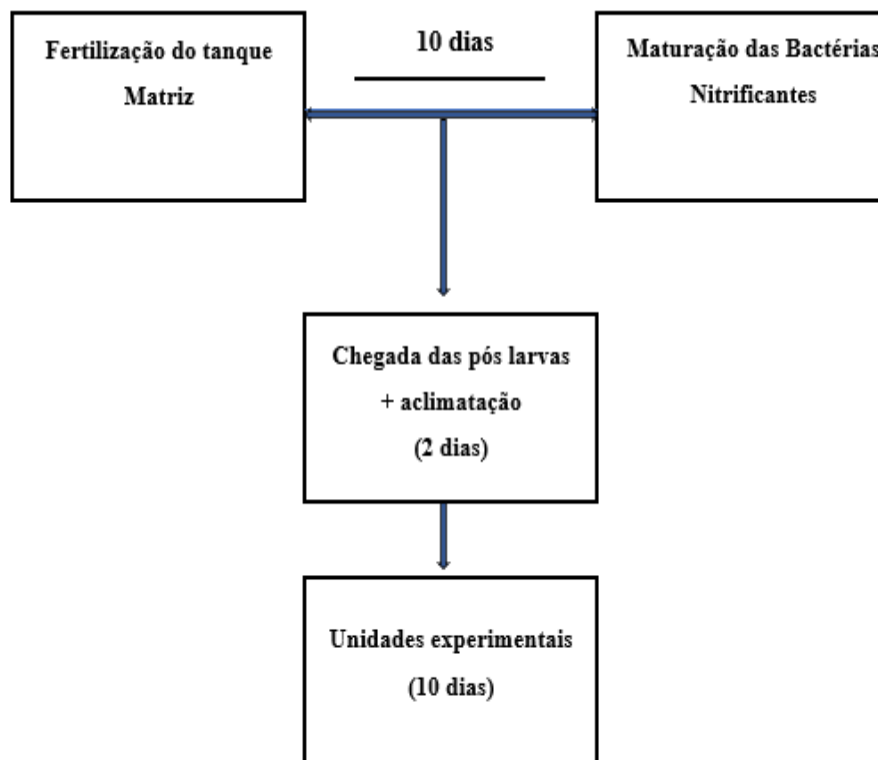
- Avaliar a qualidade da água nos cultivos com e sem substratos;
- Correlacionar o desempenho zootécnico do camarão nos cultivos com e sem a presença dos substratos;



### 3 METODOLOGIA

O experimento foi realizado na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), campus Bacanga no Laboratório de Aquicultura (AQUALAB), presente no Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI), durante os meses novembro e dezembro, totalizando dez dias (Figura 1).

**Figura 1** - Fluxograma do período experimental.



#### 3.1 Material Biológico

Foram utilizadas pós-larvas (PL's) de *Litopenaeus vannamei*, com idade de PL 10 oriundos da empresa Aquatec Bomar Aquicultura® localizada no município de Cajueiro da Praia, Piauí, Brasil. As PL's já vieram aclimatadas a salinidade de 30‰. Quando chegaram no laboratório AQUALAB, as PL's permaneceram dois dias em 4 caixas d'água, com volume útil de 250L. Durante este período a alimentação integrou a oferta de *Artêmia salina* (2g por caixa) além da mistura de uma ração comercial mais o probiótico, em uma proporção de 50/50%, respectivamente.

#### 3.2 Maturação das Bactérias Nitrificantes

Para a colonização das bactérias Nitrificantes foi utilizado uma caixa d'água com capacidade de 350L e volume útil de 300L, equipada com aeração constante, independente das

unidades experimentais, os dois substratos permaneceram submersos na água de maturação. A caixa permaneceu todo o período coberta com uma lona escura, para evitar ao máximo a luz externa (Figura 2). O estímulo inicial se deu através da inoculação de 120mL do produto comercial NITE – OUT II (repetida a dose dois dias após) na caixa d'água, na qual os dois substratos permaneciam submersos (água marinha 30ppt). Esta medida seguiu o recomendado pelo fabricante (5mL por 38L). O produto NITE – OUT II da marca Microbe Lift é composto por bactérias nitrificantes (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter* e *Nitrospira*) responsáveis por remover a amônia do sistema de forma natural, através do processo chamado nitrificação. O estabelecimento das colônias de bactérias foi atribuído através da aplicação (no primeiro dia) de Cloreto de Amônio 2mg/L ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), quantidade suficiente para manter a concentração de amônia em 2 – 3 mg L<sup>-1</sup> elevada na água. O período de maturação dos substratos 10 dias antes da chegada da pós larvas. As concentrações de Amônia e Nitrito foram monitoradas a cada dois dias com o kit colorimétrico (Sera), quando apontado a redução destes compostos nitrogenados, é resultado que o processo nitrificação está acontecendo no sistema.

**Figura 2-** Tanque de maturação dos substratos coberto com lona escura.



Fonte: Autoral.

### 3.3 Formação do Bioflocos e Fertilização da água

Os tanques foram abastecidos com 2.000 L de água marinha a 35 ‰ proveniente da Baía de São Marcos – MA, São Luis – MA. A captação da água foi realizada com o auxílio de uma Motobomba (B 4T-710L) e mangueiras do tipo mangotes (50mm). Em laboratório foram armazenadas em quatro caixas d'água de 500L, para a decantação dos sólidos suspensos, por um período de 24 horas. Em seguida com auxílio de uma bomba submersa (SEBO®), toda água

foi bombeada para um tanque de lona circular (Denominado Tanque Matriz - TM), com capacidade de 5 m<sup>3</sup>. Posteriormente, foi diluído mais 1.000L de água marinha a 15‰, até o momento que a mesma alcançasse 30‰ de salinidade.

A cloração d'água é de extrema importância para eliminar a carga bacteriológica da água. Foram aplicados de forma uniforme 15g de cloro para 1000L de água, por um período de 24h. A de cloração consistiu em aeração constante (duas células de aeração equipada com mangueiras micro - porosas no fundo do tanque), porém não foi suficiente para remover o cloro presente. Após as 48h, utilizou-se 30mL de Tiosulfato de Sódio para remover o cloro do sistema. Posteriormente foi realizado o teste de presença de cloro, através do kit colorimétrico (Genco), na qual confirmou a ausência do cloro na água.

Após o período de esterilização da água, iniciou-se o processo de formação dos bioflocos, através da aplicação do inóculo de quatro espécies de microalgas marinhas (4 Litros de cada espécie, respectivamente), sendo elas: *Dunaliella salina* (150 x 10<sup>4</sup> cél/mL) + *Chaetoceros muelleri* (125 x 10<sup>4</sup> cél/mL) + *Tetraselmis gracilis* (100 x 10<sup>4</sup> cél/mL) + *Thalassiosira pseudonana* (225 x 10<sup>4</sup> cél/mL). A cepa da microalga *Dunaliella salina* foi adquirida no Laboratório de Alimento Vivo e Aquicultura, pertencente ao Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Maranhão – Campus Pinheiro. Enquanto, as cepas das microalgas *Chaetoceros muelleri*, *Tetraselmis gracilis*, *Thalassiosira pseudonana*, foram adquiridas no Laboratório de Fisiocologia, Reprodução e Cultivo de Organismos Marinhos – FISIOMAR, pertencente ao Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. As cepas das microalgas foram cultivadas inicialmente no Laboratório AQUALAB, em tubos de ensaios dispostos sobre prateleiras, com iluminação constante (lâmpadas fluorescentes) e temperatura (23 °C ± 1 °C). O cultivo da microalga seguiu a metodologia proposta por Derner (1997), utilizando água marinha (30‰) esterilizada, vitaminas e o meio Conway, conforme especifica a tabela 1.

**TABELA 1.** Composição do meio de cultura Conway utilizado nesta Pesquisa.

Solução Principal	Quantidades
EDTA	90,00 g
H3BO3	67,20 g
NaNO3	200,00 g
NaH2PO4.2H2O	40,00 g
MnCl2.4H2O	0,72 g
FeCl3.6H2O	2,60 g

Água destilada	2,00 l
Adicionar 2ml para cada litro de água	
<b>Solução de traços metais</b>	<b>Quantidades</b>
ZnCl <sub>2</sub>	0,21 g
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,20 g
(NH <sub>4</sub> )MO <sub>4</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	0,09 g
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,20 g
Água destilada	10 ml
Adicionar a solução principal 2,00 ml	
<b>Solução de vitaminas</b>	<b>Quantidades</b>
Citoneurim 5000 MERCK	1 Ampola
Água destilada autoclavada	50 ml
Adicionar 0,10ml para cada litro de água	
<b>Solução de silicato (somente para Diatomáceas)</b>	<b>Quantidades</b>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O	5,10 g
Água destilada	100,00 ml
Adicionar 1,5ml para cada litro de água	

Fonte: WALNE (1974) modificado ANDREATTA e DERNER 1997.

