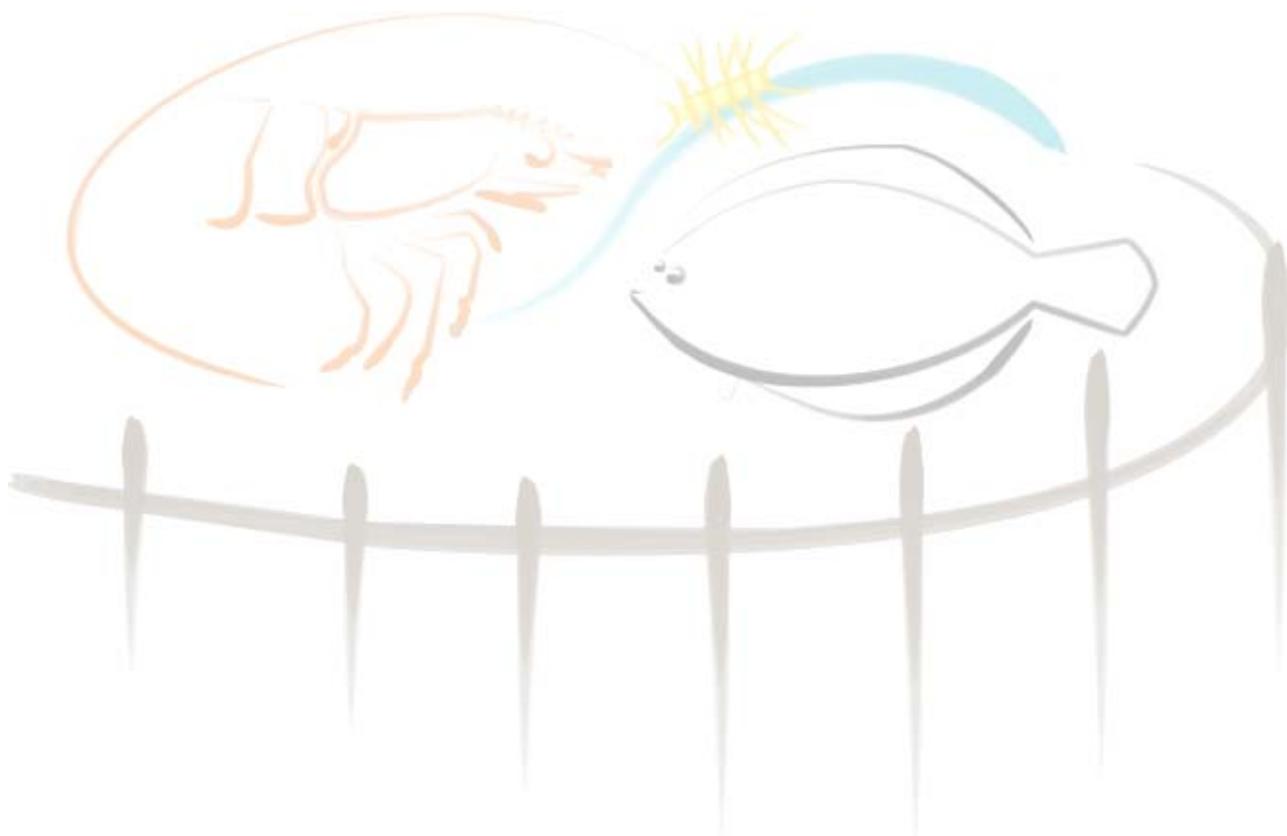




FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



***EFEITOS DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E
DO SUBSTRATO ARTIFICIAL NO CULTIVO DO
CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus paulensis*
(PÉREZ-FARFANTE, 1967) EM CERCADOS***

TITO LUÍS PISSETTI

**FURG
RIO GRANDE, RS
2004**

Fundação Universidade Federal do Rio Grande
Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura

EFEITOS DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E DO SUBSTRATO
ARTIFICIAL NO CULTIVO DO CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus*
paulensis (PÉREZ-FARFANTE, 1967) EM CERCADOS

Tito Luís Pissetti

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Aqüicultura como parte dos requisitos para obtenção
do grau de Mestre em Aqüicultura da Fundação
Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Olivera Cavalli

Rio Grande - RS - Brasil

Outubro, 2004

ÍNDICE

Dedicatória.....	iv
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
1- Introdução.....	1
2- Objetivo.....	5
3- Material e Métodos	
3.1- Local e duração dos experimentos.....	6
3.2- Experimento 1.....	6
3.2.1- Unidades experimentais.....	6
3.2.2- Berçário e povoamento dos cercados.....	6
3.2.3- Alimentação.....	7
3.2.4- Qualidade da Água.....	8
3.2.5- Biofilme.....	9
3.2.6- Biometria.....	9
3.3- Experimento 2.....	9
3.4- Análise estatística.....	10
4- Resultados	
4.1- Qualidade da água.....	12
4.2- Experimento 1.....	14
4.3- Experimento 2.....	21
5- Discussão.....	24
6- Conclusão.....	33
7- Considerações Finais.....	34
8- Bibliografia.....	35
9- Anexos.....	42

Dedico este trabalho a toda minha família, especialmente aos meus pais, Luiz e Mercedes, e minha irmã, Adriana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Ronaldo Olivera Cavalli não só pela orientação neste trabalho, mas também pela sua amizade. Obrigado pela paciência, conversas, dicas e incentivo durante esses anos de convivência.

Ao professor Wilson Wasielesky pelas críticas e sugestões durante o projeto e a realização deste e outros trabalhos. Obrigado por tudo Mano.

Aos professores Paulo César Abreu e Edegar Roberto Andreatta por aceitarem participar da banca examinadora e colaborar para melhor apresentação deste trabalho.

Aos professores Luís André Sampaio, Luís Henrique Poersch e Armindo Maçada, pela amizade e conversas nos corredores do laboratório, e ao professor Paul Kinas, pela ajuda e sugestões nas análises estatísticas deste trabalho.

A todos aqueles que trabalharam ou ainda trabalham na EMA: Robaldo, Dariano, Eduardo, Sílvio, Marquinhos, Luciano, Tati, Jorginho, Loreta, Leonardo, Marcos Abe, Charles, Lisa, Ângela, Cíntia, Baila, Maíra, Jack, Luís, Marcelo Okamoto, Mauren, Andréa, Emeline, Ricardo, Carioca, Lisiane, Diana, Érica, Duda, Tagor, Francis, Marcelo, Hermes, Santa Casa, Fabiano, Marcos, Sandro, Linamara, Enilda, Angélica, Aline e a todos àqueles que não estão citados aqui, mas que de alguma forma participaram deste trabalho.

A todos os colegas e professores do curso de mestrado em aquíicultura da FURG.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos durante a realização desta dissertação.

Aos amigos do Justino: Artur, Augusto, Paulistinha e Fábio, que participaram comigo de várias indias e momentos de pura curtição. Aos vigilantes Diecson, Ademar, Edson, Márcio e ao seu Gilberto, pelas brincadeiras, ajuda e conversas durante a minha estada no Justino.

A todos os amigos que conquistei durante esses sete anos em Rio Grande, em especial a Karina, Mateus, Marcão, Pedro, Dariano, Artur, Japonês, Buscapé, Baiano, Casulo, Viviane, Rafael Thierry, Marcelo Okamoto, Luís Capotorto, Luís Louzada, Márcio Bagé, Henrique, Chico, Galera da Holmes e da Lama e ao meu grande amigo Osni

A minha namorada, pelos anos de convivência e, que mesmo apesar da distância, sempre esteve presente. Muito obrigado por tudo o que você fez e ainda faz por mim.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da densidade de estocagem e da utilização de substratos artificiais sobre a produção do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em cercados, dois experimentos foram realizados simultaneamente no estuário da Lagoa dos Patos, RS, entre os meses de janeiro e abril de 2004, totalizando 86 dias de cultivo. No experimento 1 foram utilizados 12 cercados com 50 m² de área de fundo. Os cercados, feitos com rede de poliéster revestida de PVC (malha de 5,0 mm e altura de 2,1 m), foram sustentados por bambus. Em cada unidade experimental foi adicionado 25 m² de substrato vertical (tela de polietileno com malha de 1,0 mm e cor verde). Juvenis de camarão com peso médio (\pm DP) de 0,80 \pm 0,28 g foram estocados nas densidades de 10, 20, 40 e 60 camarões/m² com 3 repetições por tratamento. Uma ração comercial foi fornecida em bandejas duas vezes ao dia. A cada 14 dias se avaliou a concentração de clorofila *a* e o peso seco do biofilme aderido ao substrato artificial dos diferentes tratamentos. Para acompanhar o crescimento dos animais, 30 camarões de cada unidade experimental foram pesados a cada 14 dias. Ao final do cultivo todos os camarões foram retirados dos cercados para avaliar a sobrevivência, o peso e a biomassa de cada unidade experimental. No experimento 2 foram utilizados 6 cercados similares aos do experimento 1, porém com densidade de estocagem de 20 camarões/m². Dois tratamentos foram testados: com substrato artificial para fixação do biofilme (similar ao experimento 1) e sem substrato. O povoamento dos cercados, a alimentação e o acompanhamento do crescimento dos camarões seguiram a mesma metodologia utilizada no experimento 1. A análise dos dados do experimento 1 foi realizada com ANOVA seguido do teste de Tukey ($\alpha=0,05$), enquanto no experimento 2 os resultados foram analisados através do “teste t” ($\alpha=0,05$). No experimento 1, a concentração de clorofila *a* não apresentou uma relação clara com as diferentes densidades de estocagem. Porém, observaram-se valores mais elevados de peso seco do biofilme na menor densidade de estocagem, provavelmente devido à menor predação dos camarões sobre o biofilme naquele tratamento. A sobrevivência e o crescimento dos camarões foram inversamente proporcionais à densidade de estocagem. No experimento 2, a utilização de substratos artificiais não afetou significativamente as taxas de sobrevivência, crescimento e conversão alimentar dos camarões. Entretanto, em todos

os tratamentos do experimento 1, entre o 58º e 72º dias de cultivo, observaram-se quedas no peso seco do biofilme e na taxa de conversão alimentar, as quais ocorreram simultaneamente a um aumento na taxa de crescimento. Isto sugere que os camarões consumiram o biofilme neste período. Desta forma, os resultados do presente estudo sugerem que apesar da utilização de substratos artificiais não ter resultado em melhoras significativas na produtividade de *F. paulensis* cultivado em cercados na densidade de 20 camarões/m², o biofilme tem um papel importante na alimentação dos camarões. Além disso, os resultados indicam que o cultivo de *F. paulensis* em cercados deva ser realizado com densidades de, no máximo, 20 camarões/m².

ABSTRACT

The present study evaluated the effects of stocking density and the use of artificial substrates on the production of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* cultured in pen enclosures. Two 86 day-long experiments were carried out simultaneously in the estuary of the Patos Lagoon, southern Brazil, from January to April, 2004. In experiment 1, twelve pen enclosures each with a 50 m² bottom area were used. Bamboo poles supported the 2.1 m high PVC-coated polyester netting (mesh opening of 5.0 mm). Each experimental unit received 25 m² of 1.0 mm green plastic netting as artificial substrates, which were added to increase the area available for biofilm attachment. Shrimp juveniles with a mean weight (\pm SD) of 0.80 \pm 0.28 g were stocked at the densities of 10, 20, 40 and 60 shrimp/m² in 3 replicates per treatment. A commercial shrimp diet was provided twice daily in one feeding tray per pen enclosure. Every 14 days, the concentrations of chlorophyll *a* and the dry weight of the biofilm, as well as the weight of 30 shrimp from each experimental unit, were estimated in each experimental unit. At the end of the experimental period, all shrimp were individually counted and weighed. In experiment 2, six pen enclosures similar to those used in experiment 1 were stocked with 20 shrimp/m². Two treatments were tested: with and without the addition of artificial substrates. Feeding and the monitoring of growth and water quality were performed as in experiment 1. Statistical analysis of the data from experiment 1 was carried out by ANOVA followed by Tukey's test ($\alpha=0.05$), while for experiment 2 Student's test was applied ($\alpha=0.05$). In experiment 1, the concentration of chlorophyll *a* presented no clear relationship with stocking density, but a trend towards a greater dry weight of the biofilm at lower stocking densities was observed, which is probably a result of the larger predation by shrimp. Survival and growth were inversely proportional to stocking density. In experiment 2, the use of artificial substrates had no significant effect on survival, growth and feed conversion rates. However, decreases in the dry weight of the biofilm and in the feed conversion rate were observed in every treatment in experiment 1, on day 58 and 72, which occurred simultaneously with an increase in shrimp growth rate. This suggests that shrimp did consume the biofilm during this period. Although the use of artificial substrates resulted in no significant improvement on the productivity of *F. paulensis* reared in pen enclosures at 20

shrimp/m², the present results indicate that biofilm plays an important role in shrimp feeding. The present results also indicate that the culture of *F. paulensis* in pen enclosures should be carried out at stocking densities as high as 20 shrimp/m².

1 - INTRODUÇÃO

A carcinicultura apresentou um crescimento acelerado nas duas últimas décadas nos países costeiros tropicais das Américas (Equador, Brasil, Panamá, Peru, México e Colômbia) e, principalmente, nos países do sudeste da Ásia (Tailândia, China, Indonésia, Filipinas, Vietnã, Taiwan, Índia e Bangladesh) (Rodrigues, 2001). Em 2003, a produção mundial de camarão cultivado chegou a 1,63 milhões de toneladas, correspondendo a 35% do total de camarão produzido (Rocha *et al.*, 2004). O grande interesse em cultivar camarões atualmente se deve a crescente demanda pelo mercado consumidor internacional, ao alto valor comercial alcançado pelo produto e a capacidade da atividade em gerar renda, emprego e divisas para o desenvolvimento dos países produtores (ABCC, 2004).

Os cultivos de camarões marinhos são convencionalmente realizados em tanques ou viveiros, com gastos muito elevados, atingindo quantias de milhares ou até milhões de dólares, o que faz com que esta forma de produção fique fora do alcance das camadas mais pobres da população (Wasielesky, 2000; Barbieri & Ostrensky, 2002). O cultivo em viveiros é atualmente o mais utilizado no Brasil, onde, a partir da década de 90, com o desenvolvimento de um pacote tecnológico para o cultivo da espécie exótica *Litopenaeus vannamei*, a produção nacional saltou rapidamente de 3.600 toneladas em 1997 para 90.190 toneladas em 2003 (Rocha *et al.*, 2004). Este salto colocou o Brasil entre os maiores produtores de camarão do mundo. Porém, devido aos altos investimentos necessários, este sistema de produção se restringe a pessoas ou grupos que possuem recursos financeiros elevados.

