

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE-FURG  
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA**

**INTENSIFICAÇÃO DO CULTIVO DO CAMARÃO  
ROSA *Farfantepenaeus paulensis* NO SUL DO  
BRASIL.**

**GERALDO KIPPER FÓES**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de DOUTOR.

Orientador: Dr. Wilson Wasielesky Jr.

**RIO GRANDE**

**Dezembro 2011**

## DEDICATÓRIA

---

*Dedico esta Tese às minhas amadas  
Verena e Verônica*

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço imensamente ao meu orientador, professor Wilson Wasielesky Jr., pelo incentivo, apoio e amizade ao longo dos anos de mestrado e doutorado. Agradeço também pela oportunidade de conviver com ele e poder auxiliá-lo no longo rol de tarefas que enfrenta diariamente, com muita dedicação. Gostaria de agradecer também ao professor Luis Poersch, pela convivência durante esses anos e por contribuir para a realização de todos os meus trabalhos. Gostaria de agradecer ao professor Paulo César Abreu pela permissão da utilização do Laboratório de Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos para a visualização e contagem dos microorganismos e também pelo auxílio na análise.

Aos membros da Banca, não somente por terem aceitado o convite, mas pelo apoio prestado durante a Tese e pela convivência que tive com todos. No laboratório do professor Fernando D’Incao fiz o meu primeiro estágio, durante a graduação. Com o professor Marcelo Tesser, a convivência diária e as conversas sobre esportes durante o cafezinho. E o professor Eduardo Ballester pela amizade antiga e pela oportunidade de convivermos por alguns anos no laboratório de Carcinocultura da EMA/FURG.

Agradeço aos funcionários da FURG, Sandro, Getúlio, Pilenghi, Marcelo, Ana e principalmente pela amizade construída agradeço ao Hermes Terra, Gilnei “Santa Casa”, Alessandro, Anderson, Lúcio e Nero.

Agradeço aos amigos, alunos e colegas de laboratório Dariano, Gabriele, Carlos Gaona, Diogo, Charles, Sabrina, André, Vita, Fabiane, Carolina, Mércia, Gui, Márcio, Marcos, Tati, Carla, Plínio, Bárbara, Luciano, e os que esqueci...

Agradeço ao Curso de Pós Graduação em Oceanografia Biológica por ter me dado a oportunidade de cursar o Doutorado, em especial aos professores César Costa, José Muelbert, João Paes e Eduardo Secchi que coordenaram a COMCUR durante o meu curso. Agradeço à Vera pelas dicas sempre importantes e pela colaboração durante o Doutorado.

Agradeço especialmente minha esposa Verônica e amada filha Verena pelos anos de amor e amizade. Agradeço muito à minha família, minha amada mãe Neidi e amado pai Hélio, minha irmã Deborah, meus irmãos Hélio e Rafael, cunhadas, cunhados, sobrinhos e sobrinhas e Nino. Agradeço imensamente pela oportunidade de ter um segundo casal de pais, que desde a adolescência me adotaram como mais um filho, Leda Maria e Obede. E Carmem Lúcia também.

Agradeço a todos os meus queridos amigos, presentes ou não, vivos ou não, que durante essa longa jornada vivida me deram o prazer de ter compartilhado comigo alguns de seus instantes. Deus os abençoe!

Esse pensamento eu li pela primeira vez na Tese do amigo “Tonicão”:  
“Quando nada parece dar certo, vou ver o cortador de pedras martelando sua rocha talvez 100 vezes, sem que uma única rachadura apareça. Mas na centésima primeira martelada a pedra se abre em duas, e eu sei que não foi aquela que conseguiu isso, mas todas as que vieram antes”.

## ÍNDICE

---

|   |    |
|---|----|
| RESUMO.....   | 1  |
| ABSTRACT.....   | 4  |
| INTRODUÇÃO GERAL.....   | 7  |
| 1. Pesca no mundo e no Brasil.....  | 7  |
| 2. Pesca de camarões peneídeos.....   | 9  |
| 3. Aquicultura no mundo.....  | 10 |
| 4. Importância e riscos da aquicultura marinha.....                           | 11 |
| 5. Aquicultura marinha e carcinicultura no Brasil.....                        | 12 |
| 6. O camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> .....                      | 14 |
| 7. Aquicultura e pesquisas do camarão rosa <i>F. paulensis</i> no Brasil..... | 16 |
| 8. Antecedentes e justificativas.....   | 18 |
| 8.1 Intensificação da produção de camarões marinhos.....                      | 19 |
| 8.2 Utilização de espécies exóticas.....                                      | 21 |
| 8.3 Sistemas alternativos de produção.....                                    | 22 |
| 9. Objetivos e estrutura da Tese.....   | 27 |
| METODOLOGIA GERAL.....  | 29 |
| 1. Locais de realização dos experimentos.....                                 | 29 |
| 2. Obtenção dos animais experimentais.....                                    | 29 |
| 3. Contagem de microorganismos.....   | 39 |

|   |     |
|---|-----|
| CAPÍTULO 1: Importância do sedimento para os parâmetros físicos e químicos da água, para os microorganismos e desempenho zootécnico do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> .....    | 40  |
| CAPÍTULO 2: Cultivo intensivo do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> : utilização de substratos verticais e de sistema de flocos microbianos.....                                   | 43  |
| CAPÍTULO 3: Berçário do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> com tecnologia de bioflocos (sistema BFT): sobrevivência e crescimento em diferentes densidades de estocagem.....       | 47  |
| CAPÍTULO 4: Efeito da densidade de estocagem no cultivo do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> em sistema de flocos microbianos na fase de engorda.....                             | 50  |
| CAPÍTULO 5: Influência do declínio da temperatura na produção do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> em diferentes densidades de estocagem.....                                     | 53  |
| CONCLUSÕES GERAIS.....  | 56  |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS.....   | 59  |
| BIBLIOGRAFIA.....   | 62  |
| ANEXO I: Importância do sedimento nos parâmetros físicos e químicos da água, nos microorganismos e no desempenho zootécnico no cultivo do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> ..... | 80  |
| ANEXO II: Cultivo intensivo do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> : A utilização de substratos verticais e do sistema de flocos microbianos.....                                   | 119 |
| ANEXO III: Nursery of pink shrimp <i>Farfantepenaeus paulensis</i> in biofloc   | 156 |

|  |     |
|--|-----|
| technology culture system (BFT): survival and growth at different stocking densities.....  |     |
| ANEXO IV: Efeito da densidade de estocagem no cultivo do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> em sistema de flocos microbianos. ....          | 164 |
| ANEXO V: Influência do declínio da temperatura na produção do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> em diferentes densidades de estocagem..... | 198 |

## RESUMO

---

O camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*, é uma espécie que possui grande importância econômica e ecológica no oceano Atlântico Sul. Pesquisas anteriores demonstraram a viabilidade técnica de cultivo desta espécie em estruturas alternativas de baixo custo e também em sistemas convencionais de cultivo extensivos, entretanto com baixo rendimento econômico. Nesta tese foram realizados estudos sobre a possibilidade da intensificação do cultivo desta espécie, utilizando sistemas convencionais e também sistemas considerados amigáveis ao ambiente, na tentativa de se obter maiores índices de produtividade. Um dos sistemas foi a utilização de substratos verticais para a formação de biofilme microbiano na fase de engorda. O outro sistema foi o de flocos microbianos (BFT), onde há a reciclagem dos nutrientes liberados na água de cultivo para a formação de flocos microbianos, os quais reduzem a necessidade de renovação de água e também servem de alimento aos organismos cultivados na fase de engorda. No primeiro capítulo se abordou a importância do sedimento nos parâmetros físico e químicos, na comunidade microbiana e no desempenho zootécnico de juvenis de *F. paulensis* cultivados em elevada densidade de estocagem. No segundo capítulo foi abordada a utilização de sistemas de cultivo ambientalmente amigáveis para o camarão rosa *F. paulensis*, que foram o sistema de cultivo utilizando substratos verticais para formação do biofilme e o sistema de flocos microbianos. O biofilme é um consórcio de microorganismos formado sobre

superfícies submersas, que contribui na produção de organismos aquáticos, pois é uma excelente fonte nutricional. Além disso, os microorganismos presentes no biofilme também contribuem para a manutenção da qualidade da água do cultivo. O sistema de flocos microbianos combina a remoção de nutrientes da água, com a produção de biomassa microbiana que pode ser utilizada como uma fonte nutricional adicional para os camarões. Foi analisada a importância destes sistemas nos parâmetros de qualidade de água, na comunidade de microorganismos e no desempenho zootécnico de *F. paulensis*. No terceiro e quarto capítulos foram abordadas a utilização do sistema de flocos microbianos em berçário e na engorda do camarão rosa *F. paulensis* em diferentes densidades de cultivo. No quinto capítulo foi abordada a influência do declínio da temperatura durante o ciclo de cultivo para o camarão rosa *F. paulensis* em diferentes densidades de estocagem. Nos resultados obtidos no capítulo 1 evidenciou-se que o sedimento possui importância nos parâmetros físicos e químicos da água, na estrutura da comunidade de microorganismos e no desempenho zootécnico dos camarões cultivados em densidades elevadas, havendo diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no peso médio e na produtividade entre os tratamentos. Nos resultados obtidos no segundo capítulo foi demonstrado que os substratos verticais e principalmente o sistema de flocos microbianos melhoram a qualidade da água e o desempenho zootécnico dos camarões *F. paulensis* em elevada densidade de estocagem. No terceiro e quarto capítulos também foi detectado que o sistema de flocos microbianos é importante para a manutenção da qualidade da água, sobrevivência e desempenho zootécnico do camarão rosa *F. paulensis* em

densidades elevadas. Houve diferenças significativas entre as diferentes densidades de estocagem em relação ao peso médio final, sendo este maior nas densidades mais baixas. A produtividade foi mais elevada nas maiores densidades de estocagem. No quinto capítulo foi verificado que a densidade de estocagem influenciou o crescimento e produtividade. Foi também demonstrado a influência negativa da diminuição da temperatura no crescimento dos camarões. Entretanto, se evidenciou que com a redução da temperatura reduziu também a influência da densidade de estocagem no crescimento, pois quando a temperatura diminuiu, os crescimentos foram semelhantes entre os tratamentos. De uma maneira geral, os resultados dos experimentos demonstraram a importância dos sistemas de cultivo ambientalmente amigáveis para o aumento da produtividade da criação do camarão rosa *F. paulensis* comparativamente com as produtividades nos sistemas convencionais.

Palavras-chave: *Farfantepenaeus paulensis*, aquicultura, carcinicultura, intensificação.