O volume da cultura foi elevado até 4 L em garrafas pets com aeração constante, sobre as mesmas condições de iluminação e temperatura (Figura 3). Junto ao inóculo das microalgas no TM, foi agregado o meio SEAFDEC modificado, descrito na tabela 2.

**TABELA 2.** Composição do meio de cultura SEAFDEC utilizado nesta Pesquisa.

<b>PARA ALGAS VERDES</b>	
<b>Solução principal</b>	<b>Quantidades</b>
Uréia	37,5 g
Super fosfato Triplo	125,00g
Sulfato de Amônio	750,00 g
Água de torneira	5,00L
<b>Solução de Cloreto de ferro</b>	<b>Quantidades</b>

FeCl <sub>3</sub> 5H <sub>2</sub> O	40,00g
Água da torneira	1,00L
<b>Solução de Silicatos (somente para as Diatomáceas)</b>	<b>Quantidades</b>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	10ml
<b>ELABORAÇÃO DO MEIO</b>	
Solução principal	1,00L
Solução de Cloreto de ferro	40,00ml
Água marinha	1.000,00L

Fonte: YAMASHITA e PINTO (1984) modificado ANDREATTA e DERNER 1997.

**Figura 3** - Cultivo em tubos na parte superior da figura; na parte inferior em garrafas de vidro 1L e pets de 6L das seguintes espécies: *Dunaliella salina*, *Chaetoceros muelleri*, *Tetraselmis gracilis* e *Thalassiosira pseudonana*.



Fonte. Autoral.

O processo de fertilização do tanque matriz, ocorreu no mesmo período de maturação dos substratos (10 dias), consistiu na aplicação do inóculo das microalgas nos dois primeiros dias, mais meio SEAFDEC. No quinto dia foi introduzido 35ml de ração (Guabi) diluída com a água do próprio tanque para introduzir matéria orgânica o favorecendo as bactérias heterotróficas. O controle da fertilização com carbono orgânico para regular a amônia no sistema levou em consideração a aplicação de 6 g de carbono para 1 g de amônia (Avnimelech, 1999 e Ebeling *et al.* 2006). Durante este período foi acompanhado algumas variáveis físico-

químicas do TM, tais como: Temperatura ( $26.2 \pm 1^\circ \text{C}$ ), pH (8,4),  $\text{NH}_4^+$  (5mg/L),  $\text{NO}_2$  (0 mg/L), Oxigênio Dissolvido  $+5,0 \text{ mg L}^{-1}$ . Em razão da amônia total encontrar-se alta, foi calculado o valor necessário para correção da amônia no TM, através da aplicação do melaço de cana líquido (270g). Além disso, foi aplicado diretamente na água o probiótico Pond Plus® - Bayer (Composição: concentração de bacteriana  $1,0 \times 10^3 \text{ UFC/g}$ ; *Bacillus subtilis*; *Bacillus licheniformis* (2 cepas); *Bacillus amyloliquefaciens* (2 cepas); *Bacillus megaterium*; *Bacillus pumilus*), que consiste em uma mistura sinérgica de bactérias responsáveis por degrada a matéria orgânica presente no tanque. O valor aplicado no TM seguiu o recomendado pelo fabricante de  $0,5\text{g/m}^3$ . Durante 10 dias a maturação dos bioflocos no TM foi aos poucos se estabelecendo (Figura 4). No entanto, as medidas tomadas para correção da amônia total presente no TM não foi suficiente para diminuir sua concentração. Desse modo, optou-se em pegar somente 30% da água do TM mais 70% de uma outra água marinha (salinidade 30 ‰) reserva tratada (clorada com cloro 15g/1000L, declorada aeração constante), com características físico-químicas semelhantes, isenta de amônia total, a fim de diminuir a concentração da amônia total. As 12 unidades receberam essa mistura (30% TM + 70% água marinha tratada), dando continuidade ao experimento. Após cinco dias de experimento nas unidades, observou-se através das análises de qualidade de água, que o TM encontrava-se com os parâmetros físico-químicos estabelecidos, principalmente os compostos nitrogenados. Constatou-se pela diminuição do  $\text{NH}_4$  (2mg/L) e pelo aparecimento do  $\text{NO}_2$  (0,5MG/L) e  $\text{NO}_3$  (10mg/L), valores estes ainda então, não registrados, o que comprovou que o processo de maturação no TM estava se estabelecendo. A partir desse momento, tomou-se a decisão de retirar 50% da água das 12 unidades, repondo com a água do TM. Com o manejo pode-se regular a amônia nas 12 unidades experimentais, o que foi feito através da aplicação do melaço em pó (Avnimelech, 1999). No decorrer do experimento foi realizado somente uma troca de 50% d'água. O sistema era totalmente fechado, não havendo recirculação.

**Figura 4** - Tanque matriz -TM, mudança da coloração d'água.



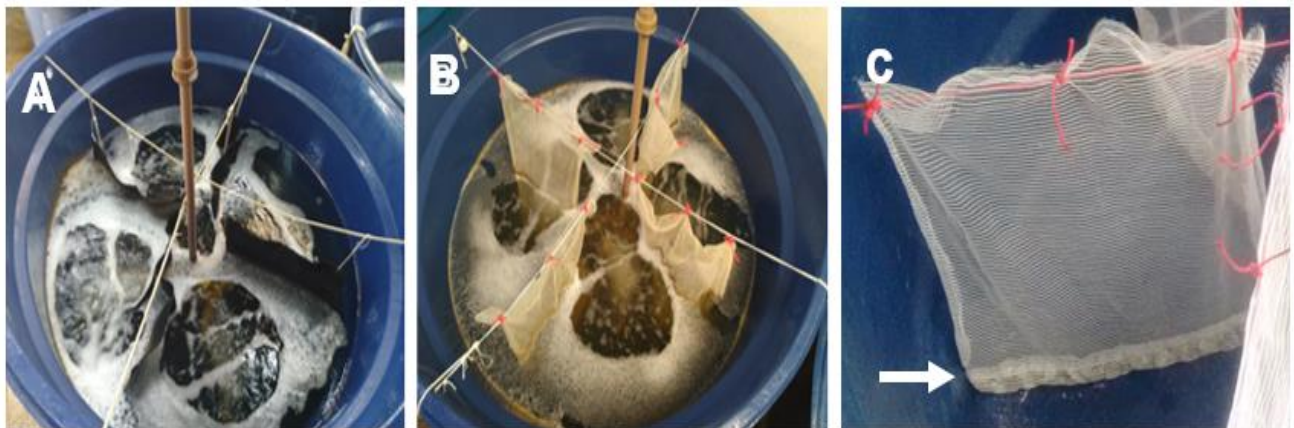


Fonte: Autoral

### 3.4 Substrato Artificial

Como substratos foram utilizados dois materiais distintos, sendo eles: Needlona® e Nylon. A escolha do material levou em consideração os seguintes critérios: resistência a água, aceitação no mercado, custo benefício, lavável e reutilizável. As telas foram modeladas manualmente em peças de 40cm de largura x 38cm de altura, e foram adicionadas totalmente submersas na vertical, equidistantes uma das outras, em formato de “cruz” nas unidades, equivalente a 100 % a área do fundo do tanque (0,70m<sup>2</sup>). Desse modo, as telas foram mantidas esticadas por meio de uma costura na porção inferior, equivalente a 5 cm, preenchida com pedra brita n°1 e na parte superior esticada por meio de uma armação rígida (corda) em ambas as pontas (Figura 5). O uso do substrato acrescentou uma área útil de aproximadamente 30%

**Figura 5-** A) Vista superior dos tratamentos com substratos: A) Needlona; B) Nylon; C) Exemplo da Costura no substrato (seta branca).



Fonte: Autoral.