Por outro lado, com o objetivo de criar condições que possibilitem a inserção de comunidades de baixa renda nas atividades de cultivo, diferentes instituições do Brasil e do mundo dedicam-se a pesquisar modos alternativos de cultivo (Vinatea, 1999). Em alguns países asiáticos, tais como Indonésia, Filipinas e Taiwan, são utilizados métodos alternativos em gaiolas e cercados (Vinatea, 1999). Além de apresentarem custos relativamente mais baixos com as estruturas e o manejo (Walford & Lam, 1987) e de preservar o ambiente (Genodepa, 1999), esses sistemas alternativos utilizam a produtividade natural do ambiente e as renovações contínuas de água, promovendo assim a manutenção de níveis aceitáveis de oxigênio dissolvido e a remoção de produtos

nitrogenados da área de cultivo, fatores que são notadamente importantes na aquicultura (Paquotte *et al.*, 1998). Além disso, o cultivo em estruturas alternativas tem como características básicas ter um baixo impacto ambiental e ser uma atividade economicamente viável para comunidades de pescadores artesanais (Vinatea, 1999; Wasielesky, 2000). Entretanto, conhecimentos básicos devem ser gerados para dar suporte e desenvolver este tipo de atividade.

Desde 1994, pesquisadores do Laboratório de Maricultura da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG) vem desenvolvendo estudos que visam o cultivo do camarão nativo *Farfantepenaeus paulensis* por pescadores artesanais do estuário da Lagoa dos Patos, RS (Wasielesky *et al.*, 1995). Inúmeros trabalhos sobre o cultivo desta espécie vem sendo realizados, tanto na fase de berçário como na fase de engorda (Wasielesky *et al.*, 1995; Zogbi, 1997; Dolci & Wasielesky, 1998; Wasielesky, 1999; Medvedovsky, 2002; Almeida, 2002; Ballester, 2003; Santos, 2003; Pissetti *et al.*, 2004; Preto *et al.*, 2004ab; Vaz *et al.*, 2004). O objetivo é disponibilizar aos pescadores tecnologia para o cultivo de camarões em estruturas de baixo custo, gerando, desta forma, uma renda adicional para os pescadores. Porém, existem ainda algumas lacunas que devem ser preenchidas para melhorar este sistema de produção.

Dentre as várias alternativas para maximizar a produção de camarões em um sistema de cultivo, a densidade de estocagem é um dos principais fatores que influencia a sobrevivência, o crescimento e, conseqüentemente, a biomassa final de um cultivo (Wasielesky *et al.*, 2001; Peixoto *et al.*, 2003). No Brasil, na década de 80, os cultivos em viveiros eram realizados em regime extensivo e as densidades de estocagem não passavam de 5 camarões/m². Na década de 90, com o desenvolvimento de novas técnicas de manejo, como o uso de rações balanceadas e de melhor qualidade e a utilização de bandejas de alimentação, as densidades de estocagem chegaram a 25-30 camarões/m², passando então para um regime de produção semi-intensivo. Mais recentemente, com o uso de substratos artificiais, maior conhecimento do papel e da manipulação das bactérias presentes no solo e na água e o uso de aeradores, algumas fazendas vêm testando o povoamento com densidades de até 60 camarões/m², o que, teoricamente, permitiria a obtenção de níveis de produtividade de 6.000 kg/ha/ciclo (Barbieri & Ostrensky, 2002).

Nos cultivos realizados em ambientes abertos, como gaiolas e cercados, as densidades de estocagem podem ser superiores às dos viveiros, desde que haja uma alta taxa de renovação de água, o que acarreta uma melhor manutenção da qualidade da mesma (Barbieri & Ostrensky, 2002). Ostrensky & Pilchowski (2002), trabalhando com *L. vannamei* em gaiolas, testaram densidades de estocagem entre 300 e 800 camarões/m², obtendo uma produtividade média que variou de 4,0 a 6,3 kg/m². Isto representa de 10 a 50 vezes a produtividade média obtida em viveiros, demonstrando assim o maior potencial dos sistemas de cultivo em ambientes abertos. Porém, tanto em viveiros quanto em gaiolas e cercados, já foram detectadas correlações negativas entre a densidade de estocagem e a sobrevivência e/ou crescimento de camarões (Rodriguez *et al.*, 1993; Sandifer *et al.*, 1993; Wasielesky *et al.*, 1995; Martin *et al.*, 1998; Scardua, 1998; Peixoto *et al.*, 2001; Wasielesky *et al.*, 2001; Medvedovsky, 2002; Pissetti *et al.*, 2004; Preto *et al.*, 2004a). Sendo assim, é de fundamental importância que se determinem os efeitos da densidade de estocagem durante a engorda de *F. paulensis*, já que este fator pode ser limitante à sobrevivência e ao crescimento dos organismos, influenciando a biomassa final do cultivo e conseqüentemente o lucro do aqüicultor (Wyban & Sweeney, 1991). Allan & Maguire (1992) citam a necessidade de redução de custos através da produção de biomassas maiores, desde que dentro dos limites máximos de densidade de estocagem suportados pelos organismos e pelo ambiente.

Outra alternativa para aumentar a produtividade e a lucratividade em um sistema de cultivo é desenvolver estratégias que aumentem a produção primária, viabilizando assim uma maior oferta de alimento natural, que poderá servir como complemento ao alimento inerte oferecido aos organismos cultivados (Barbieri & Ostrensky, 2002). O incremento de substrato para o desenvolvimento de biofilme (comunidade de microorganismos associada a uma matriz orgânica e aderida a superfícies submersas) é uma estratégia que tem apresentado bons resultados, tanto em cultivo de camarões (Bartlett *et al.*, 1993; Bratvold & Browdy, 2001; Thompson *et al.*, 2002; Domingos, 2003) como peixes (Ramesh *et al.*, 1999; Umesh *et al.*, 1999; Azim *et al.*, 2001). Abreu *et al.* (1998) ressaltaram a importância dos microorganismos presentes no biofilme (bactérias, ciliados e flagelados) na alimentação de *F. paulensis*, manutenção da qualidade da água e também no controle de patógenos. Ballester (2003) analisou o efeito de substratos artificiais durante a fase de berçário de *F. paulensis*, mostrando uma influência positiva

no crescimento dos animais. Além disso, a disponibilidade de substratos artificiais pode melhorar a distribuição dos organismos cultivados (Langis *et al.*, 1988) e conseqüentemente diminuir o estresse dos animais, uma vez que a possibilidade de encontro entre os organismos é reduzida, especialmente em densidades de estocagem elevadas (Bratvold & Browdy, 2001). Porém, o efeito de substratos artificiais durante a fase de engorda de *F. paulensis* em cercados é desconhecido.

2 - OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar os efeitos da densidade de estocagem e da utilização de substrato artificial sobre a produção do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em cercados no estuário da Lagoa dos Patos.

Para atender ao objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- avaliar a influência da densidade de estocagem sobre a sobrevivência e o crescimento em peso de *F. paulensis* cultivado em cercados com adição de substrato artificial durante a fase de engorda;
- avaliar a influência da densidade de estocagem de *F. paulensis* cultivado em cercados, durante a fase de engorda, sobre a concentração de clorofila *a* e o peso seco do biofilme aderido ao substrato artificial;
- avaliar a influência do substrato artificial sobre a sobrevivência e o crescimento em peso de *F. paulensis* cultivado em cercados durante a fase de engorda.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Local e duração dos experimentos

Dois experimentos foram realizados simultaneamente na enseada do Saco do Justino (32° 3'55'' S, 052° 12'30'' W) (Rio Grande, RS), estuário da Lagoa dos Patos, entre os meses de janeiro e abril de 2004, totalizando 86 dias de cultivo.

3.2 - Experimento 1

3.2.1 - Unidades experimentais

Para a realização do experimento foram utilizados 12 cercados circulares, cada um com área de fundo igual a 50 m². Os cercados, feitos com rede de poliéster revestida de PVC, com abertura de malha de 5,0 mm e altura de 2,1 m, foram sustentados por bambus. Em cada unidade experimental foi adicionado 25 m² (50% da área de fundo) de substrato artificial na posição vertical (tela de polietileno com malha de 1,0 mm e cor verde), para aumentar a superfície disponível para fixação do biofilme (Ballester, 2003). Estes substratos foram colocados na água 25 dias antes da estocagem dos camarões, propiciando assim uma pré-fixação do biofilme (Santos, 2003). Foram testadas as densidades de estocagem de 10, 20, 40 e 60 camarões/m², com 3 repetições cada. A posição dos cercados foi definida através de sorteio aleatório (Figura 1).

3.2.2 - Berçário e povoamento dos cercados

Os juvenis de *F. paulensis* utilizados neste experimento foram obtidos a partir de pós-larvas produzidas na Estação Marinha de Aquacultura da FURG, segundo metodologia descrita por Marchiori (1996). Pós-larvas com 29 dias (PL₂₉) foram transferidas do laboratório para gaiolas (5 x 5 m com malha de 1,5 mm) montadas no ambiente onde foi realizada a fase de berçário (Figura 1). Esta fase é necessária para que a população atinja peso superior a 0,36 g, evitando assim fuga através da malha com abertura de 5,0 mm dos cercados de engorda (Dolci & Wasielesky, 1998). Durante os 43 dias de berçário, os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia com ração comercial (40% de proteína bruta). No momento do povoamento dos cercados os camarões apresentavam peso médio (\pm desvio padrão) de 0,80 \pm 0,28 g.

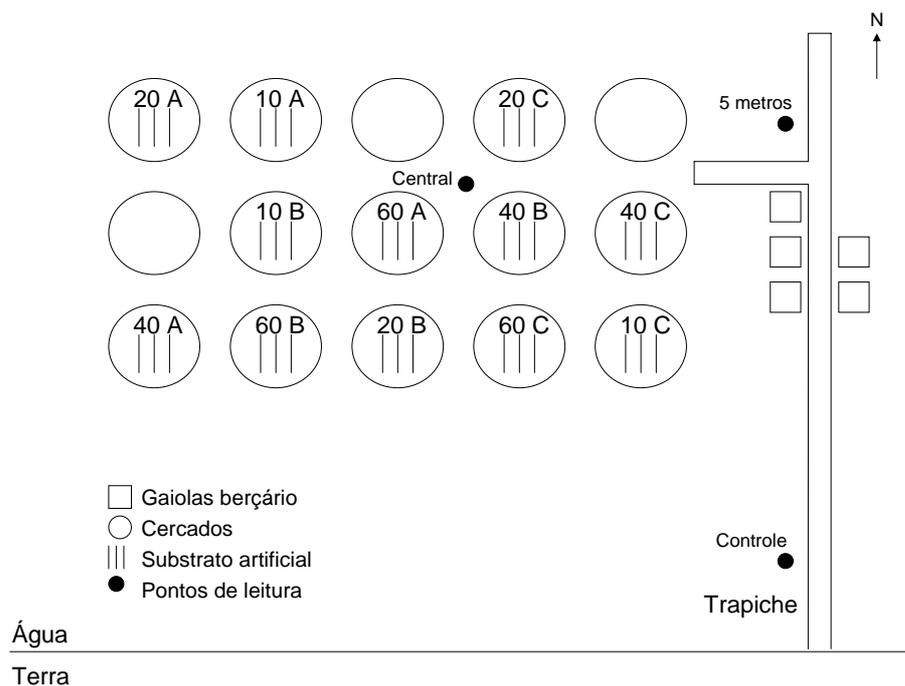


Figura 1 – Esquema representativo da área de cultivo, pontos de leitura das variáveis da qualidade da água e disposição dos cercados do experimento 1. Densidades testadas (10, 20, 40 e 60 camarões/m²) e suas respectivas repetições (A, B, C). Desenho apenas ilustrativo, fora de escala.

3.2.3 - Alimentação

Durante o experimento, os camarões foram alimentados às 8:00 hs com 1/3 da quantidade diária de alimento, e às 21:00 hs com os 2/3 restantes, devido a maior atividade alimentar desta espécie ocorrer à noite (Santos, 2003). A taxa de arraçoamento inicial foi de 10% da biomassa (Wasielesky, 2000), sendo ajustada ao longo do experimento de acordo com o consumo alimentar observado nas bandejas. Durante a primeira semana de experimento, os camarões foram alimentados com a mesma ração comercial (40% de proteína bruta) utilizada na fase de berçário, sendo esta oferecida a lanço. Na semana seguinte, o arraçoamento foi realizado utilizando-se uma mistura da ração de berçário e a ração de engorda (35% de proteína bruta) na razão de 1:1, em alimentadores do tipo bandeja (um por unidade experimental, com 40 cm de diâmetro) para controlar o consumo de alimento. Somente a partir da terceira semana o arraçoamento foi realizado exclusivamente com ração de engorda em bandejas. A

quantidade de ração fornecida aos camarões foi monitorada diariamente através do peso úmido estimado oferecido a cada cercado. Desta forma pode-se estimar a quantidade total de ração fornecida ao longo do experimento, assim como avaliar a taxa de conversão alimentar aparente final (TCA final) em cada cercado de acordo com a fórmula:

$$TCA \text{ final} = \frac{RTF}{BF - BI}$$

onde: RTF = Peso da ração total fornecida (kg)
BF = Biomassa final de camarões (kg)
BI = Biomassa inicial de camarões (kg)

Além disso, a taxa de conversão alimentar aparente semanal (TCA semanal) também foi determinada em cada cercado de acordo com a fórmula:

$$TCA \text{ semanal} = \frac{RFS}{GP \times SE}$$

onde: RFS = Peso de ração fornecida na semana (kg)
GP = Ganho de peso dos camarões na semana (g)
SE = Sobrevivência estimada (número)

Para estimar a sobrevivência (SE) durante o cultivo utilizou-se uma relação linear entre a sobrevivência final, quando foi realizada a despesca dos cercados, e o tempo.