## ABSTRACT

---

The pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*, has a great economic and ecological importance in the South Atlantic Ocean. Previous research has demonstrated the technical feasibility of the culture of this species into alternative structures and in conventional shrimp farmers. However, in these systems *F. paulensis* has presented a low economic performance. In order to achieve higher productivity rates in the culture systems, studies were conducted to evaluate of the intensification of *F. paulensis* rearing using environmentally friendly systems. It was analyzed the use of vertical substrates for microbial Biofilm formation. Other study was carried out to analyze the use of the Biofloc system technology (BFT) in *F. paulensis* culture. In this system nutrient of the water is used for the microbial floc formation. In the first chapter it was discussed the importance of sediment in the physical and chemical water parameters, in the microbial community and on the performance of juveniles of *F. paulensis* reared in high stocking density. In the second chapter it was discussed the use of environmentally friendly culture systems for the pink shrimp *F. paulensis*, when used substrates for biofilm formation and Biofloc system. The biofilm is a consortium of microorganisms adhered to surfaces under water. It can contribute to the production of aquatic organisms, it is also an excellent nutritional source. Furthermore, the

microorganisms present in the biofilm also contribute to the maintenance of water quality of the culture. The biofloc system combines the removal of nutrients from the water, with the production of microbial biomass that can be used as an additional nutritional source for the shrimp. In the third and fourth chapters were discussed the use of the biofloc system in the nursery and grow out of pink shrimp *F. paulensis* at different stocking densities. In the fifth chapter discussed the influence of decline of temperature in the culture of pink shrimp *F. paulensis* at different stocking densities. The results achieved in Chapter 1 demonstrated that the sediment has important physical and chemical parameters of the water. It was detected significant differences in the community structure of microorganisms on the performance of shrimp reared ( $p < 0.05$ ) in different treatment. The results obtained in the second chapter shown that the vertical substrates and especially the bioflocs improve water quality parameters and zootechnical performance of the shrimp *F. paulensis* in high stocking density. In the third and fourth chapters it was shown that the system of biofloc is important for the maintenance of water quality parameters, survival and zootechnical performance of the pink shrimp *F. paulensis* reared at high densities. Significant differences were found between the different stocking densities where the final average weight was higher in lower densities. The productivity was highest in the highest stocking densities. In the fifth chapter it was showed that stocking density influenced the growth and productivity. It was also demonstrated the negative influence of the reduced temperature in the growth of shrimp. However, it was evidenced that with decreasing water temperature also decreased the influence of stocking density on growth, when the temperature

decreased, the growth were similar among treatments. Then, in general results showed the importance of the environmentally friendly culture systems to increase the productivity of the pink shrimp *F. paulensis* in high stocking densities.

Word keys: *Farfantepenaeus paulensis*, aquaculture, carcinicultura, intensification.

## INTRODUÇÃO GERAL

---

### 1. A Pesca no Mundo e no Brasil

O total mundial capturado pela pesca e produzido pela aquicultura no ano de 2008 foi 142 milhões de toneladas. Em 2007, os pescados representaram 15 % do consumo mundial de proteína animal e 6,1 % de toda a proteína consumida. Em nível global, os pescados oferecem 20 % do consumo médio de proteína animal a mais de 1,5 bilhões de pessoas, e pelo menos 15 % desta proteína a três bilhões de pessoas. O fornecimento mundial de pescado aumentou de 0,7 kg por pessoa em 1970 para 7,8 kg em 2008, uma taxa média de crescimento de 6,6 % ao ano (FAO 2010). Uma revisão global do estado dos recursos pesqueiros marinhos confirma que as proporções de estoques sobre-explotados, empobrecidos e em recuperação mantiveram-se relativamente estáveis nos últimos 20 a 25 anos, após o aumento perceptível da expansão do esforço de pesca observado nas décadas de 1970 e 1980. Em 2007, em torno de 28 % dos estoques estavam super explorados (19 %), empobrecidos (8 %) ou em recuperação de depleção (1 %) e, portanto, produzindo menos que seu potencial máximo, devido à pressão da pesca excessiva. Em torno de 52 % dos estoques foram totalmente explorados e, portanto as capturas que estavam próximas ou nos seus limites máximos sustentáveis, sem espaço para expansão. Aproximadamente 20 % dos estoques foram moderadamente explorados ou pouco explorados, e talvez, com possibilidade de produzir mais. A maioria dos

estoques das dez espécies, que juntas representam cerca de 30 % da produção mundial de captura de pescado marinho, em termos de quantidade, estão totalmente explorados ou sobre explorados (FAO 2009).

A pesca marítima no Brasil teve captura registrada de 585 mil toneladas no ano de 2009 (MPA 2010). Esta cifra mantêm-se com algumas oscilações nos últimos anos. Desse total, em 2007, cerca de 90 % das capturas foi obtida na chamada região costeira que inclui os estuários e toda a região da plataforma continental. O restante provém da pesca oceânica que ocorre em profundidades superiores a 150-200 m, no domínio que corresponde ao talude superior e de alto mar (Castello 2010). A pesca é uma das atividades mais tradicionais para os habitantes das regiões costeiras, sendo muitas vezes uma importante, se não a única fonte de alimentação. Ao longo de toda a costa brasileira são comuns as pescarias de pequena ou média escala que exploram camarões e peixes costeiros. Outra característica é que a pesca industrial ou de grande escala tem sobre-explorado os recursos, que já apresentam sinais de sustentabilidade comprometida. Contrariando expectativas anteriores, os estudos do programa 'REVIZEE' (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva) não revelaram a existência de recursos virgens capazes de sustentar novas pescarias (Castello 2010). Mesmo recursos de profundidade como o peixe-sapo e caranguejos, se mostraram muito sensíveis a aumentos intensos de esforços. Portanto, não existem esperanças fundadas para esperar um aumento significativo da produção pesqueira marinha por captura que

atenda adequadamente ao aumento da demanda. Assim, apenas a maricultura tem condições de preencher essa lacuna (Castello 2010).

## **2. Pesca de camarões peneídeos**

Os estoques de camarões peneídeos são altamente diversificados e sustentam uma ampla gama de pescarias. A pesca de camarões ocorre nas regiões equatoriais, subpolares e intermediárias. Grande parte da captura mundial de camarões é executada por grandes operações da pesca industrial, porém algumas das maiores pescarias se baseiam na pesca de pequena escala, incluindo operações não motorizadas. Entre os dez maiores países produtores de camarões incluem alguns dos mais ricos e as nações mais pobres do mundo. As gestões de algumas pescarias de camarões são eficazes e ilustram os potenciais benefícios da ordenação pesqueira assim como seus limites. Entretanto, outras importantes pescarias são como exemplos didáticos que mostram como a pesca predatória pode dissolver estes benefícios (Gillett 2008). A pesca de camarão é singular, em relação à controvérsia que gera. Kelleher (2005) demonstrou que a pesca de arrasto de camarão tropical geralmente têm elevadas taxas de devolução (*bycatch*) e representam mais de 27 % do total das devoluções estimadas em toda a pesca marítima do mundo. A pesca de arrasto, incluindo as pescarias de arrasto de camarão, tem sido comparada ao corte raso de floresta e acusadas de ser, em vez de uma prática de pesca mais um desperdício (Gillett 2008).

O total registrado da pesca de crustáceos na costa brasileira foi de 50 mil toneladas em 2007, sendo que de peneídeos foi de 35 mil toneladas (IBAMA 2007). A pesca industrial de camarão no Brasil aumentou o seu nível de exploração a partir de 1965. Tentativas de regulamentações têm sido propostas desde o final dos anos 1960, tais como a limitação da frota, o estabelecimento de um tamanho mínimo permitido de camarão e de malhas de rede, delimitação de áreas de pesca e criação de períodos de defeso. A maioria destas medidas foram direcionadas para *Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis* (Penaeidae), espécies de alto valor econômico, intensamente pescados no litoral sudeste e sul do Brasil (Valentini et al. 1991). A pesca do camarão-rosa é efetuada sobre seus dois estratos populacionais, com a captura de juvenis e pré-adultos em áreas estuarinas e lagunares (pesca artesanal) e a de adultos em águas oceânicas (pesca industrial) (D'Incao et al. 2002). Os mesmos autores caracterizaram o estado de sobrepesca para *F. paulensis*. Esse fato, provavelmente, foi causado pelo crescimento desordenado da frota industrial; incremento da pesca artesanal nas áreas de criadouro; minimização dos resultados esperados pela adoção do defeso, face à inconstância das diretrizes que o regem; e pequena eficácia da legislação pesqueira, associada à ineficiência da fiscalização.

### **3. Aquicultura no mundo**

A produção global de produtos aquícolas, incluindo peixes, crustáceos, moluscos e outros organismos aquáticos para consumo humano, atingiram 52,5 milhões de toneladas em 2008. A contribuição da aquicultura para a produção total

da pesca de captura e da aquicultura continuou a crescer, passando de 34,5 % em 2006 para 36,9 % em 2008. No período 1970-2008, a produção aquícola aumentou a uma taxa média anual de 8,3 %, enquanto a população mundial cresceu a uma média de 1,6 % ao ano. O resultado combinado do desenvolvimento da aquicultura mundial e da expansão da população mundial é que a média anual *per capita* do abastecimento alimentar pela aquicultura para o consumo humano aumentou em dez vezes, de 0,7 kg em 1970 para 7,8 kg em 2008, um taxa média de 6,6 % ao ano. Na China, o maior produtor do mundo em aquicultura, 80,2 % do peixe consumido como alimento em 2008 foi derivado da aquicultura, acima dos 23,6 % em 1970 (FAO 2010).

#### **4. Importância e riscos da aquicultura marinha**

A população mundial projetada se encontra dentro das estimativas atuais da capacidade de carga imposta pela disponibilidade de água doce, estimada em 10 a 16 bilhões de pessoas utilizando-a de maneira conservadora (Cohen 1995). Entretanto, a média de consumo de água *per capita* já supera em 50 % o consumo estimado acima, sugerindo uma capacidade de suporte menor que o esperado. Estas estimativas sugerem que a disponibilidade de água para produção de alimentos converteu-se em um gargalo para a população humana no século 21, uma situação já alcançada em muitas regiões densamente povoadas do mundo (Ásia e África, por exemplo). Os oceanos e ambientes costeiros são os lugares onde a água doce não é utilizada para produção de alimentos, seja através da pesca, ou cada vez mais com a aquicultura. O aumento da produção de alimentos

por meio da utilização dos oceanos e áreas costeiras pode auxiliar a humanidade diminuir a pressão sobre os recursos de água doce (Olsen *et al.* 2008).

Em contrapartida, a conversão dos ecossistemas costeiros (principalmente manguezais) em instalações aquícolas, destrói locais de absorções naturais de carbono e agrava os problemas associados às mudanças dos oceanos como inundações, intensidade das tempestades e a elevação do nível do mar. Esta falta de barreiras naturais também ameaça as próprias instalações de cultivo, prejudicando as estratégias de produção de alimentos. Além disso, poluentes (por exemplo: nutrientes, antibióticos, corretivos de pH) associados com a aquicultura enfraquecem ecossistemas costeiros, potencialmente diminuindo a resiliência às mudanças climáticas. Finalmente, grande parte do alimento utilizado em operações de aquicultura vem da captura pesqueira, como óleo e farinha de peixe, assim estes dois setores estão ligados uns aos outros e à mudança do clima e dos oceanos (Laffoley & Grimsditch 2009).