### 3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos e quatro repetições, correspondendo: CTR - Controle (sem substrato); NEED - com substrato Needlona® e NYL - com substrato Nylon, totalizando 12 unidades experimentais, composto por caixas d'água circulares, com capacidade de 500L e volume útil de 250L e 0,70 m<sup>2</sup> de área de fundo (Figura 6). Os dois substratos foram previamente colonizados com bactérias nitrificantes, considerando os três tratamentos em sistema bioflocos. Os tanques foram dispostos sobre estratos de madeiras. Um total de 7.943 PL's foram distribuídas em caixas de polietileno de 250L de volume útil. Cada unidade foi povoada com 2 PL's 10 de *Litopenaeus vannamei* por Litros, totalizando aproximadamente 662 PL's por tanque

As PL's foram alimentadas assim que chegaram no laboratório com 6 g de *Artêmia Salina*, durante todo o experimento. Posteriormente, foi ofertada uma mistura entre a ração comercial em pó Guabi® (40% de proteína bruta - PB) mais probiótico (Pond Plus), numa proporção de 50/50%, respectivamente. A alimentação foi fornecida 8 vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00, 23:00, 2:00, 5:00 hora), ajustando de acordo com as biometrias realizadas.

O sistema de aeração do laboratório conta com 2 sopradores de ar (2 CV; 5 CV), considerado um de emergência, que fica interligado ao gerador a gasolina (Vulcan VG 3100). Cada tanque foi equipado com uma célula de aeração por ar difuso (sistema de aeração), distribuindo o ar com auxílio de mangueiras micro - porosas, localizadas no centro inferior do tanque, ou seja, houve uma maior oxigenação (Oxigênio Dissolvido  $+5,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) através de micro bolhas formadas no meio, além de manter os bioflocos sempre em suspensão.

**Figura 6** - Design da sala experimental.



Fonte: Autoral.

### 3.6 Análises de qualidade de água

Para o acompanhamento da qualidade de água foram mensurados diariamente as variáveis: temperatura e pH através de pHmetro de bolso (Akson modelo AK 50), salinidade (refratômetro ótico), oxigênio dissolvido mg/L (Oxímetro portátil modelo HANNA HI 9146), amônia ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$  mg/L), nitrito ( $\text{NO}_2$  mg/L) e nitrato ( $\text{NO}_3$  mg/L) com kit colorimétrico (Sera). A alcalinidade (mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) da água foi monitorada a cada dois dias, através do kit colorimétrico (Organicoat). O volume do bioflocos (mL/L) dos tanques foi observado nos últimos dias do experimento, com auxílio de um cone Imhoff seguindo a metodologia adaptada por Avnimelech (2009), coletando 1L de amostra da água e aguardando por 10 minutos para a



sedimentação dos sólidos. A turbidez (NTU) também foi analisada diariamente, através do turbidímetro digital de mesa (Policontrol modelo AP 2000).

### 3.7 Desempenho zootécnico

Uma biometria inicial (30 animais) foi realizada para estimar o peso médio (mg) dos camarões e também para determinar a quantidade de ração fornecida. Ao final do experimento uma segunda biometria foi realizada para determinar o ganho de peso. Em relação a biomassa final (g) foi pesado todos os animais de cada tratamento. A sobrevivência foi estimada no final do experimento, após os 10 dias, através da seguinte formula:

$$S\% = 100 \times (QF/QI)$$

Onde:

QF = Quantidade de camarão final.

QI = Quantidade de camarão inicial

### 3.8 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a homogeneidade de variâncias (Levene Test) e a normalidade dos dados (Shapiro-Wilks). Posteriormente foi aplicado análise de variância ANOVA ( $p < 0,05$ ), quando detectado diferença foram submetidos ao teste de Tukey. Os dados que não tiveram distribuição normal foram submetidos ao teste não paramétrico Kruskal Wallis. Os dados foram analisados no software Statistica 7.0.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Parâmetros físicos e químicos da água

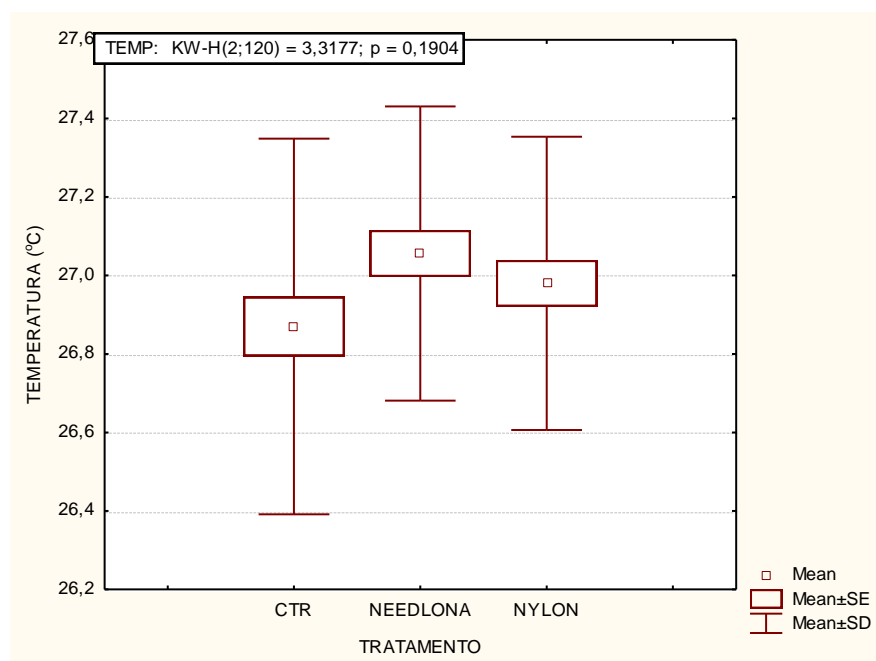
Os resultados obtidos para temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, alcalinidade, amônia total, nitrito, nitrato e turbidez estão disposto na Tabela 3. A temperatura manteve-se em média entre 26,9 (CTR), 27,1 (NEED) e 27 $^{\circ}\text{C}$  (NYL) para os três tratamentos, ou seja, não houve grandes variações ao longo do experimento. Desse modo, não foi encontrado diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos (Figura 7). Os valores médios de pH foram 8,38 (CTR), 8,34 (NEED) e 8,36 (NYL) não apresentaram diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre eles (Figura 8). Ao longo do experimento, a alcalinidade mante-se em média em 100mg/L, um nível aceitável para o cultivo da espécie. Dessa forma, não foi observado diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos (Figura 9).

**Tabela 3.** Parâmetros físico-químicos de qualidade da água nos três tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato Needlona e substrato Nylon, ao longo dos 10 dias de experimento.

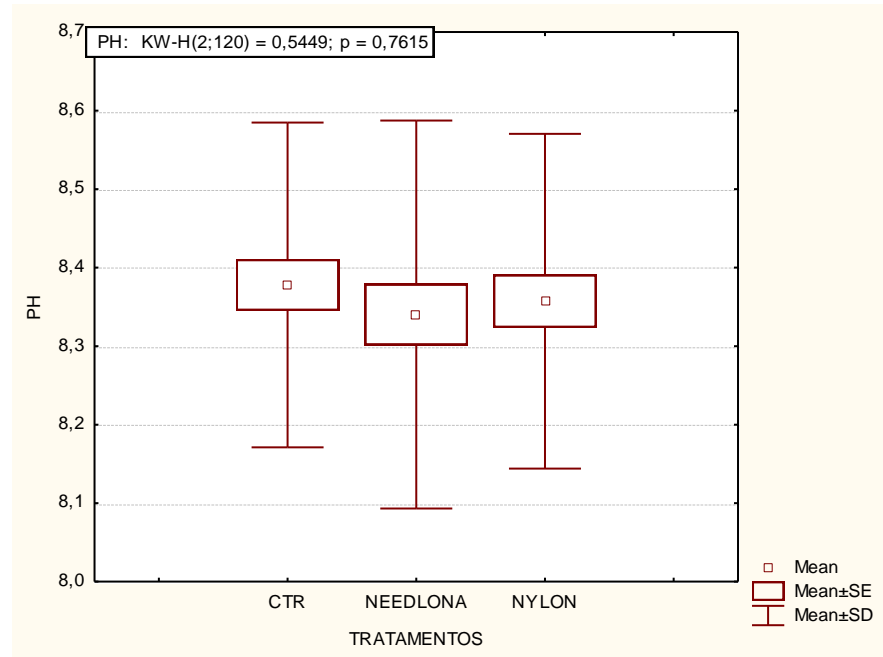
Físico – químicos	CTR	NEDDLONA	NYLON
Temperatura (°C)	26,9 ± 0,48 a	27,1 ± 0,37 a	27,0 ± 0,37 a
pH	8,4 ± 0,21 a	8,3 ± 0,25 a	8,4 ± 0,21 a
Amônia Total (mg/L)	0,8 ± 0,71 a	0,9 ± 0,84 a	1,1 ± 0,59 a
Nitrito (mg/L)	0,8 ± 0,85 a	1,7 ± 1,49 b	1,8 ± 1,8 b
Nitrato (mg/L)	21 ± 24,16 a	32,0 ± 22,55 a	27,0 ± 23,56 a
Alcalinidade (mg/L)	101,0 ± 25,4 a	100,0 ± 27,92 a	100,0 ± 27,92 a
Turbidez (NTU)	14,10 ± 4,61 a	2,92 ± 1,38 b	9,17 ± 2,66 c