3.2.4 - Qualidade da Água

Diariamente foram verificados os valores de temperatura às 8:00 e 17:00 hs (termômetro de mercúrio com precisão de 0,5 °C); salinidade (refratômetro manual com precisão 1) e transparência (Disco de Secchi com precisão de 5 cm) em um ponto localizado a 5 m dos cercados (Figura 1). Semanalmente às 8:00 e 17:00 hs foram analisadas a concentração de oxigênio dissolvido (oxímetro Handylab OX1/Set SCHOTT) e pH (pHmetro Handylab 2 BNC SCHOTT) em um ponto controle, afastado 200 metros da área de cultivo, e num ponto central aos cercados, servindo de referência a todas unidades experimentais. A cada quinze dias a concentração de amônia total (UNESCO, 1983) foi analisada no ponto central aos cercados e no ponto controle, afastado 200 metros da área de cultivo (Figura 1).

3.2.5 - Biofilme

Para avaliar o efeito das diferentes densidades de estocagem sobre o biofilme aderido ao substrato artificial, a concentração de clorofila *a* e o peso seco do biofilme foram monitorados. Os níveis de clorofila *a* foram utilizados como indicadores do grau de fixação do biofilme, segundo recomendação de Thompson *et al.* (2002). Para avaliar os níveis de clorofila *a* no biofilme, a cada 14 dias foram retirados 3 fragmentos (2 x 2 cm), por tratamento, do substrato artificial colocado nos cercados. Esses fragmentos foram coletados a 35 cm do fundo, como indicado por Santos (2003). A extração do pigmento fotossintético foi feita em frascos contendo 20 mL de acetona 90% (Merck® PA) mantidos no escuro a -12°C por 24 horas. A concentração de clorofila *a* foi determinada por espectrofotometria (Strickland & Parsons, 1972), utilizando-se cubeta com 1 cm de trajeto ótico em um espectrofotômetro digital (B 342 II- Micronal). Foram determinadas as absorvâncias em dois diferentes comprimentos de onda (630 e 664 nm). Para calcular as concentrações de clorofila *a* foram utilizadas as equações propostas por Jeffrey & Humphrey (1975). Além disso, o peso seco do biofilme foi avaliado através de coleta semelhante à descrita anteriormente. Os fragmentos foram secos por 24 horas a 60°C e pesados em balança analítica, descontando-se o peso do substrato artificial limpo.

3.2.6 - Biometria

Trinta camarões de cada unidade experimental foram amostrados aleatoriamente a cada 14 dias durante o período experimental. Foi utilizada uma rede de arrasto do tipo coca (malha de 5 mm) para a captura dos camarões, os quais foram pesados e, posteriormente, repostos às respectivas estruturas de cultivo. No final do experimento, os camarões foram retirados dos cercados, com o auxílio de uma rede de arrasto, para ser avaliada a sobrevivência e a biomassa final de cada unidade experimental.

3.3 - Experimento 2

Para a realização do experimento foram utilizados 6 cercados circulares similares aos do experimento 1, com densidade de estocagem de 20 camarões/m². Esta densidade foi escolhida por ser a usualmente aplicada no cultivo desta espécie no estuário da Lagoa dos Patos (Cavalli *et al.*, 2003). Dois tratamentos foram testados: com substrato

artificial para fixação de biofilme (similar ao experimento 1) e sem substrato artificial. A posição de cada repetição dos diferentes tratamentos foi definida através de sorteio aleatório (Figura 2). O peso seco do biofilme foi avaliado no tratamento com substrato artificial, seguindo a mesma metodologia descrita para o experimento 1, para determinar sua disponibilidade neste tratamento. O povoamento dos cercados, assim como a alimentação, análise química da água e o monitoramento do crescimento dos camarões seguiram a mesma metodologia utilizada no experimento 1.

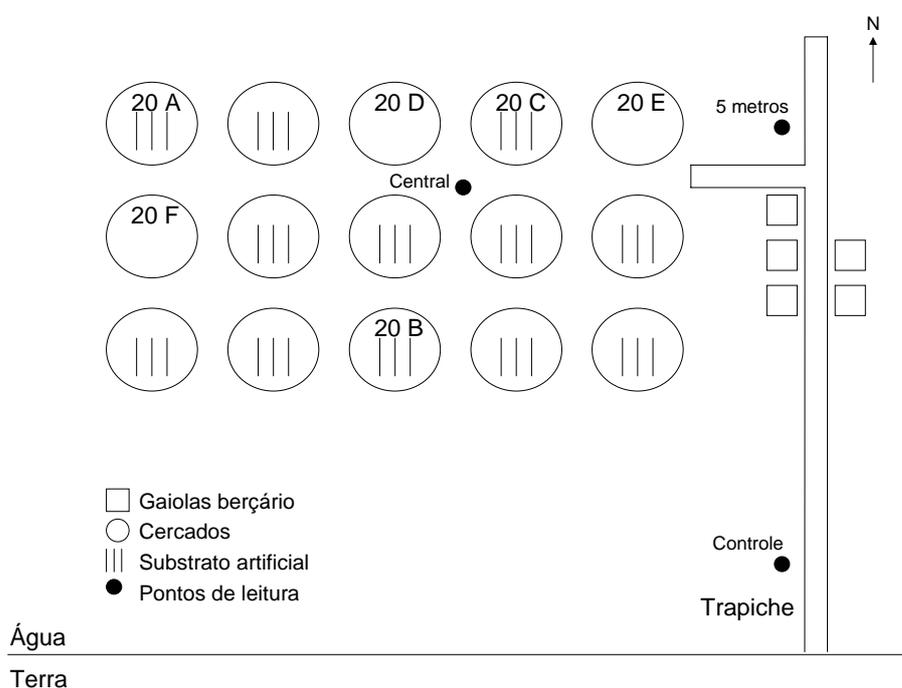


Figura 2 – Esquema representativo da área de cultivo, pontos de leitura das variáveis da qualidade da água e disposição dos cercados no experimento 2, com indicação das repetições do tratamento com substrato artificial (20A, 20B e 20C) e sem substrato (20D, 20E e 20F). Desenho apenas ilustrativo, fora de escala.

3.4 - Análise estatística

No experimento 1, os valores de peso dos camarões, assim como as concentrações de clorofila *a* e o peso seco do biofilme foram analisados através de análise de variância (ANOVA – uma via), levando-se em consideração as premissas necessárias. Os valores

percentuais de sobrevivência, assim como os resultados de biomassa final e da TCA final foram ordenados para tornar possível à aplicação de ANOVA (Montgomery, 1984). Como a ANOVA de duas vias não acusou interação entre a densidade de estocagem e o tempo, os resultados da taxa de crescimento semanal e da TCA semanal ao longo do período experimental também foram analisados através de ANOVA (uma via). Quando foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos foi aplicado o Teste de Tukey. Todos os testes foram conduzidos com nível de significância de 0,05%. Além disso, os resultados de concentração de clorofila *a* e peso seco do biofilme aderido ao substrato artificial foram correlacionados.

No experimento 2, os valores de peso dos camarões, a TCA final e os resultados de biomassa final foram analisados através do “teste t” para detectar a ocorrência de diferenças significativas. Os valores percentuais de sobrevivência foram transformados (arcoseno da raiz quadrada dividido por mil) antes de serem submetidos ao “teste t”. Todos os testes foram conduzidos com nível de significância de 0,05%.

Os dados gerados pela análise da qualidade da água durante a realização dos experimentos foram analisados através do “teste t”, com 0,05% de significância, para detectar a ocorrência de diferenças significativas entre os diferentes pontos e horários de amostragem.

4 - RESULTADOS

4.1 - Qualidade da água

Como os experimentos 1 e 2 foram conduzidos simultaneamente no mesmo local, as variáveis temperatura, salinidade e transparência, assim como as concentrações de oxigênio dissolvido, amônia total e pH serão apresentadas conjuntamente.

A temperatura média (\pm DP) da água às 8:00 hs foi $24,5 \pm 1,7$ °C, sendo que os valores mínimos e máximos foram 21,0 e 29,5 °C, respectivamente. Entretanto, valores significativamente mais elevados ($p < 0,05$) foram registrados às 17:00 hs, quando a temperatura da água atingiu valores médios (\pm DP) de $27,0 \pm 2,0$ °C, sendo que os valores mínimos e máximos foram 21,0 e 32,0 °C, respectivamente. É possível notar ainda uma tendência de queda na temperatura da água durante a realização dos experimentos (Figura 3).

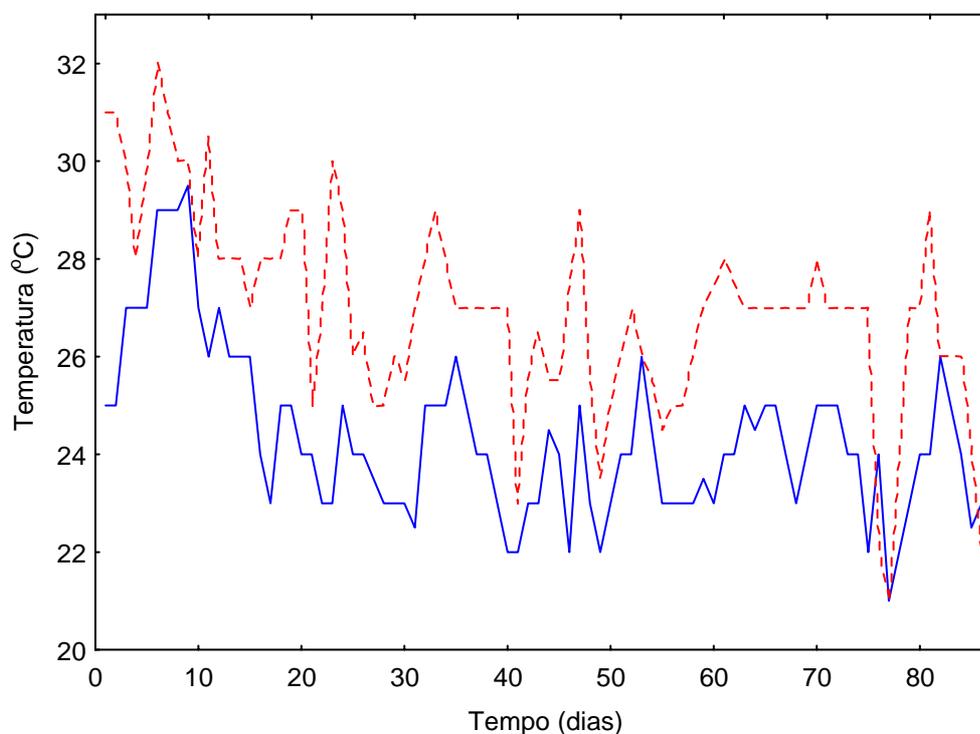


Figura 3 – Variação da temperatura da água às 8:00 hs (azul) e 17:00 hs (vermelho) ao longo dos 86 dias dos experimentos 1 e 2.

Durante os 86 dias dos experimentos, a transparência da água não foi total em apenas 27 dias, apresentado valor médio (\pm DP) de 61 ± 15 cm. Foi verificado que na primeira metade do cultivo a transparência da água não foi total em apenas 10 dias, quando apresentou valor médio (\pm DP) de 69 ± 13 cm. Já na segunda metade do cultivo a transparência da água não foi total em 17 dias, apresentando valor médio (\pm DP) de 53 ± 12 cm. A comparação dos resultados da primeira com a segunda metade do cultivo indicaram uma redução significativa ($p < 0,05$) na transparência da água durante a segunda metade do cultivo.

A salinidade média (\pm DP) da água durante a realização dos experimentos foi 15 ± 7 , sendo que os valores mínimos e máximos foram 3 e 23, respectivamente. Durante os primeiros dias dos experimentos a salinidade manteve-se bastante reduzida, porém, a partir do 15º dia notou-se uma elevação progressiva (Figura 4).

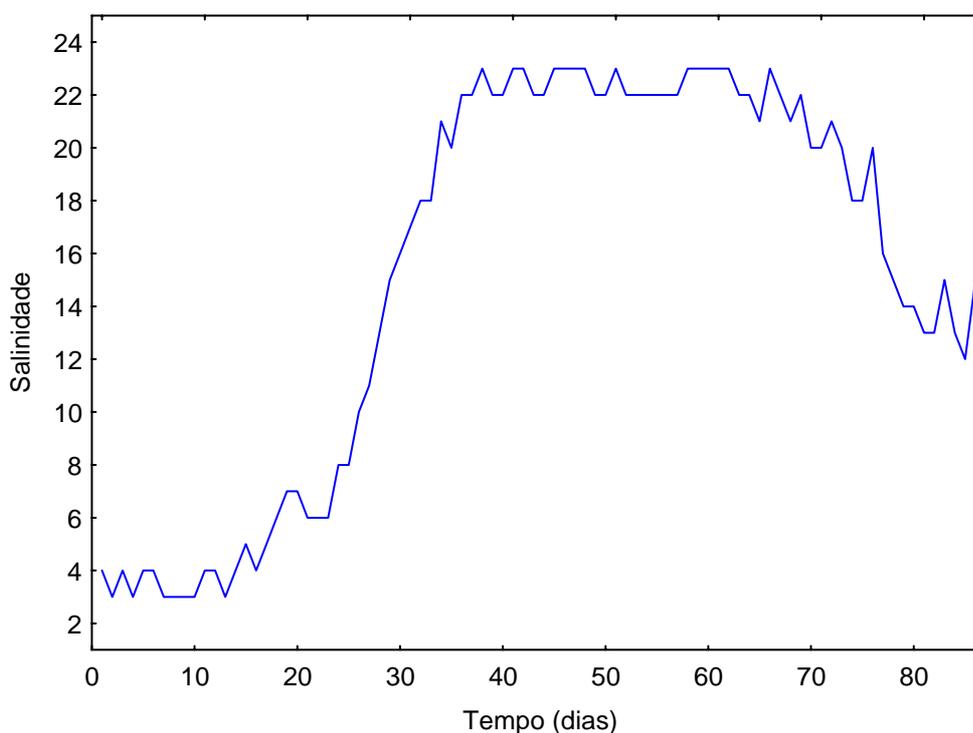


Figura 4 – Variação da salinidade durante os 86 dias dos experimentos 1 e 2.