## **5. Aquicultura e carcinicultura no Brasil**

Devido a sua privilegiada extensão litorânea (8,5 mil km), seu mar territorial e sua Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de duzentas milhas (4,5 milhões km<sup>2</sup>) e mais de 2,5 milhões de hectares de áreas estuarinas, o Brasil apresenta excepcionais condições para a expansão da maricultura. Acompanhando a tendência mundial, a aquicultura brasileira também vem aumentando sua participação na produção de pescados. Em 1995, eram produzidos apenas 46 mil toneladas (ou 7,1 % da produção total), mas em 2009 esta taxa passou para 33 %,

ou 415 mil toneladas. Se a aquicultura tem se mostrado uma atividade importante na produção de pescado, a expansão da maricultura se torna estratégica, pois apesar das reservas de água doce ainda serem elevadas, elas são esgotáveis, tornando-se cada vez mais valorizadas. Entretanto, a participação da maricultura foi de apenas 18,8 % do total da aquicultura no Brasil (MPA 2010).

A carcinicultura brasileira teve grande avanço nos últimos 20 anos. A produção brasileira está baseada no cultivo do camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), espécie introduzida na década de 1980. Na primeira metade dos anos 1990, com o domínio da produção de pós-larvas em laboratório, os produtores brasileiros passaram a cultivar basicamente essa espécie de camarão. Os excelentes resultados zootécnicos levaram a um período de expansão da atividade, que culminou com uma produção recorde de 90 mil toneladas em 2003. O surgimento de enfermidades, aliado aos problemas de câmbio e comércio exterior, fez com que a atividade entrasse em crise a partir de 2004, embora, venha apresentando sinais de recuperação. Em 2010, a produção brasileira de camarões marinhos foi de 80 mil toneladas (ABCC 2011), sendo que a maior parcela da produção (98 %) comercializada no mercado interno. Na região Nordeste, que responde por mais de 95 % da produção brasileira, a atividade tem caráter empresarial e cadeia produtiva organizada. Embora a atividade se caracterize pela utilização de áreas relativamente extensas, Atualmente existe uma tendência de migração para cultivos intensivos em áreas menores, com uso de tecnologias de recirculação, bioflocos e reciclagem, minimizando os impactos ambientais. A crise que o setor vem experimentando desde 2004 reforçou ainda

mais a necessidade de mudanças no seu sistema de produção (Cavalli & Ferreira 2010).

## 6. O Camarão Rosa *Farfantepenaeus paulensis*

O camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante 1967) é uma espécie nativa do Atlântico Sul que tem sua área de distribuição compreendida desde o litoral nordeste brasileiro (Ilhéus, 14° S) até o litoral nordeste da Argentina (Mar del Plata, 38° S) (D’Incao 1995). O ciclo de vida desta espécie compreende um estágio adulto em regiões de plataforma, onde ocorrem a reprodução e desova, resultando em ovos demersais dos quais eclodem larvas planctônicas na fase de nauplius. Estas larvas passam ainda pelos estágios de protozoa e mysis antes de atingirem a condição de pós-larva. As pós-larvas, ainda planctônicas, penetram em ambientes costeiros (baías e/ou zonas estuarinas) onde passam a ocupar o ambiente bentônico, quando recebem a denominação de juvenis. Nestes ambientes os camarões permanecem por cerca de três a quatro meses, quando então migram para o oceano e atingem a fase adulta, completando seu ciclo de vida (Fig. 1) (Iwai 1978, D’Incao 1983).

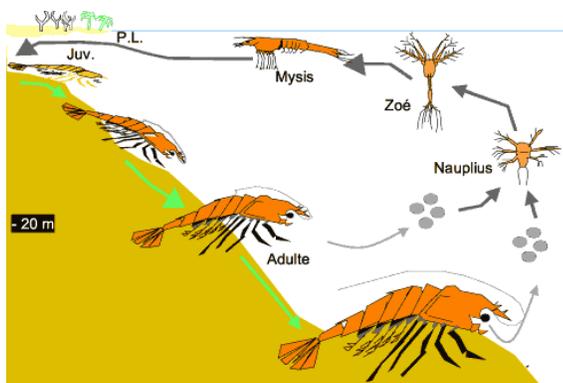


Figura 1. Ciclo de vida do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*. Fonte: EMA/IO-FURG.

Após uma reestruturação da sistemática da família Penaeidae, proposta por Pérez Farfante & Kensley (1997) e baseada principalmente na análise das estruturas reprodutivas dos camarões, a atual classificação taxonômica para o *F. paulensis* é a seguinte:

Subfilo Crustacea (Pennant 1777)

Classe Malacostraca (Latreille 1806)

Subclasse Eumalacostraca (Grobber 1892)

Superordem Eucarida (Calman 1904)

Ordem Decapoda (Latreille 1903)

Subordem Dendrobranchiata (Bate 1888)

Superfamília Penaeoidea (Rafinesque 1815)

Família Penaeidae (Rafinesque 1815)

Gênero *Farfantepenaeus*

Espécie *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante 1967)



Figura 2. Espécime adulto de camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*. Foto W. Wasielesky Jr.

## **7. Aquicultura e pesquisas do camarão rosa *F. paulensis* no sul do Brasil**

O camarão rosa *F. paulensis* foi cultivado comercialmente em fazendas na região sul do Brasil até o final da década de 1990, quando então foi substituído pela espécie *Litopenaeus vannamei*. Os motivos principais foram às baixas produtividades obtidas devido, principalmente, ao crescimento lento e as baixas densidades de cultivo suportadas. No Rio Grande do Sul, pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande, iniciaram na década de 1990 o desenvolvimento de um pacote tecnológico para o cultivo desta espécie. Paralelamente, houve estudos por pesquisadores de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, principalmente devido à distribuição geográfica da espécie e importância para as pescarias no litoral sudeste e sul do Brasil. Foram realizados estudos sobre reprodução e maturação por Cavalli *et al.* 1997, Peixoto *et al.* (2002, 2004, 2005, 2008 e 2010), Almeida *et al.* (2004), Nakayama *et al.* (2008 e 2009) e Braga *et al.* (2010). Estudos no setor de larvicultura foram realizados por Wasielesky *et al.* (1994), Ostrensky & Wasielesky (1995), Vinatea & Andreatta (1997), Hennig & Andreatta (1998), Silva & Cavalli (1999), Santos *et al.* (2000), Tsuzuki *et al.* (2000), Jensen *et al.* (2006) e Martins *et al.* (2006). Experimentos sobre nutrição dos camarões cultivados foram realizados por Lemos *et al.* (1999, 2001a, 2001b), Pontes & Andreatta (2003), Cavalli *et al.* (2004, 2008), Fróes *et al.* (2007) e Abe *et al.* (2008). Experimentos com estruturas alternativas, tais como cercados (Figura 3) foram realizados por Wasielesky *et al.* (1999, 2001), Jorgensen & Bemvenuti (2001), Wasielesky *et al.* (2004) e, Soares *et al.* (2004,

2005). Experimentos em gaiolas (tanques-rede) (Figura 4) foram elaborados por Jensen Vaz *et al.* (2004), Preto *et al.* (2005, 2009), Krummenauer *et al.* (2006), Lopes *et al.* (2009) e Wasielesky *et al.* (2011). Estudos sobre desempenho da espécie em viveiros escavados (Figura 5) foram elaborados por Ostrensky & Pestana (2000) e Peixoto *et al.* (2003). Experimentos sobre aspectos nutricionais e de qualidade de água com utilização de substratos artificiais para formação de biofilme foram realizados por Thompson *et al.* (1999, 2002), Ballester *et al.* (2003, 2007), Oliveira *et al.* (2006) e Fernandes da Silva *et al.*, (2008). Experimentos sobre utilização do sistema de flocos microbianos (bioflocos) foram elaborados por Emerenciano *et al.* (2007, 2011), Ballester *et al.* (2010), Fóes *et al.* (2011).



Figura 3. Estruturas de cultivo alternativas com baixo custo de produção para o camarão rosa *F. paulensis*. Cercado. Fonte: D Krummenauer.



Figura 4. Estruturas de cultivo alternativas com baixo custo de produção para o camarão rosa *F. paulensis*. Tanques redes (gaiolas). Fonte: D Krummenauer.



Figura 4. Fazenda Borges, no estado do Paraná, o último empreendimento comercial que cultivou a espécie *F. paulensis* em viveiros. Fonte: Google Earth.

Apesar dessa série de estudos realizados por diferentes autores, a espécie não é utilizada para a produção comercial, refletindo na necessidade de estudos que melhorem as taxas de crescimento, sobrevivência e produtividades em cativeiro.

## **8. Antecedentes e justificativas**

### **8.1 Intensificação da produção de camarões marinhos**

Após constante crescimento, especialmente durante as últimas quatro décadas, a aquicultura está em posição de proporcionar metade do pescado consumido pela população humana mundial (FAO 2009). As espécies marinhas colaboram com 34 % da produção de crustáceos e peixes cultivados, entretanto fornecem somente 11,5 % de todos os frutos do mar, tanto das pescarias quanto da aquicultura (FAO 2009). Dois obstáculos primários impedem o crescimento sustentável da aquicultura marinha: o uso de proteína e óleo de peixe como componentes das rações e as interações das estruturas de cultivo com o ambiente circundante (Naylor *et al.* 1998, 2000, Gatlin *et al.* 2007, Tal *et al.* 2009). Alguns exemplos de interações com o ambiente: gaiolas de produção, cercados e viveiros escavados situados em regiões costeiras liberam nutrientes e compostos químicos que geram eutrofização para o ambiente marinho (Naylor *et al.* 2000, Gyllenhammar & Hakanson 2005). O impacto nos estoques selvagens devido ao cruzamento com animais que escapam do cativeiro reduzem a aptidão física das populações nativas (Naylor *et al.* 2005). Também a competição pelos recursos naturais entre os animais que escaparam de cativeiros com as populações indígenas (Soto *et al.* 2001) e a possibilidade de transmissão de doenças pelos animais cultivados para os espécimes selvagens (Naylor *et al.* 2000).

A expansão futura da produção de organismos marinhos por meio da aquicultura depende de nossa habilidade para reduzir o risco destas interações

ambientais e seus impactos. Em alguns casos, estes desafios estão sendo superados com a intensificação das operações de cultivo em ambientes menores e mais controlados, reduzindo possibilidade de fuga de espécimes. Sistemas extensivos requerem disponibilidade de grandes extensões de áreas próximas a corpos de água, que estão cada vez mais escassas devido a especulação imobiliária e restrições ambientais.

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 circundante. Entretanto, um efeito inseparável da intensificação é o rápido acúmulo de resíduos alimentares, compostos nitrogenados tóxicos e matéria orgânica. Apenas 15 a 30 % dos nutrientes fornecidos como ração são transformados em biomassa dos organismos cultivados, o resto é perdido para o sedimento ou liberado como efluente e para atmosfera (Gross *et al.* 2000). Isto resulta em dois grandes problemas: o primeiro problema é a deterioração da qualidade de água causada pelas altas concentrações de metabólitos, sendo necessária renovação diária de grandes volumes de água e o segundo é o baixo aproveitamento da ração pelos organismos cultivados (Boyd 2003).