\*Valores expressos em média ± desvio padrão, letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

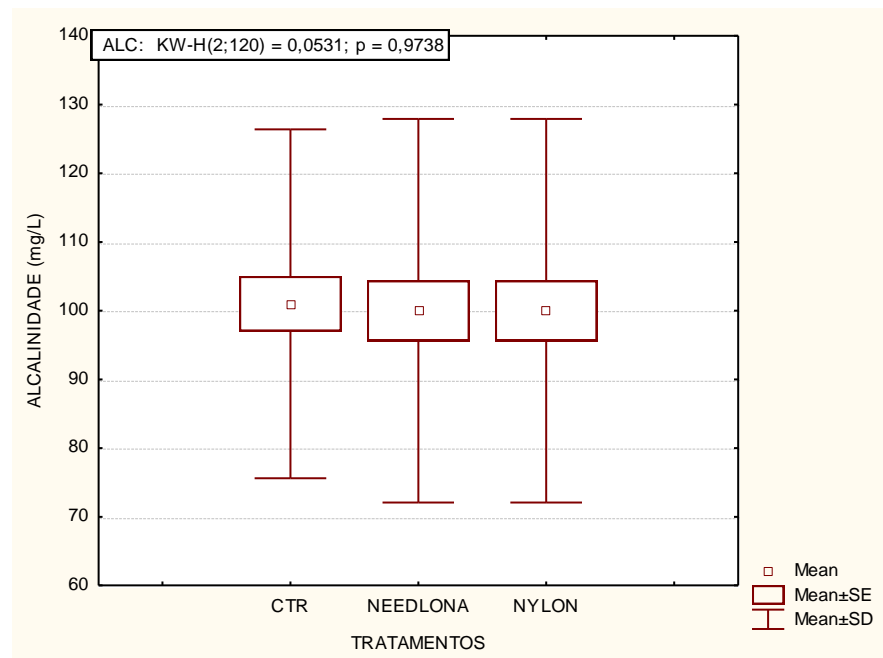
**Figura 7-** Temperatura (°C) da água monitorado nos três tratamentos CTR (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de *L. vannamei* em bioflocos.



**Figura 8-** pH dos tanques monitorados nos três tratamentos CRT (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de *L. vannamei* em bioflocos.



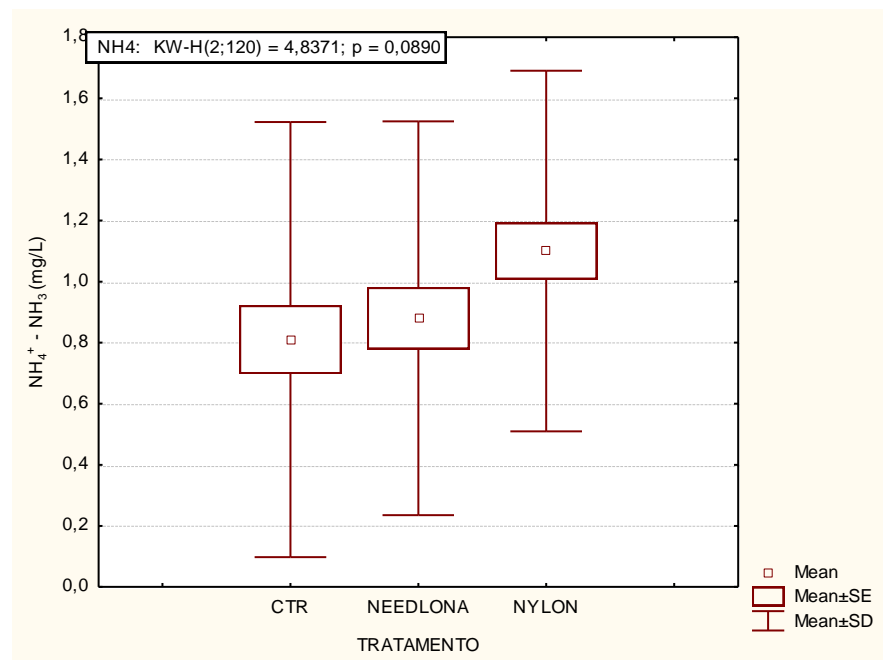
**Figura 9 -** Alcalinidade (mg/L) dos taques monitorado nos três tratamentos CRT (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de *L. vannamei* em bioflocos.



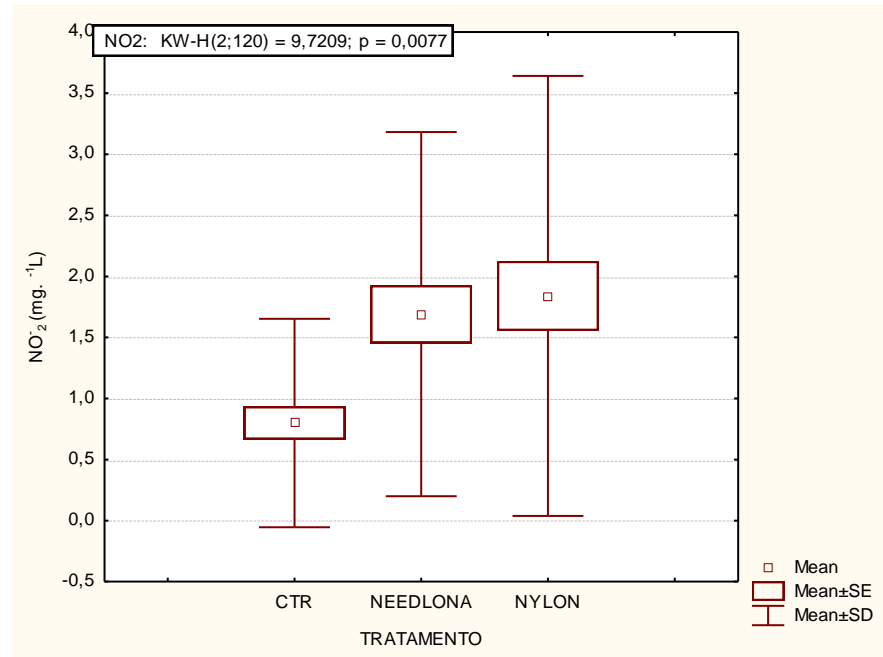
A salinidade manteve-se em média em 30‰ para os três tratamentos, não ocorrendo variações ao longo do período experimental. O oxigênio dissolvido ( $\text{mg/L}^-$ ) manteve-se acima de  $5 \text{ mg/L}^-$  devido à alta oxigenação dos sopradores atuando 24h. Com relação aos compostos nitrogenados, a amônia total não apresentou diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os três

tratamentos testados. As concentrações médias de amônia total foram menores no tratamento controle, apesar de não diferenciar significativamente entre os tratamentos (Figura 10). O nitrito apresentou diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os três tratamentos, sendo que sua concentração foi menor no tratamento controle. Tanto o tratamento com substrato Needlona quanto o Nylon, apresentaram diferença estatística comparado ao controle (Figura 11). Porém, os dois tratamentos com substratos, não apresentaram diferença significativa entre eles. No sexto dia de experimento as concentrações de nitrito alcançaram valores acima do recomendado para espécie. Devido essa questão, foi realizado a renovação de 50% do volume de água dos três tratamentos testados. O nitrato apresentou valores mais elevados que os outros compostos nitrogenados, no entanto não foi observado diferença estatística entre os três tratamentos (Figura 12).