As concentrações médias de oxigênio dissolvido e amônia total, assim como os valores de pH, não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre o ponto central aos cercados e o controle (Tabela 1). Apesar disso, foram encontradas diferenças nos valores mínimos de oxigênio dissolvido observados no ponto central aos cercados e no ponto controle. O valor mais baixo observado no ponto central aos cercados (2,2 mg/L) ocorreu às 8:00 hs do 84º dia de cultivo, enquanto a concentração mínima observada no ponto controle foi 4,5 mg/L no 1º dia de cultivo.

Tabela 1 – Valores médios (\pm DP), mínimos e máximos de oxigênio dissolvido (OD, mg/L) nos cercados e no ponto controle em diferentes horários, pH e amônia total (mg/L N-AT). Não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$).

Variável	Hora	Média	Mínima	Máxima
OD Cercados	8:00	6,0 \pm 2,3	2,2	9,9
OD Controle		6,8 \pm 1,6	4,5	9,9
OD Cercados	17:00	10,7 \pm 2,1	8,0	11,7
OD Controle		10,9 \pm 2,2	8,0	11,7
pH	8:00	8,2 \pm 0,4	7,6	8,7
	17:00	8,7 \pm 0,2	8,4	9,2
Amônia total	-	0,01 \pm 0,03	nd	0,08

nd = não detectável pelo método de análise

4.2 - Experimento 1

Devido à baixa sobrevivência e o conseqüente crescimento elevado dos camarões de uma das repetições do tratamento com 60 camarões/m², optou-se por excluir da análise estatística os dados referentes a esta repetição. Cabe ressaltar que durante a realização do experimento observou-se um reduzido consumo alimentar dos camarões desta unidade experimental frente às demais. Isto pode ter ocorrido devido à falha na contagem dos juvenis durante a estocagem, presença de predadores dentro do cercado, mortalidade elevada logo após o povoamento e/ou fuga dos camarões. Portanto, os

resultados apresentados a seguir levam em consideração apenas duas repetições do tratamento com 60 camarões/m².

Apesar das concentrações de clorofila *a* no biofilme fixado ao substrato artificial apresentarem diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos já aos 16 dias de cultivo, estes resultados não apresentam uma relação clara com as diferentes densidades de estocagem testadas (Anexo 1 e Figura 5). Além disso, muito embora tenham sido observadas diferenças significativas durante o experimento, estas não foram detectadas no final ($p > 0,05$) (Anexo 1).

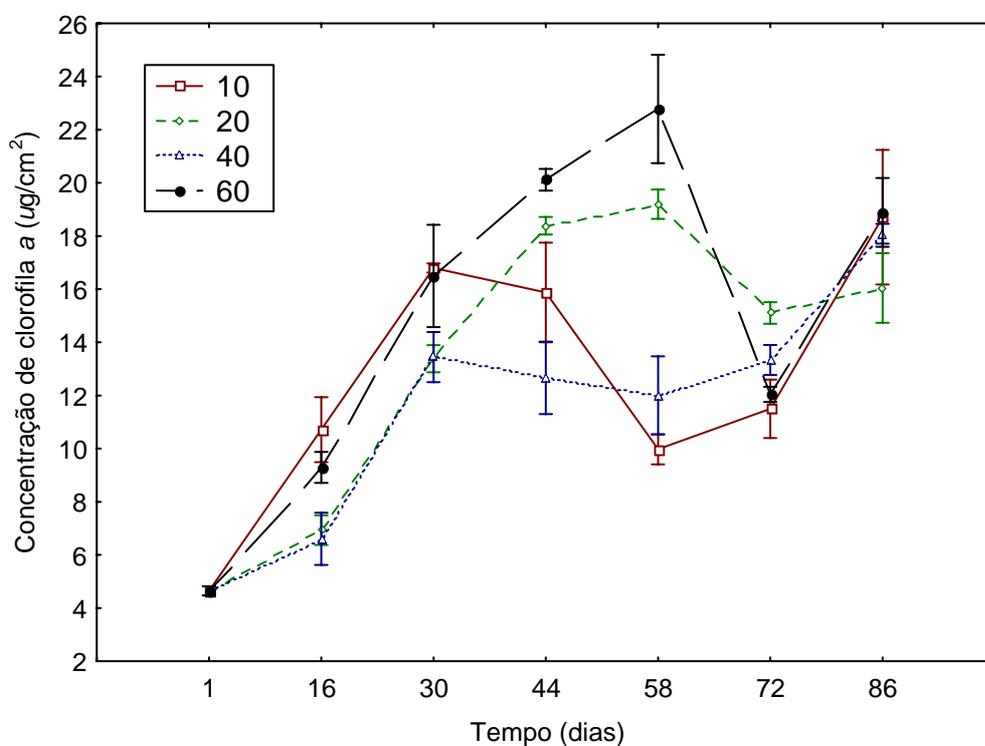


Figura 5 – Variação da concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (Média \pm Erro Padrão) do biofilme aderido ao substrato artificial das diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/m²) ao longo dos 86 dias de cultivo.

Assim como a concentração de clorofila *a*, o peso seco do biofilme apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos já a partir do 16º dia de cultivo (Anexo 2). Porém, ao contrário das concentrações de clorofila *a*, parece haver uma

relação entre o peso seco do biofilme e as diferentes densidades de estocagem testadas. Nos dias 30, 44 e 86 de experimento, valores significativamente maiores de peso seco do biofilme foram observados ($p < 0,05$) entre a densidade de estocagem mais baixa e as demais densidades (Anexo 2). É evidente, portanto, a tendência do peso seco do biofilme ser mais elevado na densidade de estocagem mais baixa ao longo do experimento. Além disso, é possível notar que, independentemente da densidade de estocagem, houve uma redução significativa do peso seco do biofilme do 58º para o 72º dia de experimento (Figura 6). Porém, ao final do experimento, o peso seco do biofilme voltou a crescer em todas as densidades de estocagem, em especial na densidade de 10 camarões/m², que foi significativamente maior ($p < 0,05$) que nos demais tratamentos (Figura 6).

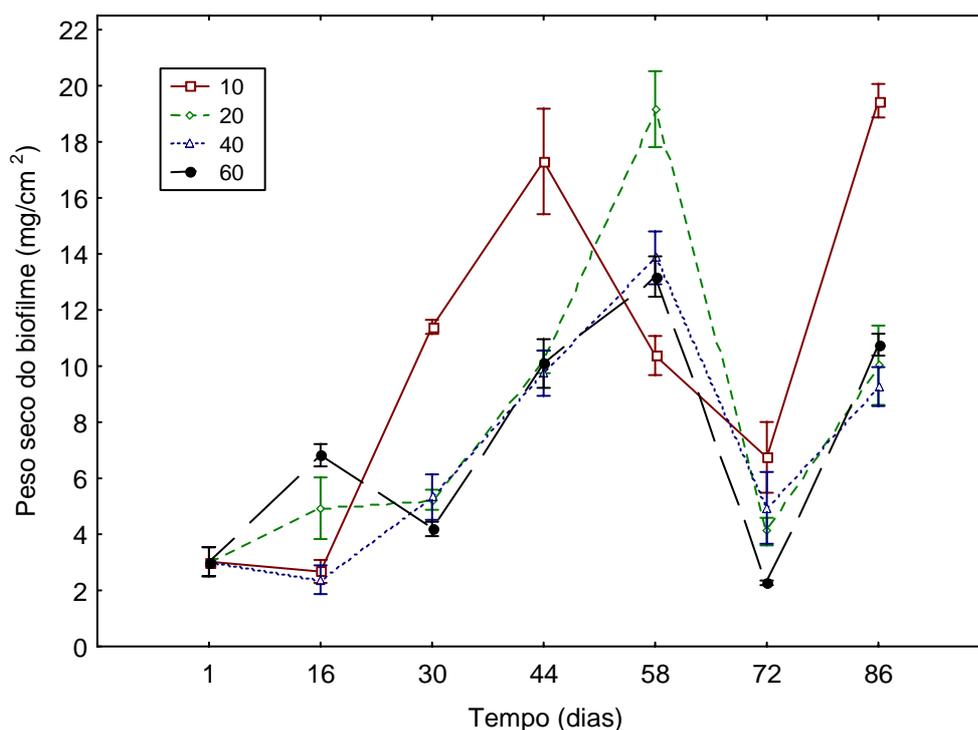


Figura 6 – Variação do peso seco do biofilme (Média ± EP) nas diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/m²) ao longo dos 86 dias de cultivo.

Muito embora não tenha sido encontrada uma relação clara entre as densidades de estocagem e a concentração de clorofila *a*, esta apresentou uma correlação positiva com o peso seco do biofilme aderido ao substrato artificial (Figura 7).

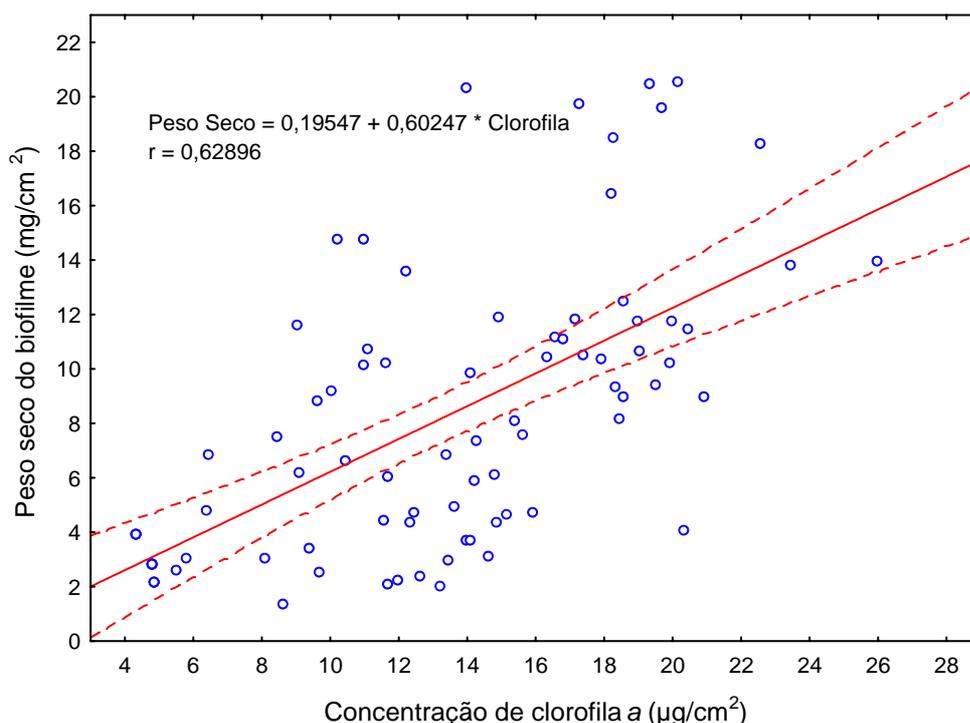


Figura 7 - Correlação entre a concentração de clorofila *a* (µg/cm²) e o peso seco do biofilme (mg/cm²) aderido ao substrato artificial.

O peso dos camarões foi significativamente diferente ($p < 0,05$) entre as densidades de estocagem testadas ao final do cultivo (Anexo 3 e Figura 8). Diferenças significativas foram detectadas logo no 16^o dia de experimento, quando os camarões estocados a 10/m² apresentaram peso significativamente superior ($p < 0,05$) aos estocados a 20/m², os quais, por sua vez, eram mais pesados ($p < 0,05$) que os camarões das demais densidades (Figura 8). Estas diferenças se mantiveram ao longo de todo experimento, sendo que a partir do 58^o dia de experimento o peso dos camarões apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todas as densidades de estocagem testadas (Figura 8).

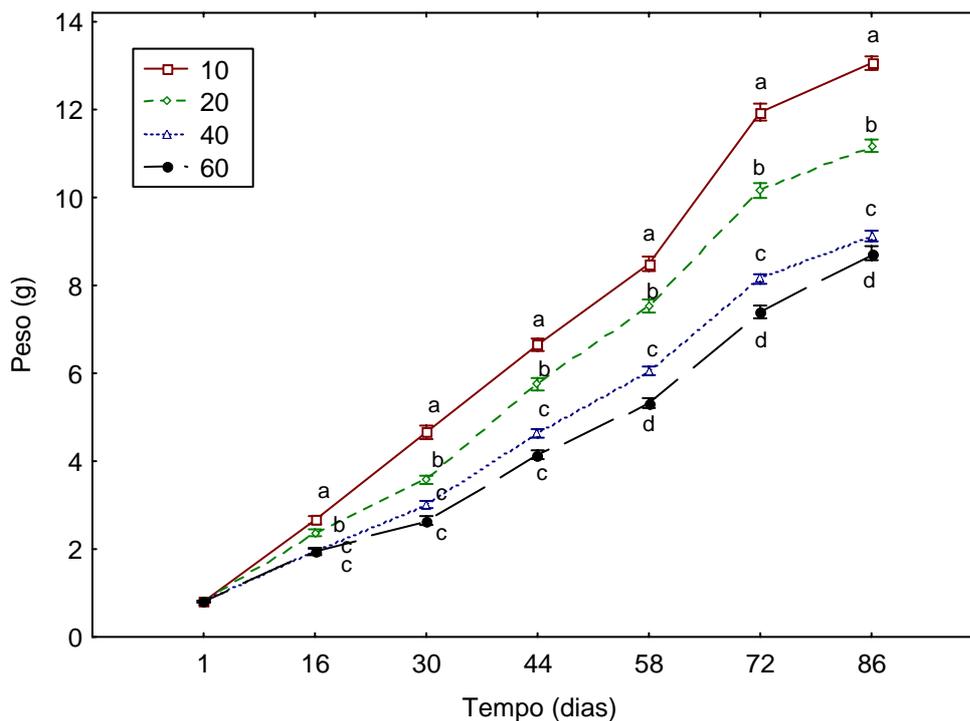


Figura 8 – Peso médio (\pm EP) de *Farfantepenaeus paulensis* nas diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/m²) ao longo do cultivo. Letras diferentes no mesmo dia indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

A taxa de crescimento semanal dos camarões variou não apenas entre as densidades de estocagem, mas também ao longo do experimento (Figura 9 e Anexo 4). Durante as primeiras 4 semanas de experimento as maiores taxas de crescimento semanal foram verificadas nas densidades de estocagem mais baixas, sendo que diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as densidades de estocagem nem sempre foram encontradas (Anexo 4). Entretanto, as maiores taxas de crescimento semanal ao longo de todo período experimental foram registradas na 9^a e 10^a semana, em todas as densidades de estocagem (Figura 9). Apesar de diferenças significativas ($p < 0,05$) serem somente detectadas na densidade de 10 camarões/m², esta tendência foi observada independentemente da densidade de estocagem (Figura 9).