Em algumas áreas onde existe a atividade de cultivo de camarões em grande escala e associada com práticas de manejo intensivas, o enriquecimento orgânico excessivo do substrato também ocorre. Este tipo de degradação ambiental reduz a produtividade das fazendas e aumenta o estresse, muitas vezes acarretando doenças aos camarões vulneráveis, dizimando produções em muitas

regiões (Browdy *et al.* 2001). A maioria das fazendas utiliza taxas de renovação de água relativamente elevadas para manter a qualidade da água em seus sistemas de produção. Isto resulta na liberação de resíduos diretamente nas águas adjacentes. Por exemplo, anualmente em torno de 43 bilhões de toneladas de águas residuais provenientes de fazendas de produção de camarões entram nas águas costeiras da China, em comparação com 4 bilhões de toneladas de efluentes industriais (Stokstad 2010).

## **8.2 Utilização de espécies exóticas**

A utilização de espécies exóticas para o aumento da produção de alimentos é uma prática estabelecida desde o século XIX. A controvérsia sobre a utilização de espécies exóticas decorre de sucessos amplamente divulgados e fracassos espetaculares. O banco de dados da FAO sobre introduções de espécies aquáticas (DIAS) reporta que o desenvolvimento da aquicultura tem sido o principal motivo para a maioria dessas introduções, respondendo por 40 % dos casos. Também indicou que o número de introduções (65 % intencionais) aumentou exponencialmente desde 1940 (Fegan *et al.* 2001). Os riscos e os amplos impactos ecológicos das introduções de camarões ainda são pouco compreendidos, mas os dados estão centrados na introdução involuntária de patógenos (principalmente vírus), juntamente com os seus hospedeiros camarões. Esses vírus têm a capacidade demonstrada para se espalhar rapidamente através de comercialização de camarões vivos, frescos e congelados, podendo causar graves prejuízos para as populações de camarões cultivados e selvagens e

também prejuízos socioeconômicos para os habitantes das regiões envolvidas (Briggs *et al.* 2004). No Brasil, ocorreu em 2005 o primeiro registro da enfermidade viral denominada “vírus da mancha branca” no Oceano Atlântico, em fazendas do Estado de Santa Catarina. Assim como relatado em outros países, os efeitos da enfermidade nessa região foram desastrosos, provocando queda de aproximadamente 95 % na produção, que passou de 4189 toneladas em 2004, para 172 toneladas em 2009 (Costa *et al.* 2010).

### **8.3 Sistemas alternativos de produção**

Com objetivo de diminuir os potenciais impactos que a aquicultura pode causar nos ambientes costeiros, várias ações podem ser efetuadas, sendo algumas delas apresentadas abaixo:

- Reduzir a conversão de valiosos ecossistemas marinhos em instalações aquícolas;
- Somente autorizar novas instalações após minuciosa avaliação de impacto ambiental, determinando a capacidade da área em questão e inserindo os efeitos sobre os sistemas envolventes;
- Promover projetos de aquicultura “inland”, e adotar estratégias de ordenamento de território nas zonas costeiras e marinhas;
- Gerenciar as instalações aquícolas, no sentido de minimizar a poluição por efluentes, através da aplicação de alimentos e medicamentos de forma

responsável, apoiando o policultivo e, em alguns casos, filtragem ativa de águas residuais;

- Promoção do uso de espécies nativas em todos os projetos de aquicultura, como prevenção de introduções acidentais de espécies exóticas;
- Apoio ao cultivo de espécies herbívoras sobre espécies carnívoras;
- Assegurar que as instalações aquícolas tomem as medidas necessárias para impedir a fuga dos indivíduos cultivados (Herr & Galland 2009).

Dentro deste contexto, vários estudos surgiram com objetivo de possibilitar o cultivo de camarões em sistemas ambientalmente amigáveis, reduzindo ou até mesmo eliminando os impactos negativos da atividade. Por exemplo, a redução na liberação de água para o ambiente durante a produção de camarões tem sido obtida através de sistemas fechados de recirculação (Reid & Arnold 1992; Samocha *et al.* 2002; Mishra *et al.* 2008). Entretanto, tais sistemas possuem altos custos de instalação e operação (Ebeling & Timmons 2007).

Uma alternativa aos sistemas de recirculação poderia ser a utilização de substratos verticais que promovem a formação do biofilme, que pode ser definido como um consórcio de microorganismos (bactérias, cianobactérias, microalgas, protozoários, pequenos metazoários) associados a uma matriz orgânica que se forma sobre superfícies submersas (Ramesh *et al.* 1999) (Figura 6).



Figura 6. Camarões se alimentando do biofilme em uma unidade experimental.  
Fonte: D Krummenauer.

O biofilme pode contribuir para a produção de organismos aquáticos, pois é uma rica fonte nutricional, resultando em aumento da sobrevivência e do crescimento dos organismos cultivados. Além disso, os microorganismos presentes no biofilme também contribuem para a manutenção da qualidade da água do cultivo (Thompson *et al.* 2002). Moriarty (1997) destacou que os microorganismos desempenham papel fundamental também em sistemas de cultivo, em relação à produtividade, ciclagem de nutrientes, nutrição dos animais cultivados, qualidade da água e do sedimento, controle de doenças e impacto ambiental dos efluentes.

Outra alternativa para elaboração de cultivos sustentáveis seria o sistema sem renovação de água, no qual a adição de material orgânico, contendo uma razão balanceada de carbono e nitrogênio, juntamente com alta aeração e a mistura contínua da água são empregadas para manejar a comunidade

microbiana, contribuindo para a formação de flocos microbianos, ricos em bactérias e fitoplâncton (McIntosh 2000; Burford *et al.* 2003, 2004) (Figura 7).

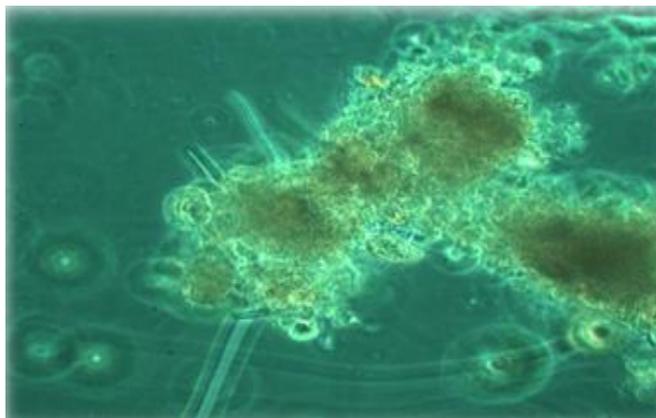


Figura 7. Foto micrografia dos flocos microbianos. Aumento de 400x. Fonte: E Ballester.

Estes sistemas têm o benefício da absorção bacteriana do nitrogênio, incluindo amônia e conversão da amônia em proteína celular, que também fornece uma fonte suplementar de nutrição (McIntosh 2000; Burford *et al.* 2004; Wasielesky *et al.* 2006). Azam *et al.* (1983) propuseram a hipótese da “alça microbiana” por meio da qual a energia transformada em matéria orgânica dissolvida pelo fitoplâncton é usada pelas bactérias que são consumidas por flagelados heterotróficos. Flagelados são, por sua vez, predados por ciliados maiores e pelo microzooplâncton, os quais ligam o carbono microbiano para níveis tróficos mais elevados. A “alça microbiana” possui um importante papel em ecossistemas eutróficos, incluindo viveiros de cultivo de camarões (Azam *et al.* 2002). Avnimelech (2000) afirmou que a presença de microorganismos nos tanques de cultivo aumenta a eficiência da conversão proteica de 20-25 % para 45 %, pois eles convertem o nitrogênio inorgânico presente na água e disponibilizam

na forma de proteína microbiana, que é ingerida pelos organismos cultivados, sendo assim possível a utilização de menor teor de proteína bruta nas rações, reduzindo o custo de produção e diminuindo a utilização de farinha e óleo de peixe, ingredientes com elevados custos econômicos e ambientais (Browdy *et al.* 2001; Moss 2002; Samocha *et al.* 2002). Burford *et al.* (2004) relataram que mais de 29 % do alimento consumido por *Litopenaeus vannamei* pode ser proveniente do floco microbiano presente neste sistema, demonstrando assim a sua viabilidade. Em relação à necessidade de renovação da água, no sistema de cultivo de camarões em flocos microbianos já foi alcançada a produção de 1 kg de camarão utilizando 160 litros de água (Otoshi *et al.* 2006) enquanto nos sistemas convencionais são utilizados até 64000 litros de água para produzir 1 kg de camarão (Hopkins *et al.* 1993).

A tecnologia para produção intensiva foi desenvolvida e por consequência tem alcançado melhores resultados para a espécie *L. vannamei*, a qual possui um pacote tecnológico estabelecido (Cohen *et al.* 2005). Em contraste, produções intensivas para outras espécies são menos estudadas e só recentemente resultados importantes foram alcançados. Por exemplo, para *Penaeus monodon* obteve-se crescimento desde PL 15 até 1,17 g em 56 dias de cultivo e sobrevivência de 88 %, na densidade de 1000 cam m<sup>2</sup> (Arnold *et al.* 2006). Para *F. paulensis*, experimentos foram realizados apenas com ênfase nos períodos de larvicultura e berçário (Emerenciano *et al.* 2007, 2011, Ballester *et al.* 2010, Fóes *et al.* 2011).

## 9. Objetivos e estrutura da tese

Os objetivos que compõem esta Tese abordam aspectos das técnicas de aquicultura utilizadas para o camarão rosa *F. paulensis*, em sistemas de cultivo tradicionais e também o emprego de sistemas de cultivo intensivos com utilização de substratos verticais e utilização do sistema de flocos microbianos (bioflocos) sem renovação de água. Em todos os experimentos, além de considerar a contribuição das técnicas de cultivo para aumentar o crescimento e produtividade, houve interesse na possibilidade que estas técnicas auxiliem na redução dos possíveis impactos ao ambiente adjacente.

Os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

**a)** Analisar a importância do sedimento no cultivo intensivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*, comparando o desempenho dos juvenis, a qualidade da água durante o cultivo, a necessidade de renovação de água e as mudanças na composição da comunidade de microorganismos na coluna da água (Capítulo 1, Anexo 1);

**b)** Analisar a contribuição dos substratos verticais para formação de biofilme e dos flocos microbianos (bioflocos) no cultivo intensificado do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*, comparando o desempenho zootécnico de juvenis, a qualidade da água durante o cultivo, a necessidade de renovação de água e as mudanças na composição da comunidade de microorganismos (Capítulo 2, Anexo 2);

**c)** Analisar a contribuição do sistema de cultivo em flocos microbianos (bioflocos) sem renovação de água, na sobrevivência, crescimento e produtividade

de pós-larvas de *Farfantepenaeus paulensis*, mantidas em berçários em elevadas densidades de estocagem (Capítulo 3, Anexo 3);

**d)** Analisar a contribuição do sistema de cultivo em flocos microbianos (bioflocos) sem renovação de água, no cultivo de juvenis do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*, em diferentes densidades de cultivo intensivas, para a espécie, comparando a sobrevivência, o crescimento, a produtividade e a comunidade de microorganismos na coluna da água (Capítulo 4, Anexo 4).