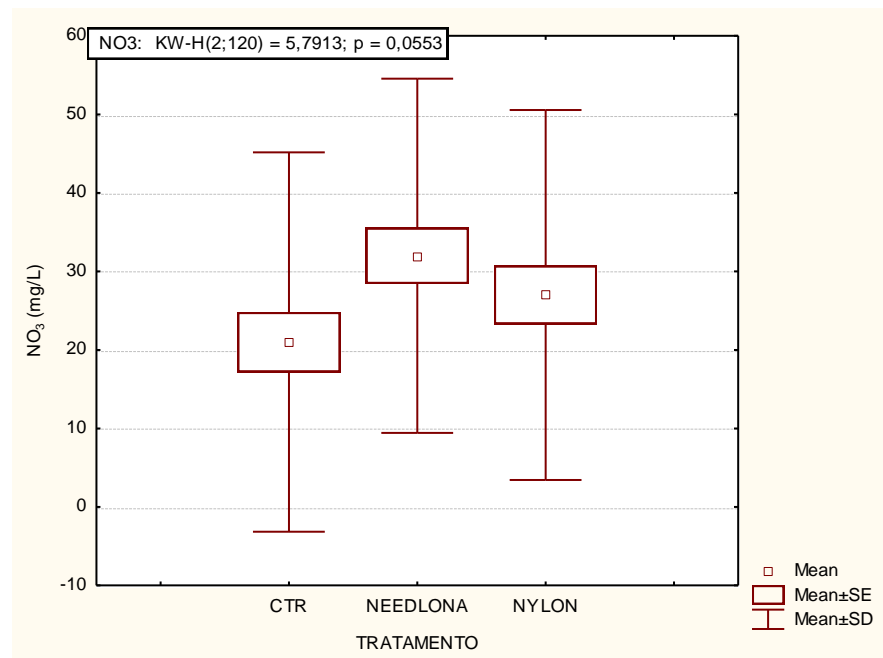
**Figura 10-** Amônia Total ( $\text{NH}_4^+ - \text{NH}_3$  mg/L) dos tanques monitorado nos três tratamentos CRT (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de *L. vannamei* em bioflocos. ( $\text{NO}_2^-$  mg/L)



**Figura 11** - Nitrito ( $\text{NO}_2^-$  mg/L) dos tanques monitorado nos três tratamentos CRT (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de *L. vannamei* em bioflocos.



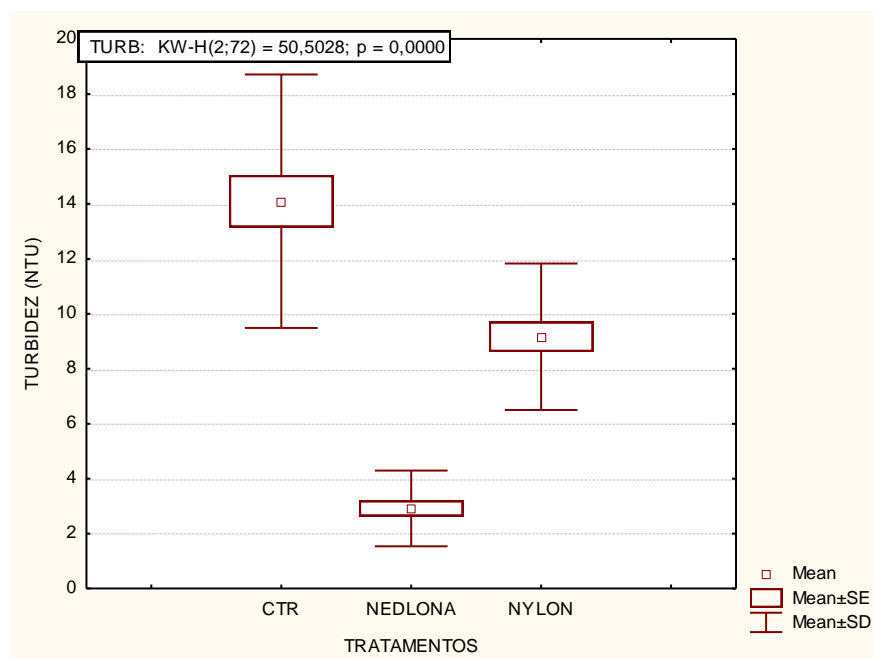
**Figura 12** - Nitrato ( $\text{NO}_3^-$  mg/L) dos monitorado nos três tratamentos CRT (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de *L. vannamei* em bioflocos.



Os valores da turbidez (NTU) apresentaram diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os três tratamentos. Sendo que os dois tratamentos com substratos diferenciaram do controle, assim como, os com substratos (Needlona e Nylon) apresentaram diferença entre eles (Figura 13). O tratamento com substrato Needlona, foi o que apresentou os menores valores de turbidez e o

controle apresentou os maiores valores. Somente a partir do oitavo dia de experimento foi possível observar o volume do floco, através do cone Imhoff, antes o material não sedimentava no cone, para os três tratamentos. Os valores registrados para os três tratamentos, são: Controle 0,8ml/L, Needlona 8ml/L e Nylon 6ml/L.

**Figura 13-** Turbidez (NTU) dos tanques monitorado nos três tratamentos CRT (controle), Needlona e Nylon, durante o cultivo de *L. vannamei* em bioflocos.



#### 4.2 Desempenho zootécnico

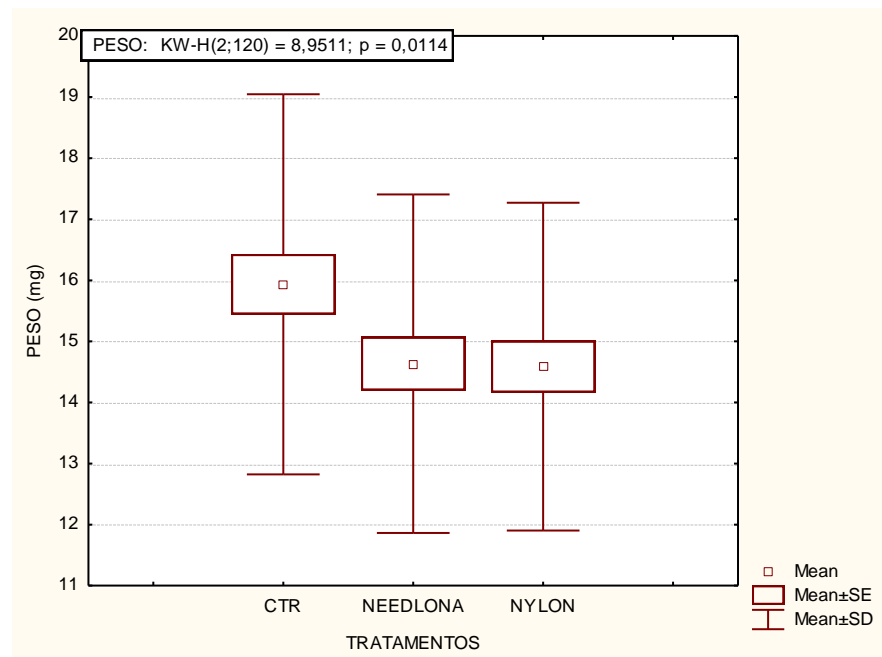
Os resultados de desempenho zootécnicos dos camarões obtidos para peso médio inicial e final (mg), biomassa (mg), sobrevivência (%) e crescimento (%) durante o pré-berçário, estão presentes na tabela 4. O peso médio final (mg) foi superior no tratamento CTR (15,93mg), enquanto os tratamentos com substratos apresentaram peso médio (Needlona 14,63mg; Nylon 14,58mg) semelhante, ou seja, inferior ao CTR. Estatisticamente apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) (Figura 14). Igualmente, a biomassa (mg) foi maior para o tratamento CTR, porém não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Figura 15) assim como a sobrevivência não apresentou diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os três tratamentos, sendo a mesma superior a 90% para os três tratamentos (Figura 16). O tratamento CTR apresentou maior percentual de crescimento em média de 373%, comparado aos tratamentos com substratos. No entanto, o percentual de crescimento não mostrou diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre eles (Figura 17).

**Tabela 4.** Peso médio inicial , peso médio final, biomassa final, sobrevivência, taxa de crescimento dos três tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato Needlona e substrato Nylon, ao longo dos 10 dias de experimento.