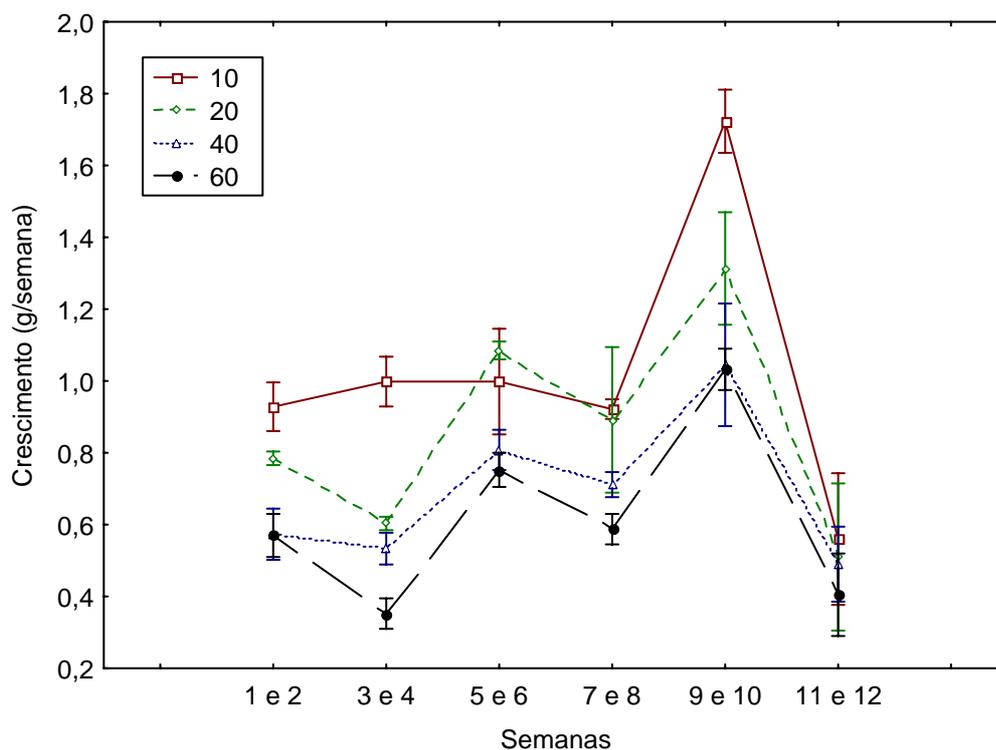


Figura 9 – Variação da taxa de crescimento semanal (g/semana) (Média ± EP) de *Farfantepenaeus paulensis* nas diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/m²) ao longo do período experimental.

A TCA semanal dos camarões variou significativamente ($p < 0,05$) entre as densidades de estocagem durante o período experimental (Figura 10 e Anexo 5). Durante a 3^a e 4^a semanas de experimento os camarões estocados a 10/m² apresentaram a menor TCA semanal comparada aos camarões das demais densidades de estocagem ($p < 0,05$) (Anexo 5). Apesar de esperar-se que a TCA aumentasse com o crescimento dos camarões, a TCA semanal apresentou uma pequena redução nas semanas 9 e 10 do experimento em todos os tratamentos (Figura 10).

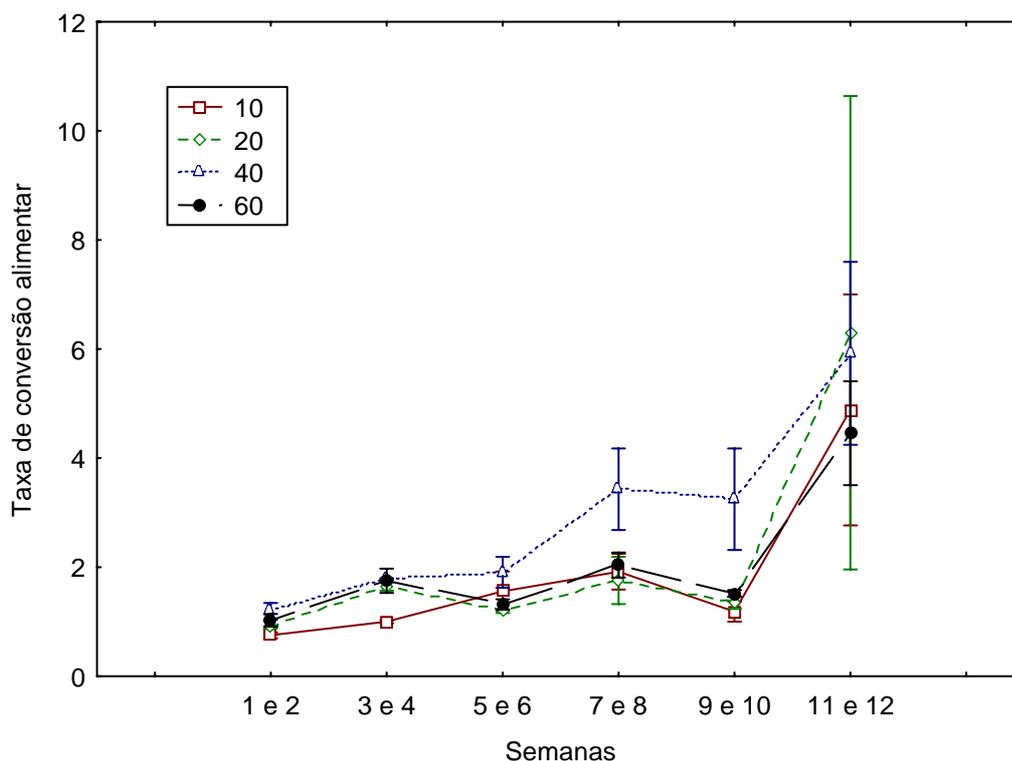


Figura 10 – Variação (Média \pm EP) da taxa de conversão alimentar aparente semanal (TCA semanal) ao longo do cultivo de *Farfantepenaeus paulensis* em cercados nas densidades de 10, 20, 40 e 60 camarões/m².

Assim como o peso final dos camarões, a taxa de sobrevivência também apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 2). A sobrevivência foi inversamente proporcional à densidade de estocagem, sendo que diferenças significativas ($p < 0,05$) foram detectadas entre a densidade de 10 camarões/m² e as densidades de 40 e 60 camarões/m². A maior biomassa final foi encontrada na densidade de 60 camarões/m², a qual somente foi significativamente diferente ($p < 0,05$) da biomassa final da densidade de estocagem mais baixa (Tabela 2). Valores relativamente elevados de TCA foram registrados para os tratamentos com 40 e 60 camarões/m², os quais não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre si (Tabela 2). Porém, as TCA foram significativamente ($p < 0,05$) mais baixas nas densidades de estocagem de 10 e 20 camarões/m², quando comparadas à densidade de 40 camarões/m² (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios (\pm DP) do peso final (g), sobrevivência (%), biomassa final (g/m^2) e taxa de conversão alimentar aparente final (TCA final) no cultivo de *Farfantepenaeus paulensis* em cercados com diferentes densidades de estocagem. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Densidade	Peso Final	Sobrevivência	Biomassa	TCA final
10	$13,06 \pm 1,89^A$	$91,3 \pm 0,3^A$	$119,3 \pm 6,8^B$	$1,51 \pm 0,31^A$
20	$11,17 \pm 1,72^B$	$79,4 \pm 3,0^{AB}$	$177,3 \pm 6,2^{AB}$	$1,63 \pm 0,18^A$
40	$9,12 \pm 1,48^C$	$54,2 \pm 19,5^B$	$196,7 \pm 66,2^{AB}$	$4,05 \pm 1,74^B$
60	$8,20 \pm 1,25^D$	$48,2 \pm 6,0^B$	$236,4 \pm 16,5^A$	$2,71 \pm 0,10^{AB}$

É importante ressaltar que dias antes do final do experimento, foram observadas mortalidades significativas dos camarões nos tratamentos com 40 e 60 camarões/ m^2 , seguida de uma redução brusca no consumo alimentar. Além disso, em todas as unidades experimentais foram observados camarões com cãibras nas bandejas de alimentação, especialmente após o 30º dia de experimento.

4.3 - Experimento 2

O peso seco do biofilme no tratamento com substrato artificial apresentou valores mínimos e máximos de 2,22 e 20,56 mg/cm^2 , respectivamente, sendo que o valor médio (\pm DP) foi de $8,09 \pm 5,51 \text{ mg}/\text{cm}^2$. Como a área total de substrato artificial em cada unidade experimental desse tratamento era de 25 m^2 , pode-se supor que os camarões deste tratamento tinham, em média, 2 kg de matéria seca disponível na forma de biofilme ao longo do período experimental. Apesar disso, o peso dos camarões durante os 86 dias de experimento não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre o tratamento com substrato artificial para fixação de biofilme e o tratamento sem substrato (Figura 11 e Anexo 6).

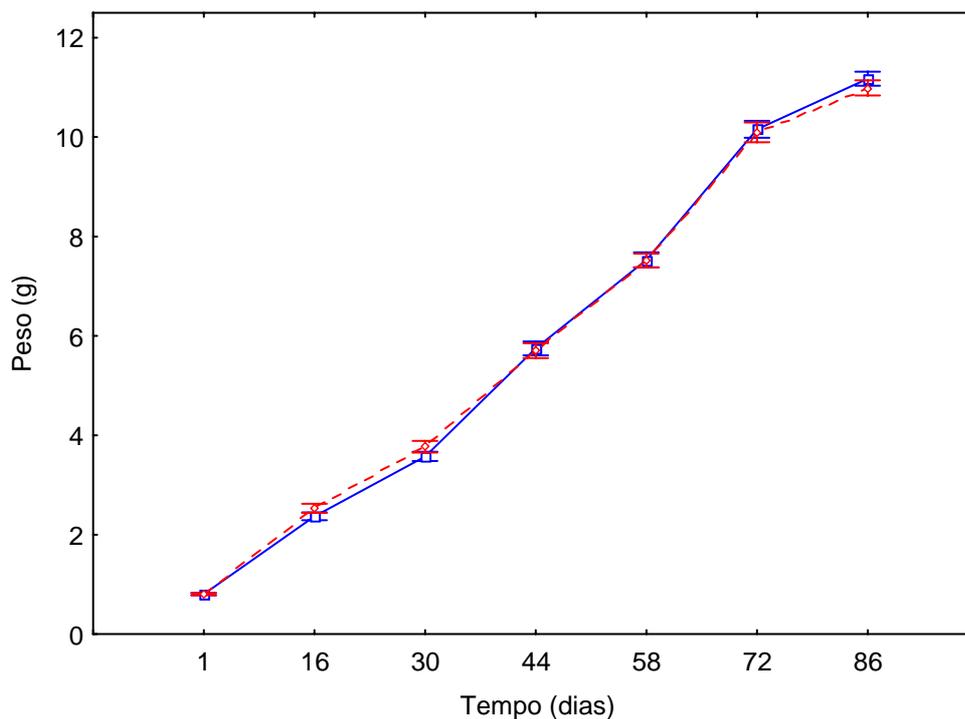


Figura 11 – Variação do peso (Média \pm EP) de *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em cercados com (azul) e sem (vermelho) substrato artificial.

Além do peso final dos camarões ter sido estatisticamente semelhante, a sobrevivência, a biomassa final e a TCA não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$; Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios (\pm DP) de peso final (g), sobrevivência (%), biomassa final (g/m^2) e taxa de conversão alimentar aparente (TCA) no cultivo de *Farfantepenaeus paulensis* em cercados com e sem substrato artificial. Diferenças significativas entre os tratamentos não foram encontradas ($p > 0,05$).

Tratamento	Peso Final	Sobrevivência	Biomassa	TCA
Com Substrato	11,17 \pm 1,72	79,4 \pm 3,0	177,3 \pm 6,2	1,63 \pm 0,18
Sem Substrato	10,99 \pm 1,87	85,6 \pm 10,1	187,3 \pm 14,4	1,65 \pm 0,18

É importante salientar que, assim como no experimento 1, foram observados camarões com cãibras nas bandejas de alimentação em todas as unidades experimentais, especialmente após o 30º dia de experimento.

5 - DISCUSSÃO

A enseada do Saco do Justino, onde foi realizado o presente estudo, assim como outros locais do estuário da Lagoa dos Patos, apresentam amplas flutuações nas suas variáveis físico-químicas (Kantin & Baumgarten, 1982; Baumgarten & Niencheski, 1990). A transparência da água durante a realização dos experimentos apresentou grande flutuação, mostrando uma diminuição ao longo do cultivo. Abreu (1992) registrou grandes variações sazonais e espaciais na turbidez da água no estuário da Lagoa dos Patos. A transparência da água tem relação com a quantidade de fitoplâncton e detritos em suspensão (Barbieri & Ostrensky, 2002). Considerando que a região onde foi desenvolvido este estudo apresenta uma reduzida hidrodinâmica em relação a outras regiões do estuário, o que favorece a sedimentação de partículas (Baumgarten & Niencheski, 1990), valores elevados de transparência da água, como os encontrados no presente trabalho, são comuns.

Durante a realização dos experimentos, os valores médios de temperatura, salinidade, pH e amônia total não foram limitantes ao cultivo de *F. paulensis* (Wasiolesky, 2000). Apesar da concentração mínima de oxigênio dissolvido durante os experimentos (2,2 mg/L) ter sido registrada no 84º dia, é possível que concentrações abaixo desse valor tenham ocorrido dentro dos cercados e não foram detectadas, uma vez que as concentrações de oxigênio dissolvido não foram medidas diariamente. Além disso, nas últimas semanas do experimento 1 foram observadas mortalidades significativas nas densidades de 40 e 60 camarões/m², o que pode estar relacionado às baixas concentrações de oxigênio dissolvido nestes tratamentos. Muito embora se desconheça os valores de oxigênio dissolvido que afetariam a sobrevivência e o crescimento de juvenis de *F. paulensis*, a CL₉₀ foi estimada em 0,35 mg/L. (Poersch & Marchiori, 1992). Estes mesmos autores indicam que a concentração de 2,1 mg/L de oxigênio dissolvido afetaria o comportamento de 50% da população. Assim, postula-se que baixos níveis de oxigênio dissolvido possam ter ocorrido e eventualmente influenciado negativamente a sobrevivência e o crescimento de *F. paulensis*, especialmente nas densidades de 40 e 60 camarões/m².