**e)** Analisar a influência do declínio da temperatura na produção do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* em diferentes densidades de estocagem, verificando a sobrevivência, crescimento e a produtividade (Capítulo 5, Anexo 5).

O resumo dos resultados de cada um destes estudos é descrito nos capítulos de 1 a 5. E as suas versões completas (artigos na forma original de publicação ou de submissão) encontram-se nos anexos de I a V.

## METODOLOGIA GERAL

---

### 1. Local de realização dos experimentos

Os experimentos foram realizados nas instalações da Estação Marinha de Aquicultura/IO-FURG (Fig. 8) que está localizada na praia do Cassino, cidade do Rio Grande/RS.



Figura 8. Vista Aérea da Estação Marinha de Aquicultura/IO da FURG, no Balneário Cassino, cidade do Rio Grande, RS. Fonte: Paulo Iribarrem.

### 2. Obtenção dos animais experimentais

Todos os camarões utilizados nos experimentos foram produzidos EMA/IO-FURG. Os nauplius utilizados para a larvicultura foram provenientes do setor de maturação da própria EMA e obtidos a partir de reprodutores capturados em mar aberto (Figura 9), no litoral do estado de Santa Catarina.



Figura 9. Captura de reprodutores de *F. paulensis* em embarcação da frota industrial em Santa Catarina. Fonte: D Krummenauer.

Após a captura, os reprodutores foram transportados via terrestre para o laboratório (Figura 10) e, na chegada levados ao laboratório de maturação e colocados em tanques circulares de concreto (área de 10 m<sup>2</sup>, volume de 5000 L) (Fig. 11).



Figura 10. Carreta rodoviária e as caixas de transporte contendo os camarões reprodutores capturados. Fonte: A Braga



Figura 11. Sala de maturação dos reprodutores na EMA/FURG. Fonte: W Wasielesky Jr.

Depois de um período de aclimação, que pode variar entre 5 a 10 dias, foi iniciado o processo de indução a maturação através de controle hormonal (ablação unilateral do pedúnculo ocular), ambiental (alteração do foto período para 14 horas no claro e 10 horas no escuro, manutenção da temperatura da água entre 26 e 29 °C e salinidade entre 30 e 34) e nutricional (alimentação variada com ração para maturação, siris, lulas, mexilhões e peixes). O monitoramento do desenvolvimento gonadal foi realizado diariamente no final da tarde, sendo que as fêmeas prestes a desovar foram transferidas para tanques circulares individuais (150 L) no setor de desova da EMA (Figura 12) onde permaneceram até a manhã seguinte, quando foram retiradas amostras para checagem da desova e do percentual de fertilização dos ovos.



Figura12. Sala de desovas de fêmeas maduras, ao lado do setor de maturação da EMA/IO-FURG. Fonte: W Wasielesky Jr.

Os ovos viáveis foram desinfetados com solução de formalina (100 ppm) e iodo (20 ppm) e então transferidos para incubadoras cilindro cônicas (500 L) permanecendo por um período de aproximadamente 24 horas até a eclosão. O detalhamento da metodologia empregada para a maturação e desova de *F. paulensis* na EMA/IO-FURG pode ser encontrada nos trabalhos de Cavalli *et al.* (1997) e Peixoto *et al.* (2005). Após aproximadamente 18 horas de incubação dos ovos ocorre a eclosão dos nauplius, que são concentrados com o auxílio de uma fonte luminosa, contados e então transferidos para os tanques da sala de larvicultura da EMA (Fig. 13).



Figura 13. Sala de larvicultura de camarões da EMA/FURG. Fonte: W Wasielesky Jr.

A sala de larvicultura de camarão marinho da EMA/IO-FURG conta com nove tanques de fibra em formato de “U” com volume útil de 11 m<sup>3</sup> de água. A densidade de estocagem inicial empregada nos tanques de larvicultura é em torno de 300-500 nauplius L<sup>-1</sup> e a densidade final de cultivo fica em torno de 100-150 pós-larvas L<sup>-1</sup>.

Durante a larvicultura, o camarão passa por três fases larvais:

- nauplius – seis estádios (alimentação vitelínica);
- protozoa – três estádios (início da alimentação exógena);
- mísis – três estádios.

Após o estágio de mísis III a larva sofre a última metamorfose atingindo a fase de pós-larva (Fig. 14).

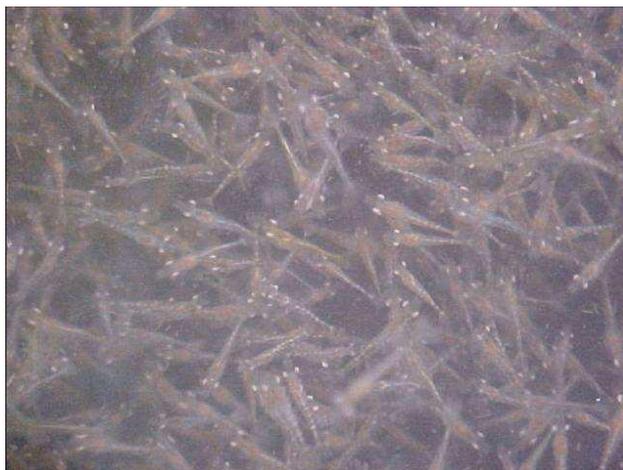


Figura 14. Pós-larvas de *F. paulensis* produzidas no setor de Larvicultura do Laboratório de Carcinocultura da FURG.

A alimentação das larvas é feita com fitoplâncton. A partir do estágio de protozoa I, são utilizadas algas diatomáceas para alimentação das larvas de camarão e que também auxiliam na manutenção da qualidade da água. A partir do estágio de protozoa II são utilizadas rações comerciais, produzidas especificamente para cada estágio de desenvolvimento larval do camarão. A partir do estágio de mÍsis I é fornecido zooplâncton (nauplius de *Artemia* sp. congelados) e quando os camarões atingem o estágio de pós-larva os nauplius de *Artemia* sp. são fornecidos vivos até o estágio de PL 20 (pós-larva após vinte dias de metamorfose).

Durante todo o período de larvicultura, amostras de larvas são retiradas diariamente para observação ao microscópio, quando são observados os estágios de desenvolvimento larval, preenchimento do trato digestivo, presença de necroses, desenvolvimento branquial e presença de epibiontes. Toda a

metodologia utilizada para a larvicultura do camarão rosa *F. paulensis* esta baseada nos trabalhos de Marchiori (1996) e Ballester et al. (2007).

As pós-larvas utilizadas para os experimentos da Tese foram mantidas nos tanques de larvicultura até o aproximadamente estágio de PL 25. Posteriormente estas pós-larvas foram transferidas para tanques berçário (Figura 15) onde foram alimentadas com ração comercial específica para esta fase e permaneceram até que os camarões atingissem maior tamanho para serem utilizados nos experimentos de engorda.



Figura 15. Tanques berçário onde os camarões permanecem até a transferência para as unidades experimentais. Fonte: W Wasielesky Jr.

O experimento realizado em ambiente externo foi conduzido na EMA/IO-FURG, em um viveiro escavado recoberto com PEAD nas instalações da Estação (Figura 16).



Figura 16. Viveiro de cultivo contendo as unidades construídas para realização de experimento em ambiente externo. Fonte: D Krummenauer.

Um experimento de comparação de densidades de pós larvas nesta Tese foi realizado dentro de uma estufa tipo 'greenhouse'. Foi utilizado um sistema de recirculação que bombeou água de um tanque de cultivo em produção com sistema de bioflocos (tanque matriz) para dentro de unidades experimentais, sendo que a água posteriormente retornava por gravidade (Figuras 17 e 18).

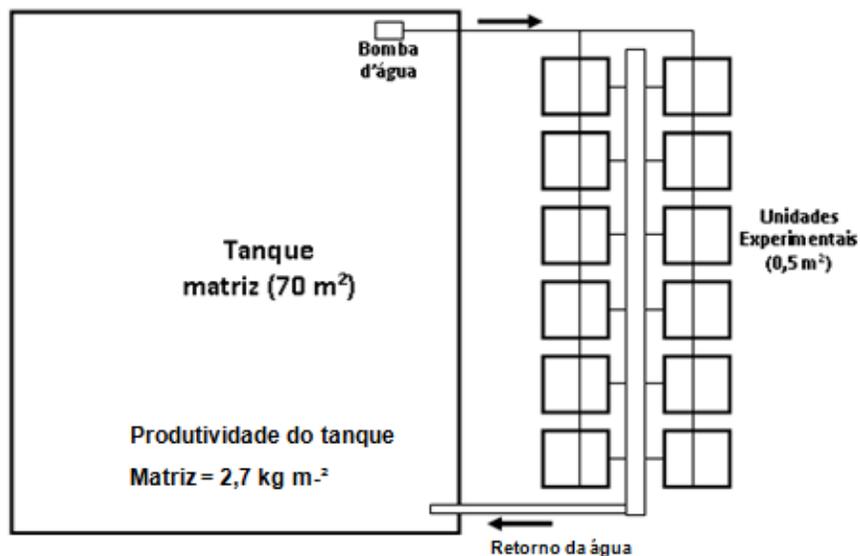


Figura 17. Desenho esquemático do sistema de recirculação utilizado para um experimento da Tese.



Figura 18. Sistema de recirculação em funcionamento, utilizando um tanque matriz. Fonte: G Fóes.

Três experimentos foram realizados em uma sala experimental, denominada GH 1 (Greenhouse 1). Neste local, as 15 unidades experimentais contaram com sistemas de bombeamento de água, aeração e aquecimento individualizados (Figura 19)



Figura19. Unidades experimentais utilizadas para experimentos na GH 1. Fonte: G Fóes.



Figura 20. Unidade experimental contendo substratos verticais para fixação de biofilme. Fonte: G Fóes.



Figura 21. Unidade experimental onde foi colocada uma camada de sedimento e juvenis de *F. paulensis*. Fonte: G Fóes.

### 3. Contagem de microorganismos

As contagens de microorganismos presentes no biofilme e bioflocos dos experimentos foram realizadas no Laboratório de Ecologia de Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos/IO-FURG. As amostras de água foram fixadas em solução de formol 4%. Para caracterização e contagem de microorganismos maiores como diatomáceas, flagelados, ciliados, rotíferos e nematódeos, sub amostras de 2,1ml foram colocadas em câmara de sedimentação. Foram contados no mínimo 30 campos por câmara, escolhidos aleatoriamente, utilizando microscópio invertido Zeiss Axiovert equipado com contraste de fase, a magnificação final utilizada foi de 200 a 400x (Utermöhl 1958).