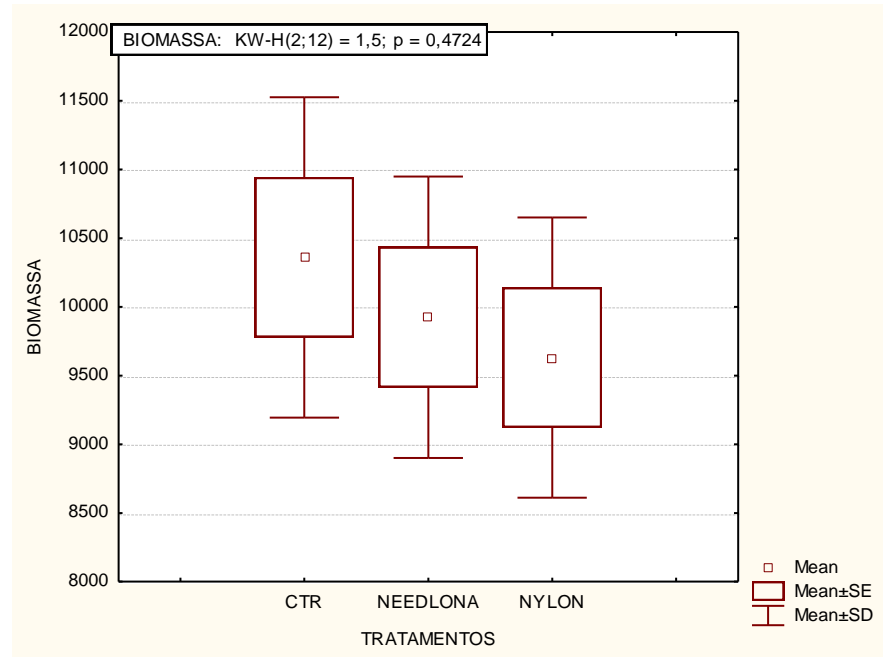
<b>Biometria</b>	<b>CTR</b>	<b>NEDDLONA</b>	<b>NYLON</b>
<b>Peso médio inicial (mg)</b>	<b>4,27 ± 9,57 a</b>	<b>4,27± 9,57 a</b>	<b>4,27 ± 9,57 a</b>
<b>Peso médio final (mg)</b>	<b>15,94 ± 3,11 a</b>	<b>14,64 ± 2,77 b</b>	<b>14,59 ± 2,69 b</b>
<b>Biomassa final (g)</b>	<b>10,40 ± 1,17 a</b>	<b>9,92 ± 1,02a</b>	<b>9,63 ± 1,02a</b>
<b>Sobrevivência (%)</b>	<b>94,12 ± 3,4 a</b>	<b>97,55 ± 2,93a</b>	<b>95,48 ± 3,89 a</b>
<b>Taxa de Crescimento (%)</b>	<b>373 ± 29 a</b>	<b>343 ± 29 a</b>	<b>342 ± 24,53 a</b>

\*Valores expressos em média ± desvio padrão, letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa (( $p < 0,05$ )).

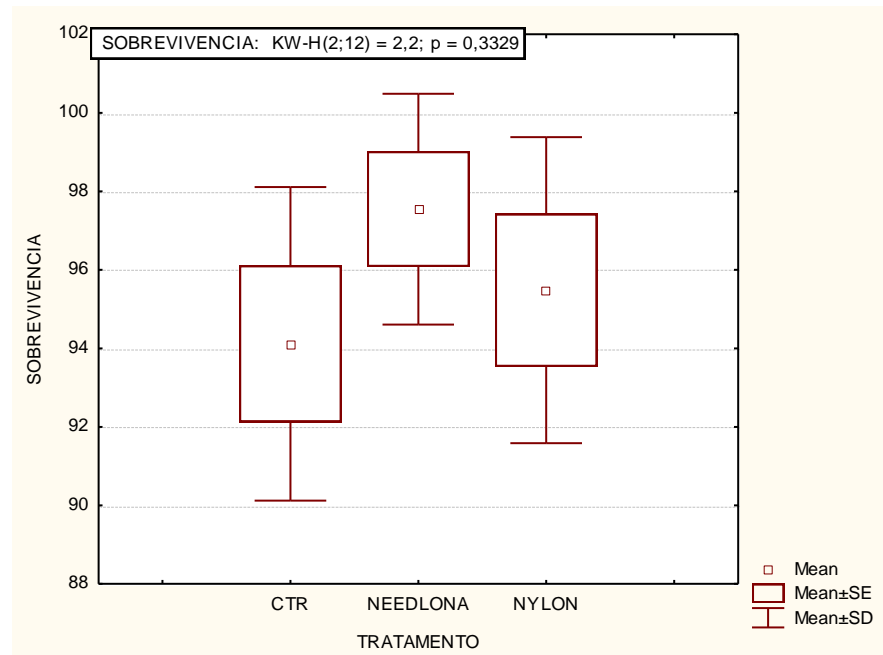
**Figura 14-** Peso médio individual (mg) de *L. vannamei* cultivados em três tratamentos, CRT (controle), Needlona e Nylon.



**Figura 15** - Biomassa (mg) de *L. vannamei* cultivados em três tratamentos, CRT (controle), Needlona e Nylon.

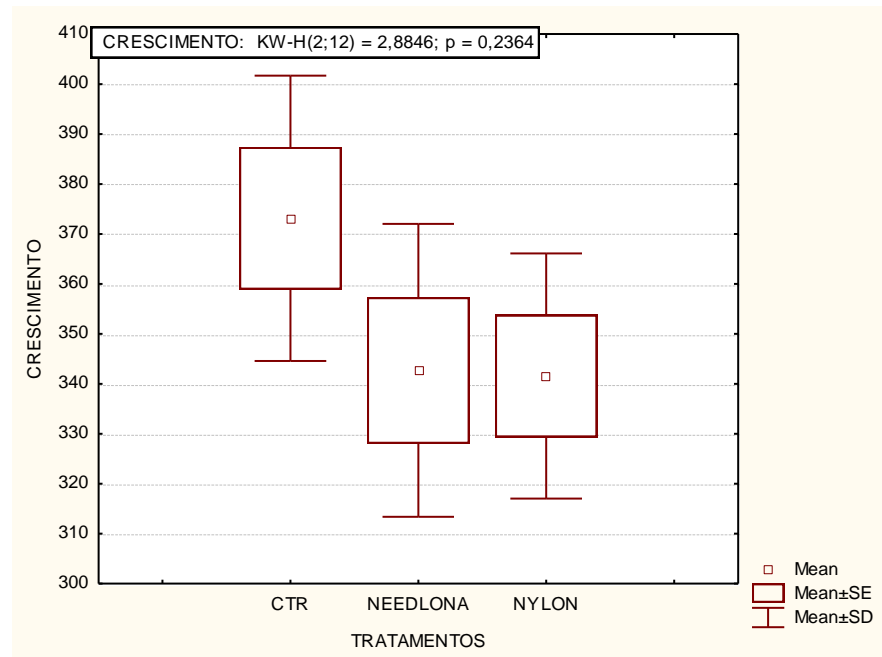


**Figura 16** - Sobrevivência (%g) de *L. vannamei* cultivados em três tratamentos, CRT (controle), Needlona e Nylon.





**Figura 17** - Percentual de crescimento (%) de *L. vannamei* cultivados em três tratamentos, CRT (controle), Needlona e Nylon.