Esta reduzida concentração de oxigênio dissolvido poderia estar relacionada à baixa circulação da água entre os cercados, devido, principalmente, à baixa intensidade de

ventos no local. Como a área onde foram realizados os experimentos apresenta baixa profundidade (± 1 m) e reduzida hidro-dinâmica em relação a outras regiões do estuário (Baumgarten & Niencheski, 1990), a circulação da água pode ser regulada principalmente pela ação do vento. Dados obtidos junto à Estação Meteorológica da FURG indicam uma redução significativa na intensidade do vento poucos dias antes do final dos experimentos. Além disso, a pequena distância entre as unidades experimentais pode ter reduzido ainda mais a circulação da água entre os cercados, principalmente pela resistência oferecida pela rede do cercado à passagem da água, ou, até mesmo, pelo desvio de correntes. O biofilme formado na rede dos cercados pode também aumentar a resistência à passagem da água, da mesma forma que os substratos artificiais colocados internamente aos cercados experimentais.

A ocorrência de baixos níveis de oxigênio dissolvido devido a diminuição da circulação de água é provavelmente minimizada nos cercados de tamanho padrão (3.100m^2) atualmente utilizados para o cultivo desta espécie no estuário da Lagoa dos Patos. De qualquer forma, os cercados devem ser instalados respeitando distâncias mínimas entre as unidades de cultivo, evitando assim diminuição da circulação de água. Almeida (2002) avaliou a taxa de renovação diária de água em cercados de tamanho padrão como sendo de, no mínimo, três vezes o volume total. Este valor é muito superior ao praticado por fazendas comerciais semi-intensivas de cultivo de camarões, as quais normalmente utilizam taxas de renovação de 0,05 vezes ao dia (Vinatea, 1999). Mesmo assim, Wasielesky (2000) registrou concentrações de oxigênio dissolvido de 2,37 mg/L dentro de cercados de tamanho padrão com densidade de estocagem de 7,5 camarões/ m^2 , enquanto a concentração de oxigênio dissolvido fora do cercado estava próxima a 7 mg/L. Desta forma, é de extrema importância que as áreas escolhidas para a implantação de cercados para o cultivo de *F. paulensis* garantam uma circulação mínima de água. Somente assim as concentrações de oxigênio dissolvido não atingirão valores que poderão, eventualmente, ser limitantes à sobrevivência e ao crescimento dos camarões ao longo do cultivo.

Mortalidades também podem ter ocorrido em todas as unidades experimentais devido às câibras que foram observadas nos camarões. A causa deste problema ainda é desconhecida, mas observações em diversas espécies de camarões têm indicado que fatores ambientais e nutricionais podem estar relacionados a este problema (Brock &

Main, 1994). Alimentos de baixa qualidade, altas temperaturas da água ou baixas concentrações de oxigênio dissolvido podem ser, entre outras, possíveis causas deste problema. Camarões severamente afetados pelas cãibras raramente se recuperam, morrendo em poucas horas (Brock & Main, 1994). Durante a realização dos experimentos a água apresentou, em certas ocasiões, temperaturas elevadas e baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Além disso, a ração utilizada durante o cultivo não era específica para *F. paulensis*, mas sim para *L. vannamei*, podendo desta forma não suprir as exigências nutricionais da espécie aqui cultivada.

A partir da constatação que o biofilme formado em substratos presentes em estruturas de cultivo traz benefícios à qualidade da água e ao crescimento dos organismos cultivados (Langis *et al.*, 1988; Ramesh *et al.*, 1999; Umesh *et al.*, 1999; Thompson *et al.*, 2002), a utilização de substratos artificiais tem recebido grande atenção por parte de produtores e pesquisadores da área de aquíicultura (Ballester, 2003). Segundo Thompson *et al.*, (2002), a concentração de clorofila *a* funciona como um indicador da maturidade do biofilme, podendo ser considerado maturo quando apresenta uma concentração de $5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de clorofila *a*.

No momento do povoamento dos cercados a concentração de clorofila *a* presente no biofilme aderido ao substrato artificial era de $4,6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Entretanto, ao final do cultivo foram registrados valores de clorofila *a* superiores a $16 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ em todas densidades de estocagem testadas. Esta elevação na concentração de clorofila *a* ao longo do tempo também foi registrada por Ballester (2003) e Santos (2003), os quais trabalharam na mesma área do presente estudo. Segundo Thompson *et al.* (2002), a concentração de clorofila *a* pode ser controlada pela predação dos camarões e nematóides sobre o biofilme. Ballester (2003) mostrou que a predação dos camarões sobre o biofilme pode propiciar uma elevação da concentração de clorofila *a* devido à abertura de espaços no substrato, o qual sofreria um processo de recolonização. Apesar das concentrações de clorofila *a* no biofilme não apresentarem uma relação clara com as diferentes densidades de estocagem testadas, valores elevados foram encontrados nas densidades de estocagem mais altas, possivelmente devido a predação dos camarões sobre o biofilme.

Valores relativamente elevados de clorofila *a* foram encontrados no presente trabalho quando comparados aos resultados obtidos por Ballester (2003), o qual

registrou valores máximos próximo a $8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, em 28 dias de experimento, utilizando como substrato um material similar ao aqui empregado. Já Santos (2003) utilizou rede de poliéster revestida de PVC com malha de 5 mm como substrato e registrou valores máximos de clorofila *a* próximo a $4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ em 30 dias de experimento,. No presente trabalho foram registradas concentrações de clorofila *a* acima de $13 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ em 30 dias de experimento, independentemente da densidade de estocagem. A grande variação nas concentrações de clorofila *a* entre os trabalhos citados pode ser associada tanto a fatores ambientais, como temperatura, transparência e salinidade da água, quanto a métodos de coleta diferenciados (por exemplo, profundidades diferentes) ou substratos de materiais diferentes, além de variações temporais. Shrestha & Knud-Hansen (1994) relatam que em águas de maior transparência a fixação de biofilme em substratos artificiais pode ser maximizada. Abreu (1992) registrou grande variabilidade temporal de clorofila *a* na coluna da água devido à temperatura e a eventos que causam ressuspensão de material no estuário da Lagoa dos Patos, mostrando assim a influência dos fatores ambientais sobre a concentração de clorofila *a* na coluna da água.

Ao contrário da concentração de clorofila *a*, o peso seco do biofilme aderido ao substrato artificial parece ter uma relação com as densidades de estocagem, pois valores mais elevados de peso seco do biofilme foram registrados na menor densidade de estocagem. Mais uma vez, este fato pode estar associado a maior pressão de predação dos camarões sobre o biofilme nas densidades de estocagem mais elevadas. Diversos estudos indicam que *F. paulensis* utiliza os organismos presentes no biofilme como alimento (Thompson *et al.*, 2002; Ballester, 2003; Santos, 2003; Borges *et al.*, 2004). Porém, este fato não pode ser comprovado somente através da análise de concentração de clorofila *a* do biofilme, visto que este não é formado apenas por organismos autótrofos e mixotróficos que contém clorofila *a*, mas também por organismos heterotróficos e material inerte aderido a matriz secretada pelas bactérias. Apesar da existência de uma correlação positiva entre a concentração de clorofila *a* e o peso seco do biofilme, variações temporais entre estes dois fatores podem alterar esta correlação. Portanto, é de grande importância que o peso seco do biofilme seja avaliado juntamente com a concentração de clorofila *a* de modo a fornecer uma idéia mais precisa do real grau de fixação do biofilme, assim como indicar uma possível predação dos camarões sobre o mesmo.

A queda nos valores de peso seco do biofilme aderido ao substrato artificial observado em todos os tratamentos entre o 58° e 72° dias de cultivo pode estar relacionada a fatores ambientais atuantes durante este período, como pequenas variações de salinidade, temperatura e transparência da água, por exemplo. Apesar disso, foi verificado um incremento significativo na taxa de crescimento dos camarões neste período, o qual pode ajudar a justificar este fato, uma vez que os camarões podem ter utilizado o biofilme como alimento, como discutido anteriormente (Thompson *et al.*, 2002; Ballester *et al.*, 2003; Santos, 2003; Borges *et al.*, 2004). Além disso, observou-se que a TCA semanal neste período sofreu uma redução, muito embora se esperasse que a TCA aumentasse a medida que os camarões crescessem. Desta forma, isto reforça a hipótese de que os camarões consumiram o biofilme entre o 58° e 72° dias de cultivo. Por outro lado, também é possível que o próprio peso do biofilme aderido ao substrato faça com que ele se desprenda e caia, abrindo assim espaço para que ocorra um processo de recolonização do substrato. Esta recolonização pareceu ser mais acelerada na densidade de 10 camarões/m², provavelmente devido à maior predação do biofilme nas densidades de estocagem mais elevadas.

Estudos comprovam que a densidade de estocagem tem influência sobre o crescimento dos camarões cultivados. Martin *et al.* (1998) obtiveram uma relação inversa entre o crescimento e a densidade de estocagem de *Litopenaeus stylirostris* em viveiros. A mesma relação negativa foi encontrada por Wasielesky *et al.* (2001) no cultivo de *F. paulensis* em cercados. Vaz (2004), utilizando uma compilação de dados de cultivos realizados com *F. paulensis* em cercados, também verificou uma relação inversa entre a densidade de estocagem e o crescimento dos animais. Os resultados do presente trabalho confirmam esta hipótese, uma vez que também foi encontrada relação inversa entre o crescimento dos camarões e a densidade de estocagem.

Assim como o crescimento, a sobrevivência também foi inversamente proporcional à densidade de estocagem no presente trabalho. Esta relação também foi encontrada por Martin *et al.* (1998), Wasielesky *et al.* (2001) e Vaz (2004). Porém, no presente estudo, as densidades de estocagem de 40 e 60 camarões/m² apresentaram taxas de sobrevivência consideravelmente mais baixas do que em trabalhos anteriores com a mesma espécie, os quais possivelmente não passaram por situações críticas de oxigênio dissolvido.

Devido às baixas taxas de sobrevivência nas densidades de estocagem de 40 e 60 camarões/m², a biomassa final nestas densidades foi igualmente reduzida, elevando, conseqüentemente, os valores finais de TCA. A alta TCA final registrada na densidade de 40 camarões/m² sugere que tenha ocorrido alta mortalidade na fase final do cultivo, pois o consumo alimentar neste tratamento era muito elevado até poucos dias antes do final do experimento. Wasielesky *et al.* (2001) cultivaram *F. paulensis* em cercados por 90 dias nas densidades de 30, 60, 90 e 120 camarões/m², obtendo sobrevivências acima de 85% e biomassa final entre 230 e 517 g/m². No presente estudo, a biomassa final mais elevada foi de 236 g/m², obtida na densidade de 60 camarões/m², onde a sobrevivência foi de apenas 48%.

Peixoto *et al.* (2003) cultivaram *F. paulensis* durante 102 dias em viveiros, na densidade de estocagem de 15 camarões/m², e obtiveram sobrevivência, peso final, biomassa final e TCA de 88,3%, 11,2 g, 145 g/m² e 1,71, respectivamente. Estes resultados foram muito próximos aos encontrados nas densidades de estocagem de 10 e 20 camarões/m² do presente trabalho. Estas densidades de estocagem podem não ter sofrido efeitos tão adversos devido às baixas concentrações de oxigênio dissolvido quanto às densidades mais elevadas. Portanto, há evidências que o cultivo de camarões em densidades elevadas, mesmo em cercados, implica em maiores riscos para o aquacultor. Além disso, melhores rendimentos econômicos no cultivo de *F. paulensis* em cercados foram obtidos em densidades de 20 e 30 camarões/m², quando comparadas a densidades mais elevadas (60 e 90 camarões/m²) (Vaz, 2004).

Diversos estudos demonstram um maior crescimento dos organismos cultivados na presença de biofilme em relação aos controles, onde o biofilme era limitado ou havia menor área para o seu desenvolvimento (Langis *et al.*, 1988; Ramesh *et al.*, 1999; Umesh *et al.*, 1999; Azim *et al.*, 2001; Bratvold & Browdy, 2001; Thompson *et al.*, 2002; Ballester, 2003). Wyban e Sweeney (1991) observaram que mesmo em cultivos intensivos de camarões, a produtividade natural dos viveiros, principalmente microalgas e bactérias presentes na coluna da água, proporcionam um expressivo aumento no crescimento de *L. vannamei*. Anderson *et al.* (1987) estimaram que o alimento natural é responsável por 65% do carbono assimilado por *L. vannamei*. Estes resultados, segundo os autores, se devem parcialmente a presença de alimento natural na forma de biofilme aderido aos substratos, o qual estaria funcionando como um complemento alimentar.

Esta influência nutricional positiva do biofilme pode estar relacionada com sua capacidade de funcionar como um complemento alimentar de alta qualidade (Langis *et al.* 1988, Thompson *et al.* 2002; Santos, 2003). Além de maior produção final, Tidwell *et al.* (1998, 1999, 2000, 2002) reportaram taxas de conversão alimentar menores no cultivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em viveiros dotados de substratos em relação aos controles sem substratos. Segundo os autores, estes resultados se devem tanto a maior oferta de alimento natural quanto a mudanças na estrutura da população.

No presente trabalho, a disponibilidade de substratos artificiais para fixação de biofilme, com o intuito de aumentar a oferta de alimento natural aos camarões cultivados, não apresentou resultados positivos na sobrevivência, crescimento e TCA após 86 dias de cultivo em cercados com densidade de estocagem de 20 camarões/m². Apesar do tratamento com substrato artificial apresentar em média 2 kg de matéria seca disponível na forma de biofilme ao longo do cultivo, isto não proporcionou incremento significativo na produção dos camarões, comparados àqueles sem substrato. A influência do substrato artificial no cultivo de camarões pode, porém, variar de acordo com a espécie ou ontogenia. Ballester (2003) detectou influência positiva do substrato artificial no crescimento de *F. paulensis* durante a fase de berçário. Domingos (2003), cultivando *L. vannamei* em viveiros, não registrou diferença no crescimento dos camarões, mas reportou sobrevivências significativamente maiores nos tratamentos com substrato artificial em relação aos tratamentos sem substrato. Preto *et al.* (2004b) não encontraram diferenças significativas na sobrevivência e no crescimento de *F. paulensis* cultivado em gaiolas durante a fase de berçário nos tratamentos com e sem substrato artificial. Kumlu *et al.* (2001) verificaram que o incremento de substrato artificial influenciou negativamente o crescimento e a sobrevivência de *Metapenaeus monoceros* durante a fase de berçário, não recomendando o uso de substrato artificial no sistema de berçário de camarões peneídeos. Os resultados do presente trabalho ajudam a confirmar a hipótese de Kumlu *et al.* (2001), que sugerem que o uso de substrato artificial no cultivo de camarões marinhos não produz vantagens claras como apresenta para camarões de água doce.