## CAPÍTULO 1

---

**IMPORTÂNCIA DO SEDIMENTO PARA OS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA, PARA OS MICROORGANISMOS E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DO CAMARÃO ROSA *Farfantepenaeus paulensis*.**

---

<sup>1</sup> Artigo no formato de submissão para a revista Atlântica.

<sup>2</sup> A forma integral deste estudo encontra-se no Anexo I desta Tese.

## RESUMO

O objetivo do experimento foi analisar a importância da presença de sedimento nos parâmetros físicos e químicos, nas relações entre os microorganismos e no desempenho zootécnico do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em densidades de estocagem elevadas (50 camarões m<sup>-2</sup>). Juvenis (2,93 g) foram estocados em unidades experimentais com área de 1,4 m<sup>2</sup>, na densidade de 50 camarões m<sup>-2</sup>, durante 42 dias. Três unidades formaram o tratamento SED, onde foi colocada uma camada de 10 cm de sedimento (solo de duna arenosa de praia) cobrindo o fundo da unidade. Três unidades formaram o tratamento SED+ORG, onde foi colocada uma camada de 10 cm de sedimento com produtividade natural (sedimento coletado do estuário da Lagoa dos Patos) e um tratamento controle, onde em três unidades não foi colocado nenhum sedimento.

Os parâmetros de qualidade de água podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios e desvios padrões dos parâmetros de qualidade de água monitorados no experimento de comparação de sedimentos no desempenho de juvenis de camarões rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cultivo intensivo. SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

|  | SED + ORG                 | SED                      | CON                      |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Temperatura (°C)                       | 25,23 ± 1,32              | 25,43 ± 1,31             | 25,27 ± 1,39             |
| O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> ) | 6,19 ± 0,36               | 6,28 ± 0,38              | 6,23 ± 0,41              |
| pH                                     | 8,15 <sup>ab</sup> ± 0,10 | 8,18 <sup>a</sup> ± 0,08 | 8,11 <sup>b</sup> ± 0,11 |
| Salinidade                             | 31,0 ± 0,24               | 31,0 ± 0,33              | 30,9 ± 0,18              |
| Renovação total (%)                    | 342 ± 52                  | 350 ± 66                 | 367 ± 14                 |

Os resultados do experimento podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Peso médio inicial, peso médio final, crescimento semanal, sobrevivência, produtividade e conversão alimentar aparente (C.A.A.), obtidos no experimento de comparação entre diferentes sistemas de cultivo para *Farfantepenaeus paulensis*. Os tratamentos foram: SED+ORG (sedimentos com matéria orgânica); SED (sedimento sem matéria orgânica); CON (controle).

|                                     | SED+ORG                     | SED                         | CON                         |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Peso inicial (g)                    | 2,93 ± 0,72                 | 2,93 ± 0,72                 | 2,93 ± 0,72                 |
| Peso final (g)                      | 7,56 ± 1,84 <sup>a</sup>    | 6,51 ± 1,68 <sup>b</sup>    | 6,21 ± 1,70 <sup>b</sup>    |
| Crescimento (g sem <sup>-1</sup> )  | 0,77 ± 0,07                 | 0,60 ± 0,07                 | 0,52 ± 0,09                 |
| Sobrevivência (%)                   | 95,9 ± 2,0                  | 90,5 ± 5,1                  | 92,9 ± 4,5                  |
| Produtividade (kg m <sup>-2</sup> ) | 0,36 <sup>a</sup> ± 0,02    | 0,30 <sup>b</sup> ± 0,01    | 0,29 <sup>b</sup> ± 0,01    |
| C.A.A.                              | 1,12 ± 0,02: 1 <sup>a</sup> | 1,19 ± 0,04: 1 <sup>b</sup> | 1,22 ± 0,01: 1 <sup>c</sup> |

Neste experimento, o sedimento foi um fator que afetou o crescimento dos camarões. As diferenças nos resultados entre os tratamentos podem ser explicadas pelas diferenças nas composições dos solos e da biota presente. No final do experimento, os camarões do tratamento SED+ORG alcançaram peso médio significativamente maior ( $p < 0,05$ ) que os demais tratamentos, havendo também diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na produtividade. O estudo demonstra a importância do sedimento na produtividade para a espécie *F. paulensis* em densidade elevada de estocagem. Os resultados também confirmam que o aumento da produtividade ocorre não apenas pelo fornecimento de alimentos de melhor qualidade, mas também pela manutenção da qualidade de água e do solo. Ficou evidenciado que o aumento da produtividade ocorreu tanto pelo aumento da densidade de estocagem quanto pelo crescimento elevado, demonstrando que os camarões suportaram bem o adensamento.

## CAPÍTULO 2

---

### **CULTIVO INTENSIVO DO CAMARÃO ROSA *Farfantepenaeus paulensis*: UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS VERTICAIS E DE SISTEMA DE FLOCOS MICROBIANOS**

---

<sup>1</sup> Artigo no formato de submissão para a revista Atlântica.

<sup>2</sup> A forma integral deste estudo encontra-se no Anexo II desta Tese.

## RESUMO

Estratégias de cultivo tais como a utilização de substratos verticais e sistema de bioflocos tentam reduzir o impacto da renovação de água excessiva dos sistemas intensivos. O objetivo do estudo foi comparar os resultados de parâmetros de qualidade de água, desempenhos zootécnicos e relações entre os microorganismos no sistema de cultivo com utilização de substratos verticais, no sistema de flocos microbianos sem renovação de água, comparando-os com um tratamento controle no cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*. Juvenis (2,93 g) foram estocados em unidades experimentais com área de 1,4 m<sup>2</sup>, na densidade de 50 camarões m<sup>-2</sup>, durante 42 dias. Três unidades formaram o tratamento BIOFILME, onde substratos verticais foram colocados cinco dias antes do início do experimento. Três unidades formaram o tratamento BIOFLOCO, onde inóculo de 10 % de água de um cultivo utilizando este sistema foi colocado e os restantes 90 % enchidos com água filtrada. Três unidades formaram o tratamento CONTROLE, onde foi colocada apenas água filtrada e nenhum substrato.

Os resultados dos parâmetros de qualidade da água podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros de qualidade de água em cada tratamento durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*.

|  | Tratamentos      |                  |                  |
|--|------------------|------------------|------------------|
|  | BIOFILME         | BIOFLOCO         | CONTROLE         |
| Temperatura (°C)                       | 25,23 $\pm$ 0,30 | 24,94 $\pm$ 0,34 | 25,09 $\pm$ 0,34 |
| O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> ) | 6,29 $\pm$ 0,20  | 6,54 $\pm$ 0,11  | 6,23 $\pm$ 0,16  |

|                     |                          |                          |                          |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| pH                  | 8,11 ± 0,07 <sup>a</sup> | 8,25 ± 0,07 <sup>b</sup> | 8,11 ± 0,05 <sup>a</sup> |
| Salinidade          | 31,0 ± 0,13              | 31,2 ± 0,27              | 30,9 ± 0,18              |
| Renovação total (%) | 267 ± 38 <sup>b</sup>    | 0 <sup>a</sup>           | 342 ± 14 <sup>c</sup>    |

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05).

Os resultados zootécnicos do experimento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Peso médio final, crescimento semanal, sobrevivência, produtividade e conversão alimentar aparente (C.A.A.), obtidos no experimento de comparação entre diferentes sistemas de cultivo para *Farfantepenaeus paulensis*. Os tratamentos foram: BIOFLOCO; BIOFILME; CON (controle).

|                                    | BIOFLOCO                 | BIOFILME                  | CONTROLE                 |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Peso final (g)                     | 6,59 ± 1,46 <sup>a</sup> | 6,35 ± 1,34 <sup>ab</sup> | 6,21 ± 1,62 <sup>b</sup> |
| Crescimento (g sem <sup>-1</sup> ) | 0,60 ± 0,03              | 0,56 ± 0,03               | 0,52 ± 0,09              |
| Sobrevivência (%)                  | 89,8 ± 3,5 <sup>a</sup>  | 83,7 ± 2,0 <sup>b</sup>   | 92,9 ± 4,5 <sup>a</sup>  |
| Produtividade (g m <sup>-2</sup> ) | 295 ± 12                 | 266 ± 10                  | 288 ± 2                  |
| C.A.A.                             | 1,17: 1 <sup>a</sup>     | 1,23: 1 <sup>b</sup>      | 1,22: 1 <sup>b</sup>     |

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p<0,05).  
C.A.A. Conversão alimentar aparente.

No final do experimento, os camarões do tratamento BIOFLOCO apresentaram peso médio significativamente maior (p<0,05) que o tratamento controle (CON). Não houve diferença significativa de peso médio (p>0,05) entre o tratamento BIOFILME e os outros tratamentos. Houve diferença significativa (p<0,05) na percentagem total de renovação de água entre os tratamentos, pois a renovação no tratamento BIOFLOCO foi zero, e no tratamento BIOFILME menor que no tratamento CONTROLE. As produtividades dos tratamentos neste experimento foram elevadas, principalmente em relação à densidade usada,

considerada também elevada para a espécie. No presente trabalho, as produtividades chegaram a  $2950 \text{ kg ha}^{-1}$ .

## CAPÍTULO 3

---

**BERÇÁRIO DO CAMARÃO ROSA *Farfantepenaeus paulensis* COM  
TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS (SISTEMA BFT): SOBREVIVÊNCIA E  
CRESCIMENTO EM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM.**

---

<sup>1</sup> Artigo publicado na revista Journal of Shellfish Research.

<sup>2</sup> A forma integral deste estudo encontra-se no Anexo III desta Tese.

## RESUMO

Sistemas de cultivo em duas fases têm se tornados comuns na produção de camarões marinhos. Nestes sistemas, as pós-larvas de camarões são transferidas do laboratório para tanques intermediários denominados berçários, onde permanecem durante um período de tempo antes de serem transferidas para viveiros de produção. O estudo teve como finalidade comparar o crescimento, a sobrevivência e a produtividade de pós-larvas de *Farfantepenaeus paulensis* mantidas em berçário por um período de 30 dias, em diferentes densidades de estocagem e utilizando o sistema de flocos microbianos (BFT). Os camarões foram estocados nas densidades de 500, 1000, 1500 e 2000 m<sup>-2</sup>. Os resultados dos parâmetros zootécnicos do estudo podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de peso médio, sobrevivência e produtividade entre os tratamentos, durante o período de berçário em sistema de bioflocos e sem renovação de água para pós-larvas de *F. paulensis*.

| Densid.<br>(cam m <sup>-2</sup> ) | Peso médio (g) e desvio-padrão |                          |                          |                          | Sobreviv.<br>(%)        | Produtiv.<br>(g m <sup>-2</sup> ) |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|                                   | Dia 0                          | Dia 10                   | Dia 20                   | Dia 30                   |                         |                                   |
| 500                               | 0,008±0,001                    | 0,044±0,021 <sup>a</sup> | 0,161±0,094 <sup>a</sup> | 0,282±0,094 <sup>a</sup> | 94,0 ± 1,4 <sup>a</sup> | 132 ± 2 <sup>a</sup>              |
| 1000                              | 0,008±0,001                    | 0,040±0,023 <sup>a</sup> | 0,125±0,043 <sup>b</sup> | 0,224±0,090 <sup>b</sup> | 91,1 ± 7,7 <sup>a</sup> | 204 ± 17 <sup>b</sup>             |
| 1500                              | 0,008±0,001                    | 0,024±0,014 <sup>b</sup> | 0,093±0,048 <sup>c</sup> | 0,167±0,057 <sup>c</sup> | 90,4 ± 5,1 <sup>a</sup> | 226 ± 13 <sup>bc</sup>            |
| 2000                              | 0,008±0,001                    | 0,022±0,013 <sup>b</sup> | 0,083±0,040 <sup>c</sup> | 0,161±0,050 <sup>c</sup> | 85,9 ± 9,7 <sup>a</sup> | 276 ± 31 <sup>c</sup>             |

Letras iguais na mesma linha indicam que as médias não diferem significativamente (p>0,05).