## 5. DISCUSSÃO

No sistema BFT os cuidados relativos à qualidade de água, é um dos fatores determinantes para o sucesso do cultivo. Por se tratar de um sistema altamente complexo, suas variáveis físico, químico e biológica mudam rapidamente, em razão de uma de series eventos que atuam nesse sistema. É importante manter os parâmetros de qualidade de água em níveis ótimos para a espécie, pois o desequilíbrio desses parâmetros pode comprometer o desenvolvimento do organismo cultivado. Segundo Kubitza (2011), a temperatura da água para cultivo deve ser mantida entre 26 a 32°C, para que os camarões encontrem conforto térmico e não comprometa a saúde do mesmo. No presente estudo, a temperatura mínima foi de 26,1°C e máxima de 28°C, mantendo-se dentro da faixa recomendada para a espécie. Considerando uma pequena variação mínima, o que não é capaz de afetar o desenvolvimento do camarão. Durante o experimento o pH manteve-se dentro da faixa recomendada para a espécie, em média de 8,35 para os três tratamentos. No entanto, em sistema BFT as bactérias nitrificantes se desenvolvem melhor em pH entre 7 e 8. Por esse motivo, foi realizado a correção do pH com ácido ascórbico (WYK e SCARPA 1999),

Para Van Wyk e Scarpa (1999), a alcalinidade ideal para cultivo de camarão marinho deve ser mantida acima de 100mg/L. No sétimo dia de cultivo, houve uma queda da alcalinidade em todas as unidades. Provavelmente, este fator deve estar relacionado ao aumento da biomassa microbiana que consome a alcalinidade e diminui o pH. (Furtado *et al.* 2011 e Wasielesky *et al.* 2007). Segundo Boyd (2000), a alcalinidade tem uma relação direta com o pH. Porém, não foi observado esta relação no presente estudo, quando ocorreu uma queda da alcalinidade o pH se manteve dentro da média. A correção da alcalinidade foi realizada com bicarbonato de sódio, pois segundo Furtado (2011) o bicarbonato de sódio favorece a qualidade da água e o crescimento do floco microbiano no sistema de cultivo.

A salinidade não variou muito ao longo do experimento, mantendo-se 30ppt, considerando as perdas mínimas por evaporação. Dessa forma a salinidade manteve-se dentro do nível aceitável para a espécie, embora o camarão marinho *L. vannamei* sobreviva em águas oligohalinas (Mendes 2006). Maicá *et al.* (2012) obtiveram resultados melhores de crescimento com *L. vannamei* em salinidades entre de 25 a 36ppt, o presente estudo as concentrações permaneceram dentro da faixa.

A demanda por oxigênio dissolvido no sistema BFT ocorre não somente pela espécie cultivada, mas também pelas bactérias, fitoplâncton, oxidação da matéria orgânica, todos eles consomem o oxigênio do meio. Por esta razão, é necessário um sistema bastante eficiente de aeração para suprir toda necessidade do sistema. Segundo De Moraes (2020), a nitrificação no sistema BFT é mais eficiente com a intensificação da aeração. Kuhn *et al.* (2008), apontaram que os maiores custos gerados nesse tipo de sistema (BFT) é oxigenação constante.

Por se tratar de um sistema com domínio maior de bactérias heterotróficas. No presente estudo, durante os três primeiros dias já havia a presença de nitrito e nitrato na água. Fator esse que pode ser atribuído a colonização previa dos dois substratos utilizados. Durante o início do experimento a concentração da amônia total variou em 0 mg/L a 2mg/L para os três tratamentos. No entanto, a amônia total em média foi menor para o tratamento CTR. Foi possível observar para os três tratamentos o controle da amônia pelas bactérias heterotróficas, especialmente no final do experimento, onde os níveis de amônia total caíram para menos de 0,5mg/L. No início do experimento a amônia total acumulou-se nos três tratamentos, o que provavelmente pode ser atribuído a mineralização dos compostos orgânicos (restos de ração e fezes) no sistema (Lin e Chen, 2001). Próximo ao final do experimento a amônia total apresentou uma tendência de queda, o que provavelmente pode estar relacionado a metabolização da amônia pelos agregados microbianos ou pelas bactérias Amônia-Oxidantes aderidas nos substratos (LARA, 2012).

Segundo Ebeling *et al.* (2006), as baixas concentrações de amônia total encontradas no final do experimento podem estar relacionadas com a remoção por parte das bactérias heterotróficas e quimioautotróficas. Os dois tratamentos com substratos previamente colonizados, apresentaram um pico de nitrito por volta do sexto dia de cultivo. Fato interessante a ser notado, porque o esperado era que o contrário acontecesse. Lorenzine (2018) utilizando substrato (Needlona) pré colonizado ao longo do seu experimento com camarão marinho *L. vannamei* em BFT não observou pico de nitrito em nenhum momento do cultivo, diferentemente do presente estudo. Logo, a presença do substrato não mostrou ser uma técnica eficiente para remoção de compostos nitrogenados.

O mesmo foi observado por Lara *et al.* (2016) que utilizou a técnica semelhante de pré colonização do substrato. No entanto, a autora não obteve sucesso para remoção dos compostos nitrogenados. Na literatura ainda não se tem um protocolo específico para os efeitos dos substratos no ambiente de cultivo. O uso do substrato é controverso, alguns autores afirmam que o uso do mesmo beneficia as bactérias quimioautotróficas, logo reduzindo a concentração dos compostos tóxicos no ambiente de cultivo (Huang *et al.* 2013; Zhang 2011; 2016). Uma outra parte afirma não perceber diferença alguma quanto ao uso (Moss e Moss 2004; Schweitzer *et al.* 2013).

No presente trabalho ocorreu um pico de nitrito para os dois tratamentos com substratos, provavelmente esse índice pode ser atribuído a oxidação da amônia em nitrito, que ocorre no sistema de forma mais rápida que a oxidação do nitrito em nitrato. Dessa forma, o nitrito acaba se acumulando no sistema, o que não é o desejado uma vez que este composto em grandes concentrações prejudica a sobrevivência do organismo cultivado (Timmons e Ebeling. 2013). No tratamento CTR não ocorreu um pico de nitrito comparado aos outros tratamentos com substratos. Tal fato demonstra que a nitrificação neste sistema ocorreu de forma natural, organizada diferentemente dos substratos, pois provavelmente ocorreu uma disputa por espaço com as bactérias heterotróficas.

A sobrevivência do camarão foi maior no tratamento com substrato Needlona, comprovando a eficiência desse material com relação ao nylon. Diferentes autores apontaram esta eficiência na sobrevivência com uso da Needlona (Rodrigues, 2015; Arnold *et al.* 2009; Viau *et al.* 2013). Contudo, o CTR e substrato Nylon apresentaram sobrevivência acima de 90%. A adição dos substratos não influenciou o ganho de peso, sendo o tratamento CTR o que mais se sobressaiu, com relação ao ganho de peso. Este fato pode ser atribuído provavelmente, ao nível de nitritos que se manteve abaixo dos outros tratamentos.

A biomassa final foi maior no tratamento CTR, apesar de não ter tido diferença estatísticas com os tratamentos com substratos (Needlona e Nylon). Este resultado pode ser atribuído aos níveis de turbidez da água, ou seja, o CTR teve maior turbidez logo os flocos microbianos que compõem parte dos sólidos disponíveis na água, serviram de alimento para os camarões. Avnimelech (2009) dispõem que os flocos microbianos presente na coluna d'água são utilizados pelos animais como fonte extra de alimento. Enquanto nos tratamentos com substratos, principalmente com a Needlona, boa parte desses sólidos era mantido pelos substratos e o nylon ficou em intermediário entre eles. A taxa de crescimento foi mais acentuada no tratamento CTR, que resultou em níveis mais baixos de amônia durante todo o período experimental. Resultado semelhante foi apontado no tratamento controle por Huang *et al.* (2013) utilizando AquaMats como substratos.

## **6. CONCLUSÃO**

Com os resultados do presente estudo podemos concluir que o uso substrato contribui para aumentar a área específica do tanque. Enquanto o uso da Needlona é uma eficiente ferramenta para reduzir os níveis de sólidos durante o pré berçário. Logo, a pré colonização dos dois substratos com bactérias nitrificantes não se mostrou ser tão eficiente para metabolizar os compostos nitrogenados. O pré- berçário pode ser realizado sem a presença dos substratos pré colonizados, sem prejudicar os índices zootécnicos das pós larvas.

## REFERÊNCIAS

ANDREATTA, E.; ALFONSO, E.; COELHO, M.; BELTRAME, E.; SEIFFERT, W.; VINATEA, L.; PETERSEN, R.; DERNER, R. & MUEDAS, W. 1997. Produção de Pós-larvas de Camarão Marinho - II Curso Internacional. CYTED. Laboratório de Camarões Marinhos - Departamento de Aquicultura - Centro de Ciências Agrárias - UFSC. Novembro/1997. Florianópolis - SC. 193p.

ARNOLD, S.J., COMAN, F.E., C.J. JACKSON, S.A. GROVES, 2009. High-intensity, zeroexchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. **Aquaculture** 293,42-48.

AVNIMELECH, Y. 1999. C/N ratio as a control element in aquaculture systems. 828 **Aquaculture**, 176:227-235.

AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio -- flocs technology ponds. **Aquaculture**, 264:140–147.

AVNIMELECH Y., MOKADY S. AND SCHROEDER G.L. 1989. Circulated ponds as efficient bioreactors for single-cell protein production. Israeli J. Aquaculture Bamidgeh, 41: 58-66.

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology, a practical guide book. 2 d Edition. The Word **Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, United States. 271p., 2012.

AVNIMELECH, Y., 2009. Biofloc Technology Apractical Guide Book. **Aquaculture Society**, Batpm Rouge.

BOYD, C.E. 2000. Water quality- An introduction. Kluwer Academic Publisher, Massachusetts.

CAVALCANTE, Davi de Holanda *et al.* 2016. Association between periphyton and bioflocs systems in intensive culture of juvenile Nile tilapia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 119-125.

CAVALCANTE, Davi de Holanda *et al.* 2017. Nile tilapia culture under feeding restriction in bioflocs and bioflocs plus periphyton tanks. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 223-228.

COSTA, B. B. da; STREIT JÚNIOR, D. P. 2018. Cultivo de camarões em sistema de bioflocos no Brasil: uma alternativa sustentável às intensificações na aquicultura, **Arquivos de ciências do Mar**. Fortaleza, 51 (2), p. 116-130.

DA SILVA, Leonilton Rodrigues Barbosa *et al.* 2019. Contribuição da ciência brasileira para o desenvolvimento da tecnologia de bioflocos: uma revisão da literatura. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 19, n. 1, p. 49-60.

DE MORAIS, Ana Paula Mariane *et al.* Effect of aeration intensity on the biofilm nitrification process during the production of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in Biofloc and clear water systems. **Aquaculture**, v. 514, p. 734516, 2020.

DE PAULA MENDES, Paulo *et al.* Aclimatação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) à água doce com diferentes estratégias de alimentação e calagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 89-95, 2006.

DOS SANTOS-JUNIOR, Marcello Mendes *et al.* Suplementação dietética com probiótico e butirato de sódio no pré-berçário de *Litopenaeus vannamei*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 2, p. 457-463, 2018.

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

FAO. 2020. A Situação Mundial da Pesca e Aquicultura 2020. Sustentabilidade em ação . Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FLECKENSTEIN, Leo J. *et al.* 2020. The effects of artificial substrate and stocking density on Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance and water quality dynamics in high tunnel-based biofloc systems. **Aquacultural Engineering**, p. 102093.

HUANG, Zhitao *et al.* 2013. Assessment of AquaMats for removing ammonia in intensive commercial Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* aquaculture systems. **Aquaculture international**, v. 21, n. 6, p. 1333-1342.

Kuhn, D.D., Boardman, G.D., Craig, S.R., Flick, G.J., Mclean, E., 2008. Use of Microbial Flocs Generated from Tilapia Effluent as a Nutritional supplement for Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in Recirculating Aquaculture Systems. *J. World Aquacult. Soc.* 39, 72-82.

KUBITZA, F. Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. 2.ed. rev. ampl. Jundiaí: Acqua Supre Com. Suprim. Aquicultura, 2011. 316p.

LARA, G.R. (2012). Técnicas de manejo aplicadas à redução das concentrações de nitrito na água de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos. (Dissertação de Mestrado disponível em [www.aquicultura.furg.br](http://www.aquicultura.furg.br)).

LARA, G. *et al.* 2016. Addition of sodium nitrite and biofilm in a *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 44, n. 4, p. 760– 768.

LARA, G.; HONDA, M.; POERSCH, L.; WASIELESKY JR, W. 2017. The use of biofilm and different feeding rates in biofloc culture system: the effects in shrimp growth parameters. **Aquaculture. International**, v. 25, n. 5, p. 1959-1970.

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

LORENZINI, Joao Paulo Silva. 2018. Avaliação do uso de substrato no desempenho e qualidade de água de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) mantidos em berçário em sistema de bioflocos. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

MOSS, K., MOSS, S., 2004. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production. *J. World Aquac. Soc.* 35, 536–542. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2004.tb00121.x>

NUNES, Cesar Antunes Rocha. 2013. Influência do uso de substratos artificiais na criação do camarão *Litopenaeus vannamei*. Dissertação de Mestrado CCAAB - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (Dissertações).

OLIER, B.S., TUBIN, J.S.B., de MELLO, G.L. *et al.* 2020. Does vertical substrate could influence the dietary protein level and zootechnical performance of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system?. **Aquaculture International** 28, 1227–1241.

REZENDE, P. C.; SCHLEDER, D. D.; SILVA, H. V.; HENRIQUES, F. M.; LORENZO, M. A.; SEIFFERT, W. Q.; ANDREATTA, E. R.; VIEIRA, F. N. 2018. Prenursery of the pacific White shrimp in a biofloc system using diferente artificial substrates. **Aquacultural Engineering**, v. 82, p. 25-30.

ROCHA, I. P. Berçários Intensivos, Raceways e Crescimento Compensatório - Aumento do Número de Ciclos de Cultivo por Ano. *Revista ABBC. RN.* Jul/2017.

ROCHA, I. P. *et al.* O Crescimento da Produção de Camarão Marinho Cultivado do Brasil está na Dependência da Adoção de dos Lúcidos Controles Sanitários nas Análises (AIR) e Autorizações das importações de Camarão e outros Crustáceos, Conforme Determina a IN 02/2018 (SEAP –PR). *Revista ABBC.* Jun/2019.

RIBEIRO, Luísa Ferreira; SOUZA, Manuel C. M. B. N. de; BARROS, Francisco e HATJE, Vanessa. Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. *RGCI* [online]. 2014, vol.14, n.3, pp.365-383. ISSN 1646-8872.

RODRIGUES, Priscila Costa Rezende. 2015. Pré-berçário de camarão branco do Pacífico: avaliação de substratos artificiais e densidades de estocagem. Dissertação de Mestrado

– UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós- Graduação em Aquicultura, Florianópolis.

SANTOS, Nathalia Brenda Veiga dos *et al.* 2019. Assessment of the nitrification process in a culture of pacific white shrimp, using artificial substrate and bacterial inoculum in a biofloc technology system (BFT). **Ciência Rural**, v. 49, n. 6.

SCHVEITZER, R. *et al.* 2013. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. **Aquacultural Engineering**, v. 54, p. 93–103.

TIMMONS, M.B., EBELING, J.M., 2013. Recirculating Aquaculture, 3rd editio. ed. Ithaca Publishing Company LLC, Ithaca.

VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., et al. (Eds.), Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, p. 128– 138.

VIAU, V., SOUZA, D.M., RODRÍGUEZ, E.M., WASIELESKY, W., ABREU, P.C., BALLESTER, E.L.C., 2013. Biofilm feeding by postlarvae of the pink shrimp *Farfantepenaeus braziliensis* (Decapoda, Penaeidae). **Aquacult. Res.** February 2013.

WASIELESKY, WJ, H ATWOOD, R KEGL, J BRUCE, A STOKES & CL BROWDY. 2007. Effect of pH on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a zero exchange super-intensive culture system In proceedings of the Aquaculture 2007. San Antonio, Texas, USA.

WASIELESKY, W., FROES, C., FÓES, G., KRUMMENAUER, D., LARA, G., POERSCH, L., 2013. Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: the effect of stocking densities and compensatory growth. *J. Shellfish Res.* 32, 799–806.

YAMASHITA, C., PINTO, M. 1984. Uso de Diferentes espécies de Algas na Alimentação de Camarão *Penaeus brasiliensis* no Estágio de Zoea. EMPARN: Boi. Pesquisa n. 9, 18p.

ZHANG, B. 2011. Influence of the artificial substrates on the attachment behavior of *Litopenaeus vannamei* in the intensive culture condition. *International Journal of Animal and Veterinary Advances* 3, 37–43.

ZHANG, Jiasong *et al.* 2016. Artificial substrates in zero-water-exchange culture system regulate the rearing performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) under the winter indoor condition. **Aquaculture Research**, v. 47, n. 1, p. 91-100.

ZINK, Ian C; CRIALES, Maria M; BROWDER, Joan A. 2013. Influência da temperatura e salinidade no crescimento, sobrevivência e produtividade de biomassa de pós-



larvas e juvenis de camarão rosa *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad 1939). **Journal of Shellfish Research** , v. 32, n. 3, pág. 785-797.