No entanto, a densidade de estocagem pode determinar a influência dos substratos artificiais na sobrevivência e crescimento dos organismos cultivados. Langis *et al.*

(1988), trabalhando com o crustáceo *Daphnia magna*, sugeriram que o biofilme formado em substratos artificiais pode ser mais importante em sistemas intensivos de cultivo, uma vez que a concentração de metabólitos nestes sistemas é elevada. Nos sistemas intensivos de cultivo de camarões, o biofilme formado nos substratos artificiais pode melhorar a qualidade da água e propiciar alimento natural aos organismos cultivados (Thompson *et al.*, 2002), assim como o efeito físico da presença de substrato artificial pode reduzir o estresse dos camarões devido a melhor distribuição espacial dos animais (Bratvold & Browdy, 2001). Isto pode ocorrer tanto em tanques como em viveiros ou cercados. Desta forma, em densidades de estocagem superiores a 20 camarões/m², a adição de substrato artificial pode influenciar a produtividade de *F. paulensis* em cercados durante a fase de engorda.

No cultivo de camarões em cercados o ambiente proporciona alimento natural (fitoplâncton, zooplâncton e organismos bentônicos) ao longo de todo o cultivo, visto que pode ocorrer uma recolonização dos organismos dentro dos cercados durante o período de produção. Como *F. paulensis* é um predador de invertebrados bentônicos (Asmus, 1984), assim como outras espécies de peneídeos (Wassenberg & Hill, 1987; Nunes *et al.*, 1997; McTigue & Zimmerman, 1998), e a região onde foi realizado o cultivo apresenta um grande número de espécies e uma grande abundância de macroinvertebrados bentônicos (Bemvenuti, 1987), os camarões podem ter acesso ao alimento natural durante todo o cultivo e assim podem alcançar um crescimento superior ao observado em viveiros. Ao cultivar *F. paulensis* em cercados nas densidades de 10 e 26 camarões/m² no mesmo local onde foi realizado o presente estudo, Soares *et al.* (2004a) encontraram uma redução significativa na abundância de organismos bentônicos dentro dos cercados após 21 dias de cultivo, em relação à região controle fora dos cercados, indicando uma provável predação dos camarões sobre estes organismos. Análises do conteúdo estomacal de *F. paulensis* cultivado em cercados indicaram que as principais presas consumidas por esta espécie são poliquetas e tanaidáceos, ou seja, organismos bentônicos (Soares *et al.*, 2004b). Além disso, Soares *et al.* (2004b) observaram que apesar dos detritos e material vegetal compor a maior parte do conteúdo estomacal de *F. paulensis*, o consumo desses materiais é reduzido com o crescimento dos camarões. Sendo assim, a abundância de organismos bentônicos

pode ter uma importância muito maior do que a presença de substratos artificiais durante a engorda do camarão *F. paulensis*, tanto em viveiros quanto em cercados.

6 - CONCLUSÃO

De acordo com as condições do presente estudo, tanto a sobrevivência quanto o crescimento dos camarões apresentaram uma relação inversa com a densidade de estocagem. Desta forma, levando-se em consideração apenas os fatores ambientais e biológicos, sugere-se que os cultivos de *F. paulensis* em cercados sejam realizados em densidades entre 10 e 20 camarões/m².

A concentração de clorofila *a* no biofilme fixado ao substrato artificial não apresentou uma relação clara com a densidade de estocagem. Já o peso seco do biofilme mostrou valores mais elevados na densidade de estocagem mais baixa ao longo do experimento, provavelmente devido à menor pressão de predação exercida pelos camarões.

A análise da concentração de clorofila *a* no biofilme não permitiu qualquer inferência sobre uma possível predação dos camarões sobre o biofilme. Entretanto, a determinação do peso seco do biofilme parece ser uma forma mais simples e precisa de avaliar uma possível predação dos camarões sobre o biofilme.

De acordo com as condições do presente estudo e levando-se em consideração apenas os fatores ambientais e biológicos, o uso de substrato artificial no cultivo de *F. paulensis* em cercados durante a fase de engorda na densidade de 20 camarões/m² não teve efeito significativo sobre a sobrevivência, crescimento e conversão alimentar dos camarões. Apesar disso, no período entre o 58º e 72º dias de cultivo todos os tratamentos apresentaram queda no peso seco do biofilme, aumento na taxa de crescimento e a TCA semanal sofreu uma redução, o que sugere que os camarões consumiram o biofilme neste período.

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A definição de áreas apropriadas para instalação de cercados deve levar em consideração, entre outros fatores, a circulação da água. Além disso, sempre que possível, deve-se evitar a instalação de unidades de produção próximas umas as outras, sejam elas de caráter científico ou comercial. Desta forma, possíveis prejuízos causados por eventuais variações nos fatores ambientais podem ser evitados, uma vez que trabalhos anteriores já detectaram baixas concentrações de oxigênio dissolvido em cercados com área de 3.100 m².

A concentração de oxigênio dissolvido deve ser sempre avaliada dentro dos cercados, visto que mesmo em baixas densidades de estocagem a concentração de oxigênio dissolvido no interior dos cercados pode ser menor do que nas áreas externas aos mesmos. A limpeza periódica da rede do cercado deve ser feita para maximizar a circulação da água dentro dos cercados, especialmente nos dias em que o fluxo de água for reduzido.

É importante ressaltar que a qualidade e quantidade do alimento natural disponível podem estar relacionadas com o ambiente de cultivo, o que, por sua vez, pode afetar a influência do substrato artificial no cultivo de *F. paulensis*. Além disso, a densidade de estocagem pode determinar a importância do substrato artificial, visto que os organismos podem ser beneficiados não apenas nutricionalmente pelo biofilme, mas também pela melhor distribuição espacial que a presença de substratos oferece, especialmente em densidades elevadas.

Apesar das concentrações de clorofila *a* indicarem o grau de fixação do biofilme, valores de peso seco também devem ser avaliados, visto que o biofilme não é apenas formado por organismos autotróficos e mixotróficos que contém clorofila *a*.

8 - BIBLIOGRAFIA

- ABCC, 2004. Cenário nacional e internacional sobre cultivo e produção de camarão marinho. Disponível no site <http://www.abccam.com.br>
- Abreu, P.C., 1992. Phytoplankton production and microbial food web on the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. Universität Bremen. Alemanha. Tese de Doutorado. 100 pp.
- Abreu, P.C., Thompson, F.L., Wasielesky, W., Cavalli, R.O., 1998. New perspectives in the use of microorganisms in shrimp culture: food source, water quality and diseases control. Anais do Aqüicultura Brasil'98, 2 - 6 de novembro de 1998. Recife, Pernambuco. 703 - 709.
- Allan, G.L., Maguire, G.B., 1992. Effects of stocking density in production of *Penaeus monodon* (Fabricius) in model farming ponds. Aquaculture 107, 49 - 66.
- Almeida, S.C.A., 2002. Análise preliminar do impacto do cultivo do camarão *Farfantepenaeus paulensis* em cercados no estuário da Lagoa dos Patos sobre a qualidade da água. Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul. 21 pp.
- Anderson, R.K., Parker, P.L., Lawrence, A., 1987. A $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond growout system. Journal of the World Aquaculture Society 18, 148 - 155.
- Asmus, M.L., 1984. Estrutura da comunidade associada a *Ruppia maritima* no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul. 154 pp.
- Azim, M.E., Wahab, M.A., Van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., Verdegem, M.C.J., 2001. The potential of periphyton-based culture of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* (Hamilton) and gonia *Labeo gonius* (Linnaeus). Aquaculture Research 32, 209 - 216.
- Ballester, E.L.C., 2003. Influência do biofilme na sobrevivência e no crescimento de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em sistema de berçário no estuário da Lagoa dos Patos. Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 90 pp.

- Barbieri, R.C.J., Ostrensky, A., 2002. Camarões Marinhos - Engorda. Viçosa, Minas Gerais. Editora Aprenda Fácil. 370 pp.
- Bartlett, P., Hodgson, A., Bonilla, P., 1993. Growth of *Penaeus vannamei* without feed in cages of plastic netting placed in ponds. Book of Abstracts of the World Aquaculture'93, May 26 - 28, 1993, Torremolinos, Espanha. European Aquaculture Society. Special publication, 19, pp. 111.
- Baumgarten, M.G.Z., Niencheski L.F., 1990. O estuário da Lagoa dos Patos: variações de alguns parâmetros físico-químicos da água e metais associados ao material em suspensão. Ciência e Cultura 42, 390 - 396.
- Bemvenuti, C.E., 1987. Predation effects on a benthic community in estuarine soft sediments. Atlântica 9, 33 - 63.
- Borges, L., Pissetti, T.L., Preto, A.L., Jensen, L., Abreu, P.C., 2004. Análise do consumo alimentar preferencial de juvenis do camarão-branco *Litopenaeus vannamei* e do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* sobre o biofilme em panagens de cultivo. Livro de Resumos do Aquaciência 2004, 24 - 28 de maio de 2004. Vitória, Espírito Santo, pp. 80.
- Bratvold, D., Browdy, C.L., 2001. Effects of sand sediment and vertical surfaces (AquaMatsTM) on production, water quality and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. Aquaculture 195, 81 - 94.
- Brock, J.A., Main, K.L., 1994. A guide to the Common Problems and Diseases of Cultured *Penaeus vannamei*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 242 pp.
- Cavalli, R.O., Wasielesky, W., Peixoto, S., Sanots. M.H.S., 2003. Estimating the best stocking density for the culture of *Farfantepenaeus paulensis* in pen enclosures. Book of Abstracts of the World Aquaculture'03, May 19 - 23, 2003, Salvador, Brasil. World Aquaculture Society. pp. 163.
- Dolci, D., Wasielesky, W., 1998. Seletividade de malha para o cultivo do camarão-rosa *Penaeus paulensis* em gaiolas e cercados. Livro de Resumos da VII Reunião Anual do Instituto de Pesca, 14 - 17 de abril de 1998. São Paulo, São Paulo. pp. 53.
- Domingos J.A.S., 2003. Efeito do uso de diferentes quantidades de substratos artificiais na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), em um

- sistema de cultivo semi-intensivo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. 37 pp.
- Genodepa, J.G., 1999. Pen culture of experiments of the mud crab *Scylla serrata* in mangrove areas. Book of Abstracts of the Mud Crab Aquaculture and Biology, 21 - 24 de abril de 1997. Darwin, Australia. 89 - 94.
- Jeffrey, S.W., Humphrey, G.F., 1975. New espectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*₁ and *c*₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochemical Physiology Pflanzen 167, 191 – 194.
- Kantin, R., Baumgarten, M.G.Z., 1982. Observações hidrográficas no estuário da Lagoa dos Patos: distribuição e flutuações dos sais nutrientes. Atlântica 5, 67 - 75.
- Kumlu, M., Eroldogan, O.T., Saglamtimur, B., 2001. The effects of salinity and added substrates on growth and survival of *Metapenaeus monoceros* (Decapoda: Penaeidae) post-larvae. Aquaculture 196, 177 - 188.
- Langis, R., Proulx, D., Noüe, J., Couture, P., 1988. Effects of a bacterial biofilm on intensive *Daphnia* culture. Aquacultural Engineering 7, 21 - 38.
- McTigue, T.A., Zimmerman, R.J., 1998. The use of infauna by juvenile *Penaeus aztecus* Ives and *Penaeus setiferus* (Linnaeus). Estuaries 21, 160 - 175.
- Marchiori, M.A., 1996. Guia Ilustrado de Maturação e Larvicultura do Camarão Rosa *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. Rio Grande, Rio Grande do Sul. 79 pp.
- Martin, J.L.M., Veran, Y., Guelorget, O., Pham, D., 1998. Shrimp rearing: stocking density, growth, impact on sediment, waste output and their relationships studied through the nitrogen budget in rearing ponds. Aquaculture 164, 135 - 149.
- Medvedovsky, K.G., 2002. Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento e a sobrevivência do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante,1967) cultivado em gaiolas no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS. Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul. 35 pp.
- Montgomery, D.C., 1984. Design and analysis of experiments. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. USA. 538 pp.