Os tratamentos com as menores densidades de estocagem alcançaram os maiores pesos médios, enquanto que os tratamentos com as maiores densidades

de estocagem apresentaram as maiores produtividades. O estudo demonstrou que o uso do sistema BFT pode permitir o cultivo do camarão rosa *F. paulensis* em densidades elevadas em berçários, com resultados de sobrevivência elevados.

## CAPÍTULO 4

---

### **EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM NO CULTIVO DO CAMARÃO ROSA *Farfantepenaeus paulensis* EM SISTEMA DE FLOCOS MICROBIANOS NA FASE DE ENGORDA**

---

<sup>1</sup> Artigo no formato de submissão para a Revista Brasileira de Zootecnia.

<sup>2</sup> A forma integral deste estudo encontra-se no Anexo IV desta Tese.

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o emprego do sistema de cultivo com flocos microbianos (BFT) e os efeitos na sobrevivência e crescimento de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* utilizando diferentes densidades de estocagem. Analisou também as consequências do uso deste sistema em relação aos parâmetros físicos e químicos e na comunidade microbiana. Os camarões foram estocados nas seguintes densidades: 100, 150, 200, 250 e 300 camarões m<sup>-2</sup>, com três repetições por tratamento. O experimento teve duração de 50 dias. Não houve renovação e nem reposição de água (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros físicos químicos da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade) e percentagem de renovação de água. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

|  | Densidade de estocagem (cam m <sup>-2</sup> ) |                              |                              |                              |                              |
|--|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|  | 100   | 150                          | 200                          | 250                          | 300                          |
| Temp. (°C)                             | 26,3 $\pm$ 2,1                                | 26,4 $\pm$ 2,1               | 26,4 $\pm$ 2,0               | 26,1 $\pm$ 2,0               | 26,1 $\pm$ 2,3               |
| O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> ) | 6,71 $\pm$ 0,91                               | 6,78 $\pm$ 0,94              | 6,77 $\pm$ 0,93              | 6,75 $\pm$ 0,97              | 6,72 $\pm$ 0,97              |
| pH                                     | 8,16 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>                  | 8,06 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup> | 8,03 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup> | 7,96 $\pm$ 0,19 <sup>c</sup> | 7,78 $\pm$ 0,33 <sup>d</sup> |
| Salinidade                             | 36,6 $\pm$ 1,7                                | 37,7 $\pm$ 1,7               | 36,5 $\pm$ 0,8               | 37,4 $\pm$ 1,9               | 37,7 $\pm$ 1,8               |

Todos os parâmetros de qualidade de água, exceto o nitrito, estiveram sempre nas concentrações ideais para sobrevivência e crescimento da espécie.

Os resultados zootécnicos do experimento podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros zootécnicos do experimento de comparação de densidade para *F. paulensis* em sistema de bioflocos (BFT). Peso inicial, peso final, sobrevivência, crescimento semanal, taxa específica de crescimento (TEC), conversão alimentar aparente (C.A.A.) e produtividade.

|  | Densidade (cam m <sup>-2</sup> ) |     |     |     |     |
|--|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | 100                              | 150 | 200 | 250 | 300 |

|                                     |                          |                           |                           |                           |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Peso inicial (g)                    | 0,30 ± 0,07              | 0,30 ± 0,07               | 0,30 ± 0,07               | 0,30 ± 0,07               | 0,30 ± 0,07              |
| Peso final (g)                      | 2,25 ± 0,82 <sup>a</sup> | 2,27 ± 0,28 <sup>a</sup>  | 1,95 ± 0,24 <sup>b</sup>  | 1,86 ± 0,22 <sup>bc</sup> | 1,82 ± 0,22 <sup>c</sup> |
| Sobrevivência (%)                   | 58,0 ± 7,0               | 63,0 ± 11,0               | 57,1 ± 11,1               | 62,3 ± 15,9               | 63,1 ± 7,5               |
| Cresc. Semanal (g)                  | 0,28 ± 0,04              | 0,28 ± 0,01               | 0,24 ± 0,02               | 0,22 ± 0,03               | 0,22 ± 0,03              |
| TEC (% dia <sup>-1</sup> )          | 4,02 ± 0,24              | 4,05 ± 0,04               | 3,71 ± 0,14               | 3,71 ± 0,24               | 3,61 ± 0,19              |
| C.A.A.                              | 1,70 ± 0,39              | 1,57 ± 0,28               | 1,97 ± 0,29               | 1,80 ± 0,40               | 1,83 ± 0,38              |
| Produtividade (kg m <sup>-2</sup> ) | 0,13 ± 0,11 <sup>b</sup> | 0,22 ± 0,04 <sup>ab</sup> | 0,22 ± 0,04 <sup>ab</sup> | 0,30 ± 0,07 <sup>a</sup>  | 0,35 ± 0,08 <sup>a</sup> |

Letras diferentes indicam diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

O estudo demonstra que o sistema de cultivo com utilização de flocos microbianos (bioflocos) possui a capacidade de manter a qualidade de água favorável ao crescimento e sobrevivência de juvenis do camarão rosa *F. paulensis*, mesmo sem nenhuma renovação de água durante o experimento. Os resultados também indicam que o crescimento de *F. paulensis* é dependente da densidade durante a engorda em sistema de flocos microbianos, havendo diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as densidades de estocagem. Os camarões estocados nas duas menores densidades atingiram os maiores pesos médios, entretanto as produtividades não tiveram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos, exceto entre os de menor densidade e o com maior densidade. As sobrevivências obtidas também confirmam que a espécie pode ser cultivada em densidades de estocagem relativamente altas. Entretanto, os crescimentos foram baixos. Experimentos devem ser realizados em densidades de estocagem menores, com objetivo de estimar as densidades ideais de cultivo.

## CAPÍTULO 5

---

**INFLUÊNCIA DO DECLÍNIO DA TEMPERATURA NA PRODUÇÃO DO CAMARÃO ROSA *Farfantepenaeus paulensis* EM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM.**

---

<sup>1</sup> Artigo submetido para a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).

<sup>2</sup> A forma integral deste estudo encontra-se no Anexo V desta Tese.

## RESUMO

A distribuição geográfica tropical e subtropical do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* sinaliza uma interessante opção para os sistemas de cultivos semi-intensivos na região sul do Brasil, devido principalmente sua capacidade de sobrevivência em baixas temperaturas. Este trabalho teve como objetivos analisar os efeitos da densidade de estocagem sobre o desempenho de juvenis de *F. paulensis* cultivados em um período de diminuição da temperatura. O experimento foi realizado dentro de um viveiro escavado na Estação Marinha de Aquicultura/IO-FURG. Foram montadas doze unidades experimentais (cercados) e testadas quatro densidades de estocagem: 10, 20, 30 e 40 camarões m<sup>-2</sup>. O experimento durou 80 dias. A temperatura no experimento oscilou entre o valor máximo de 33,6 °C e o valor mínimo de 13,1 °C, no período final do experimento.

Os resultados dos parâmetros físicos e químicos da água podem ser visualizados

Os resultados dos principais parâmetros zootécnicos do experimento de crescimento de juvenis de *F. paulensis* produzidos em diferentes densidades de estocagem em período de declínio de temperatura podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Pesos médios iniciais, finais, sobrevivência, conversão alimentar aparente e produtividade dos camarões cultivados em diferentes densidades de estocagem em condição de diminuição de temperatura.

|                  | Densidade (camarões m <sup>-2</sup> ) |                          |                          |                          |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                  | 10                                    | 20                       | 30                       | 40                       |
| Peso inicial (g) | 0,11 ± 0,01                           | 0,11 ± 0,01              | 0,11 ± 0,01              | 0,11 ± 0,01              |
| Peso final (g)   | 3,31 <sup>a</sup> ± 0,32              | 2,64 <sup>b</sup> ± 0,17 | 2,30 <sup>b</sup> ± 0,08 | 1,80 <sup>c</sup> ± 0,15 |

|                                      |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Sobrevivência (%)                    | 88,3 <sup>a</sup> ± 2,9  | 87,5 <sup>a</sup> ± 0,5  | 88,9 <sup>a</sup> ± 3,4  | 82,3 <sup>b</sup> ± 0,9  |
| C.A.A.                               | 1,86 <sup>a</sup> ± 0,04 | 1,89 <sup>a</sup> ± 0,05 | 1,95 <sup>a</sup> ± 0,08 | 2,12 <sup>b</sup> ± 0,05 |
| Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) | 292 <sup>c</sup> ± 14    | 462 <sup>b</sup> ± 53    | 616 <sup>a</sup> ± 14    | 592 <sup>a</sup> ± 52    |

Letras sobrescritas diferentes em uma mesma linha demonstram diferença estatística ( $p < 0,05$ ).

Os resultados indicam haver crescimento maior nos camarões cultivados na menor densidade, porém havendo maior produtividade nos tratamentos com maior densidade de estocagem. O principal resultado é a constatação da diminuição do ritmo de crescimento em todas as unidades a partir da diminuição gradativa da temperatura, entretanto não havendo diferença significativa de crescimento entre os tratamentos.

## CONCLUSÕES GERAIS

---

### Capítulo 1

O estudo demonstrou a importância da presença do sedimento de fundo no aumento de produtividade para a espécie *F. paulensis*, também em densidades elevadas. Demonstrou também que o aumento da produtividade ocorre não apenas pelo fornecimento de alimentos de melhor qualidade, mas também da manutenção da boa qualidade de água e do solo. Ainda, demonstrou que o aumento da produtividade dos camarões ocorreu tanto pelo aumento da densidade, quanto pelo crescimento elevado, demonstrando que os camarões desta espécie suportaram bem o adensamento, provavelmente devido à presença do sedimento.