- Nunes, A.J.P., Gesteira, T.C.V., Goddard, S., 1997. Food ingestion and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. *Aquaculture* 149, 121 - 136.
- Ostrensky, A., Pilchowski, R.W., 2002. Cultivos experimentais de camarões marinhos em tanques-rede no litoral paranaense. Livro de Resumos do XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 24 - 29 de junho de 2002. Goiânia, Goiás. pp. 256.
- Paquotte, P., Chim, L., Martin, J.L.M., Lemos, E., Stern, M., Tosta, G., 1998. Intensive culture of shrimp *Penaeus vannamei* in floating cages: zootechnical, economic and environmental aspects. *Aquaculture* 164, 151 - 166.
- Peixoto, S., Soares, R., Wasielesky, W. & D'Incao, F., 2001. Effect of density on growth in estuarine pen culture of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. Book of Abstracts of the Aquaculture America 2001, January 21 - 25, 2001. Orlando, USA. pp. 522.
- Peixoto, S., Wasielesky, W., Louzada, L., 2003. Comparative analysis of pink shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, culture in extreme southern Brazil. *Journal of Applied Aquaculture* 14, 101 - 111.
- Pissetti, T.L., Preto, A.L., Cavalcanti, A.M., Cavalli, R.O., Wasielesky, W., Poersch, L.H., 2004. Efeitos da densidade de estocagem no berçário do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cercados. Livro de Resumos do Aquaciência 2004, 24 - 28 de maio de 2004. Vitória, Espírito Santo. pp.386.
- Poersch, L.H., Marchiori, M.A., 1992. Efeito do oxigênio no camarão rosa *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. Livro de Resumos. Encontro Nacional de Aquicultura (VII SIMBRAq – II EMBRAPOA), 27 - 30 de outubro de 1992. Peruíbe, São Paulo. pp. 115.
- Preto, A.L., Pissetti, T.L., Cavalcanti, A.M., Cavalli, R.O., Wasielesky, W., Poersch, L.H., 2004a. Efeitos da densidade de estocagem do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em berçário em gaiolas. Livro de Resumos do Aquaciência 2004, 24 – 28 de maio de 2004. Vitória, Espírito Santo. pp. 387.
- Preto, A.L., Pissetti, T.L., Cavalcanti, A.M., Cavalli, R.O., Wasielesky, W., Poersch, L.H., 2004b. Uso de telas de polietileno para fixação de biofilme no cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em berçário conduzido em gaiolas. Livro

- de Resumos do Aquaciência 2004, 24 – 28 de maio de 2004. Vitória, Espírito Santo. pp. 398.
- Ramesh, M.R., Shankar, K.M., Mohan, C.V., Varghese, T.J., 1999. Comparison of three plant substrates for enhancing carp growth through bacterial biofilm. *Aquacultural Engineering* 19, 119 - 131.
- Rocha, I.P., Rodrigues, J., Amorim, L., 2004. A carcinicultura brasileira em 2003. *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, Ano 6, 1, 30 - 36.
- Rodrigues, J., 2001. Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado. ABCC, CNPq e MAPA. Brasília, 276 pp.
- Rodriguez, E.M., Bombeo-Tuburan, I., Fukumoto, S., Ticar, R.B., 1993. Nursery rearing of *Penaeus monodon* (Fabricius) using suspended (hapa) net enclosures installed in a pond. *Aquaculture* 112, 107 - 111.
- Sandifer, P.A., Hopkins, J.T., Stokes, A.D., Bronwdy, C.L., 1993. Preliminary comparisons of the native *Penaeus setiferus* and the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* for pond culture in South Carolina, USA. *Journal of the World Aquaculture Society* 24, 295 - 303.
- Santos, M.H.S., 2003. Alimentação do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda-Penaeidae) cultivado. Tese de Doutorado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul. 229 pp.
- Scardua, M.P. 1998. Utilização de alimentadores do tipo bandeja no cultivo do camarão rosa *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em tanques redes. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. 78 pp.
- Shresta, M.K., Knud-Hansen, C.F., 1994. Increasing attached microorganism biomass as a management strategy for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production. *Aquacultural Engineering* 13, 101 - 108.
- Soares, R., Peixoto, S., Bemvenuti, C., Wasielesky, W., D’Incao, F., Murcia, N., Suita, S., 2004a. Composition and abundance of invertebrate benthic fauna in *Farfantepenaeus paulensis* culture pens (Patos Lagoon estuary, Southern Brazil). *Aquaculture* 239, 199 - 215.

- Soares, R., Peixoto, S., Wasielesky, W., D’Incao, F., 2004b. Feeding rhythms and diet of *Farfantepenaeus paulensis* under pen culture in Patos Lagoon estuary. Aquaculture (Submetido).
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish Research Board of Canada. Ottawa, Canada. 310 pp.
- Thompson, F.L., Abreu, P.C., Wasielesky, W., 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. Aquaculture 203, 263 - 278.
- Tidwell, J.H., Coyle, D.C., Schulmeister, G., 1998. Effects of added substrate on the production and population characteristics of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in ponds. Journal of the World Aquaculture Society 29, 17 - 22.
- Tidwell, J.H., Coyle, S., Weibel, C., Evans, J., 1999. Effects and interactions of stocking density and added substrate on production and population structure of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*. Journal of the World Aquaculture Society 30, 174 - 179.
- Tidwell, J.H., Coyle, S., Vanarium, A., Weibel, C., 2000. Production response of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* to increasing amounts of Artificial substrate in ponds. Journal of the World Aquaculture Society 31, 452 - 458.
- Tidwell, J.H., Coyle, S., Vanarium, A., Weibel, C., 2002. Effects of substrate amount and orientation on production and population structure of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in ponds. Journal of the World Aquaculture Society 33, 63 - 69.
- Umesh, N.R., Shankar, K.M. & Mohan, C.V., 1999. Enhancing growth of common carp, rohu and Mozambique tilapia through plant substrate: the role of bacterial biofilm. Aquaculture International 7, 251 - 260.
- Unesco, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and Guides, 12.
- Vaz, L.J., 2004. Berçário e engorda do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* no estuário da Lagoa dos Patos. Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 69 pp.
- Vaz, L.J., Wasielesky, W., Cavalli, R.O., Peixoto, S., Santos, M.H.S., Ballester, E., 2004. Growth and survival of pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) postlarvae in cages and pen enclosures. Scientia Agricola 61, 332 – 335.

- Vinatea, L., 1999. Aqüicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura. Florianópolis, Santa Catarina. 310 pp.
- Walford, J., Lam, T.J., 1987. Floating hatchery and net cage culture of *Penaeus indicus* in the straits of shore, Singapore. *Aquaculture* 62, 11 - 32.
- Wasielesky, W., 1999. Produção do camarão marinho *Penaeus paulensis* no sul do Brasil: cultivo em estruturas alternativas. In: Oceanos: Fonte de Alimentos. Prêmio Jovem Cientista 1997, CNPq, Fundação Roberto Marinho, Grupo Gerdau. 53 - 106.
- Wasielesky, W., 2000. Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos de parâmetros ambientais e manejo de cultivo. Tese de Doutorado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul. 199 pp.
- Wasielesky, W., Cavalli, R.O., Dolci, D., Silva, T.M.A., 1995. Crescimento do camarão-rosa *Penaeus paulensis* (Crustacea: Decapoda) cultivado em gaiolas e cercados no estuário da Lagoa dos Patos. Anais do III Encontro Sul Brasileiro de Aquicultura, 13 - 15 de outubro de 1995. Ibirubá, Rio Grande do Sul. 14 - 25.
- Wasielesky, W., Poersch, L.H., Jensen, L., Bianchini, A., 2001. Effect of stocking density on pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda, Penaeidae). *Nauplius* 9, 163 - 167.
- Wassenberg, T.J., Hill, B.J., 1987. Natural diet of the tiger prawns *Penaeus esculentus* and *Penaeus semisulcatus*. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 38, 169 - 182.
- Wyban, J.A., Sweeney, J.N., 1991. Intensive shrimp production technology. Oceanic Institute Shrimp Manual. Honolulu, Hawaii, USA. 158 pp.
- Zogbi, P.R., 1997. Efeito da taxa de arraçoamento no crescimento e sobrevivência do camarão-rosa *Penaeus paulensis* cultivado em gaiolas. Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul. 33 pp.

9 – ANEXOS

Anexo 1. Concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (Média \pm DP) no substrato artificial das diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/ m^2) ao longo do experimento. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Dia	Densidade de estocagem			
	10	20	40	60
1	4,65 \pm 0,30 ^A	4,65 \pm 0,30 ^A	4,65 \pm 0,30 ^A	4,65 \pm 0,30 ^A
16	10,71 \pm 2,12 ^A	6,93 \pm 0,97 ^{AB}	6,61 \pm 1,70 ^B	9,29 \pm 1,00 ^{AB}
30	16,80 \pm 0,30 ^A	13,38 \pm 0,88 ^A	13,44 \pm 1,63 ^A	16,50 \pm 3,34 ^A
44	15,88 \pm 3,24 ^{AB}	18,39 \pm 0,57 ^A	12,66 \pm 2,36 ^B	20,12 \pm 0,71 ^A
58	9,97 \pm 0,97 ^B	19,20 \pm 0,96 ^A	12,01 \pm 2,54 ^B	22,78 \pm 3,53 ^A
72	11,50 \pm 1,90 ^B	15,11 \pm 0,70 ^A	13,33 \pm 0,98 ^{AB}	12,04 \pm 0,50 ^B
86	17,29 \pm 4,59 ^A	16,43 \pm 2,91 ^A	18,09 \pm 0,64 ^A	18,89 \pm 2,24 ^A

Anexo 2. Valores médios (\pm DP) do peso seco do biofilme (mg/cm^2) nas diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/ m^2) ao longo do experimento. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Dia	Densidade de estocagem			
	10	20	40	60
1	$3,03 \pm 0,89^A$	$3,03 \pm 0,89^A$	$3,03 \pm 0,89^A$	$3,03 \pm 0,89^A$
16	$2,67 \pm 0,71^B$	$4,93 \pm 1,90^{AB}$	$2,38 \pm 0,88^B$	$6,82 \pm 0,69^A$
30	$11,40 \pm 0,43^A$	$5,23 \pm 0,62^B$	$5,33 \pm 1,40^B$	$4,19 \pm 0,45^B$
44	$17,30 \pm 3,26^A$	$10,15 \pm 0,71^B$	$9,75 \pm 1,39^B$	$10,10 \pm 1,50^B$
58	$10,38 \pm 1,21^B$	$19,17 \pm 2,35^A$	$13,86 \pm 1,63^B$	$13,20 \pm 1,24^B$
72	$6,75 \pm 2,18^A$	$4,10 \pm 0,85^{AB}$	$4,94 \pm 2,22^{AB}$	$2,27 \pm 0,14^B$
86	$19,47 \pm 1,04^A$	$10,03 \pm 2,45^B$	$9,27 \pm 1,20^B$	$10,77 \pm 0,68^B$

Anexo 3. Peso médio (\pm DP) de *Farfantepenaeus paulensis* nas diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/m²) ao longo do cultivo. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Dia	Densidade de estocagem			
	10	20	40	60
1	0,80 \pm 0,28 ^A	0,80 \pm 0,28 ^A	0,80 \pm 0,28 ^A	0,80 \pm 0,28 ^A
16	2,66 \pm 0,87 ^A	2,37 \pm 0,73 ^B	1,95 \pm 0,55 ^C	1,94 \pm 0,66 ^C
30	4,66 \pm 1,46 ^A	3,58 \pm 0,88 ^B	3,01 \pm 0,77 ^C	2,65 \pm 0,78 ^C
44	6,65 \pm 1,35 ^A	5,75 \pm 1,34 ^B	4,63 \pm 0,92 ^C	4,15 \pm 0,77 ^C
58	8,49 \pm 1,57 ^A	7,53 \pm 1,43 ^B	6,05 \pm 0,93 ^C	5,32 \pm 0,87 ^D
72	11,94 \pm 1,82 ^A	10,16 \pm 1,61 ^B	8,14 \pm 1,06 ^C	7,39 \pm 1,13 ^B
86	13,06 \pm 1,89 ^A	11,17 \pm 1,72 ^B	9,12 \pm 1,48 ^C	8,20 \pm 1,25 ^D

Anexo 4. Médias (\pm DP) da taxa de crescimento semanal (g/semana) de *Farfantepenaeus paulensis* nas diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/m²) ao longo do período experimental. Letras maiúsculas (A, B) diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as densidades de estocagem, enquanto letras minúsculas (a, b, c, d) diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas em relação às semanas de cultivo ($p < 0,05$).

Semanas	Densidade de estocagem			
	10	20	40	60
1 - 2	0,93 \pm 0,12 ^{A, b}	0,79 \pm 0,03 ^{AB, b}	0,57 \pm 0,12 ^{B, cd}	0,57 \pm 0,08 ^{B, bc}
3 - 4	1,00 \pm 0,12 ^{A, b}	0,60 \pm 0,03 ^{B, b}	0,53 \pm 0,08 ^{B, d}	0,35 \pm 0,06 ^{B, c}
5 - 6	1,00 \pm 0,25 ^{A, b}	1,09 \pm 0,04 ^{A, a}	0,81 \pm 0,10 ^{A, ab}	0,75 \pm 0,07 ^{A, ab}
7 - 8	0,92 \pm 0,05 ^{A, b}	0,89 \pm 0,35 ^{A, ab}	0,71 \pm 0,06 ^{A, bc}	0,59 \pm 0,06 ^{A, bc}
9 - 10	1,72 \pm 0,15 ^{A, a}	1,31 \pm 0,27 ^{AB, a}	1,04 \pm 0,30 ^{B, a}	1,03 \pm 0,08 ^{B, a}
11 - 12	0,56 \pm 0,32 ^{A, b}	0,51 \pm 0,36 ^{A, b}	0,49 \pm 0,18 ^{A, d}	0,40 \pm 0,16 ^{A, bc}

Anexo 5. Taxa de conversão alimentar aparente semanal (Média ± DP) de *Farfantepenaeus paulensis* nas diferentes densidades de estocagem (10, 20, 40 e 60 camarões/m²) ao longo do período experimental. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as densidades de estocagem (p<0,05).

Semanas	Densidade de estocagem			
	10	20	40	60
1 - 2	0,75 ± 0,09 ^A	0,89 ± 0,03 ^A	1,19 ± 0,26 ^A	1,02 ± 0,16 ^A
3 - 4	1,00 ± 0,04 ^A	1,64 ± 0,13 ^B	1,78 ± 0,03 ^B	1,75 ± 0,31 ^B
5 - 6	1,56 ± 0,62 ^A	1,19 ± 0,06 ^A	1,90 ± 0,49 ^A	1,31 ± 0,13 ^A
7 - 8	1,92 ± 0,56 ^A	1,76 ± 0,75 ^A	3,43 ± 1,29 ^A	2,04 ± 0,32 ^A
9 - 10	1,19 ± 0,32 ^A	1,35 ± 0,20 ^{AB}	3,24 ± 1,61 ^B	1,52 ± 0,09 ^{AB}
11 - 12	4,88 ± 3,67 ^A	6,30 ± 7,52 ^A	5,92 ± 2,90 ^A	4,46 ± 1,35 ^A

Anexo 6. Peso médio (\pm DP) de *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em cercados com e sem substrato artificial. Diferenças significativas não foram encontradas ($p>0,05$).

Dia	Com Substrato	Sem Substrato
1	0,80 \pm 0,28	0,80 \pm 0,28
16	2,37 \pm 0,73	2,53 \pm 0,87
30	3,58 \pm 0,88	3,77 \pm 1,12
44	5,75 \pm 1,34	5,70 \pm 1,40
58	7,53 \pm 1,43	7,52 \pm 1,31
72	10,16 \pm 1,61	10,09 \pm 1,89
86	11,17 \pm 1,72	10,99 \pm 1,87