### Capítulo 2

O estudo demonstrou que sistemas intensificados de cultivo com e sem renovação de água podem ser utilizados com sucesso para o crescimento do camarão rosa *F. paulensis*. Os resultados de crescimento e sobrevivência foram semelhantes a sistemas com menores densidades de estocagem, resultando em produtividades elevadas neste experimento. Além disso, o sistema sem renovação de água e com a presença de flocos microbianos, mostrou vantagens em relação aos sistemas com utilização de substratos verticais e com o controle, principalmente por não ter renovado a água durante o experimento. As

produtividades neste experimento foram elevadas, principalmente comparando com os dados históricos de produção comercial e também com estudos anteriores.

### **Capítulo 3**

Os resultados demonstraram que os crescimentos das pós larvas de *F. paulensis* são dependentes da densidade de estocagem durante a fase de berçário, utilizando o sistema de cultivo com flocos microbianos. Indicou também que este sistema é seguro para ser utilizado com esta espécie em elevadas densidades de estocagem. Os benefícios deste sistema se refletiram no crescimento, sobrevivência e produtividades obtidas.

### **Capítulo 4**

O estudo demonstrou que o sistema de flocos microbianos (bioflocos) possui a capacidade de manter a qualidade de água favorável ao crescimento e sobrevivência de juvenis do camarão rosa *F. paulensis*, em densidades de estocagem muito elevadas para a espécie e sem nenhuma renovação de água durante o experimento. Também demonstrou que o crescimento dos camarões foi dependente da densidade estocagem utilizada. O experimento evidenciou que os bioflocos provavelmente não foram utilizados como complemento nutricional aos camarões, devido ao baixo crescimento mesmo nas menores densidades. O estudo confirmou que a utilização do sistema de flocos microbianos (BFT) possibilita a não liberação de efluentes e a redução do espaço para produção devido a maiores densidades de estocagem, justificando assim os esforços para o

desenvolvimento de cultivos super intensivos com renovação mínima de água para esta espécie.

## **Capítulo 5**

Os resultados apresentados demonstraram a influência negativa da redução de temperatura sobre as taxas de crescimento dos camarões. Demonstraram também a influência negativa do aumento da densidade sobre a taxa de crescimento e sobrevivência dos camarões. Também evidenciaram que com a redução de temperatura, há diminuição da influência do aumento da densidade de estocagem sobre as taxas de crescimento dos camarões. Os dados demonstraram que a produção de juvenis de *F. paulensis* em períodos de diminuição de temperatura pode ser viável, principalmente se os objetivos finais forem o fornecimento de camarões na época de defeso para a espécie, para produção de iscas vivas para a pesca esportiva ou para manutenção de estoques de juvenis, visando melhor aproveitamento das instalações de cultivo nos períodos de temperatura elevada, quando as estruturas podem ser então estocadas com camarões maiores, aumentando a produtividade e diminuindo o tempo de cultivo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Durante a realização dos experimentos que constituem esta Tese, diferentes abordagens foram utilizadas para estimar a contribuição dos sistemas intensificados com mínima ou nenhuma renovação de água no desenvolvimento da atividade de cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*. Inicialmente, foi pesquisada a importância da presença do sedimento no aumento da densidade de estocagem, utilizando o sistema de cultivo convencional, que consiste na necessidade de renovação da água para redução da concentração dos compostos nitrogenados. A temperatura e as concentrações de oxigênio dissolvido foram mantidas em condições ideais. Foi analisada a importância da comunidade de microorganismos presentes no sedimento dos viveiros para a manutenção da qualidade da água e foram comparados os resultados zootécnicos. Os resultados demonstraram a importância do sedimento, pois houve taxas de crescimento e produtividades elevadas, mesmo sendo utilizadas densidades elevadas de estocagem para os padrões de cultivo da espécie.

O segundo experimento avaliou a utilização de sistemas de cultivo ambientalmente amigáveis, apresentando valores elevados de crescimento, sobrevivência e produtividade. Foi comparado o sistema de cultivo que utiliza substratos verticais para formação de biofilme e o sistema de flocos microbianos, sem renovação de água (BFT). Estudos anteriores tinham demonstrado a importância dos substratos verticais na formação do biofilme, entretanto não havia estudos realizados com camarões juvenis da espécie ( $\pm 3,0$  g) utilizando do

sistema de flocos microbianos. Os resultados demonstraram a importância do biofilme no desempenho zootécnico, mas principalmente a importância do sistema de flocos microbianos no crescimento e produtividade, pois não houve renovação de água.

O terceiro e quarto capítulos avaliaram a possibilidade de utilização do sistema de flocos microbianos nos períodos de berçário e de engorda de juvenis em diferentes densidades extremamente elevadas para a espécie. Os resultados se mostraram promissores com a utilização deste sistema, principalmente em berçários, pois os valores de sobrevivência foram elevados, mesmo para a maior densidade utilizada (2000 camarões m<sup>-2</sup>). Em relação ao cultivo dos juvenis, apesar das taxas de sobrevivência e as produtividades finais terem sido elevadas, o crescimento foi baixo. Cabe ressaltar que as densidades de estocagem foram as maiores já utilizadas em experimento de cultivo de juvenis de *F. paulensis* na fase de engorda.

Por último, foi dada atenção para o estudo do cultivo do camarão rosa *F. paulensis* levando em conta a realidade climática da região sul do Brasil, que é distinguida pela marcada diferença de temperatura entre as estações do ano. Os resultados apresentados revelaram fatos já conhecidos, tais como a influência negativa da redução de temperatura sobre as taxas de crescimento dos camarões. Foi demonstrada também a influência negativa do aumento da densidade sobre a taxa de crescimento e sobrevivência dos camarões. Entretanto, revelaram um dado interessante. Ficou evidenciado que, com a diminuição da temperatura, há também a redução da influência do aumento da densidade sobre a diminuição das

taxas de crescimento. Sendo assim, a produção de juvenis de *F. paulensis* em períodos de redução de temperatura pode ser viável, principalmente se os objetivos finais forem o fornecimento de camarões frescos na época de defeso da espécie, para produção de isca viva para a pesca esportiva, manutenção de reprodutores e manutenção de estoques intensificados (viveiros berçários) visando melhor aproveitamento dos períodos de temperatura elevada, quando os viveiros podem ser então estocados com camarões maiores, aumentando a produtividade.

De maneira geral, os resultados dos estudos que compõem esta Tese confirmaram que é possível intensificar o cultivo do camarão rosa *F. paulensis* e que essa intensificação não necessariamente ocasionaria os malefícios conhecidos desta prática. As sobrevivências e as produtividades foram elevadas e, além disso, mesmo nos experimentos com as maiores densidades de estocagem, não houve nenhuma renovação de água.

## BIBLIOGRAFIA

---

- ABE, MP, CN FRÓES, C PRENTICE-HERNÁNDEZ, W WASIELESKY & RO CAVALLI. 2008. Substituição da farinha de peixe por farelo de soja em dietas práticas para o camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*). *Ciência Rural*, 38(1): 19-224.
- ALLAN, GL & GB MAGUIRE. 1992. Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. *Aquaculture*, 107(1): 49-66.
- ALMEIDA, EA, RL PETERSEN, ER ANDREATA & ACD BAINY. 2004. Effects of captivity and eyestalk ablation on antioxidant status of shrimps (*Farfantepenaeus paulensis*). *Aquaculture*, 238: 523–528.
- ARNOLD, SJ, MJ SELLARS, PJ CROCOS & GJ COMAN. 2006. An evaluation of stocking density on the intensive production of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*). *Aquaculture*, 256: 174–179.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÕES (ABCC). 2011. Current status and trends in Brazilian shrimp farming .Disponível na internet no endereço: [http://www.abccam.com.br/abcc/images/stories/ltamar\\_Rocha\\_-\\_Current\\_status\\_and\\_trends\\_Brazilian\\_Revista\\_Infotish\\_-\\_2011.pdf](http://www.abccam.com.br/abcc/images/stories/ltamar_Rocha_-_Current_status_and_trends_Brazilian_Revista_Infotish_-_2011.pdf).
- AVNIMELECH, Y. 2000. Nitrogen control and protein recycling: activated suspension ponds. *Global Aquaculture Advocate*, abril: 23–24.

- AZAM, F, T, FENCHEL JG .FIELD, JS GRAF, LA. MEYER-REIL & F THINGSTAD. 1983. The Ecological Role of Water-Column Microbes in the Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10: 257-263.
- AZAM, F, S HASKELL & F ROHWER. 2002. The microbial loop in aquaculture. In: LEE, C-S & P O'BRIEN (eds.) Microbial approaches to aquatic nutrition within environmentally sound aquaculture production systems. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, Chap. 6: 87-94.
- BALLESTER, ELC, WJ WASIELESKY, RO CAVALLI, MHS SANTOS & PC ABREU. 2003. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário. *Atlântica*, 25: 117–122.
- BALLESTER, ELC, W WASIELESKY, RO CAVALLI & PC ABREU. 2007. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture*, 269: 355–362.
- BALLESTER ELC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L ABREU & W WASIELESKY. 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquac. Nut.*, 16: 163-172.
- BOYD, CE. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm level. *Aquaculture*, 226: 101-112.
- BRAGA, AL, CL NAKAYAMA, JG MARTINS, EP COLARES & W WASIELESKY. 2010. Spermatophore quality of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*

- (Decapoda, Dendrobranchiata) broodstock fed with different maturation diets. *Aquaculture*, 307: 44–48.
- BRATVOLD, D & CL BROWDY. 2001. Effect of sand sediment and vertical surfaces (Aquamats) on production, water quality and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture*, 195(1-2): 81-94.
- BRIGGS, M, S FUNGE-SMITH, R SUBASINGHE & M PHILLIPS. 2004. Introductions and movement of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* in Asia and the Pacific. FAO (RAP) Publication 2004/10. Disponível na internet em: <http://www.fao.org/docrep/007/ad505e/ad505e09.htm#TopOfPage>. Acessado em 14/05/2011.
- BROWDY, CL, D BRATVOLD, AD STOKES & RP Mc INTOSH. 2001. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: BROWDY, CL & DE JORY (Eds.), The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, 20-34.
- BURFORD, MA, JP THOMPSON, R MCINTOSH, HR BAUMAN & CD PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero exchange shrimp pond in Belize. *Aquaculture*, 219: 393–411.
- BURFORD, MA, MJ SELLARS, SJ ARNOLD, SJ KEYS, PJ CROCOS & NP PRESTON. 2004. Contribution of the natural biota associated with substrates

- to the nutritional requirements of the post-larval shrimp, *Penaeus esculentus* (Haswell), in high-density rearing systems. *Aquac. Res.*, 35: 508–515.
- CASTELLO, JP. 2010. O Futuro da Pesca e da Aquicultura Marinha no Brasil: A Pesca Costeira. *Cienc. Cult.*, 62(3): 32-35.
- CAVALLI, RO, M SCARDUA & W WASIELESKY. 1997. Reproductive performance of different sized wild and pond-reared *Penaeus paulensis* females. *Journal of the WAS*, 28(3): 260-267.
- CAVALLI, RO, S ZIMMERMANN & RC SPECK. 2004. Growth and feed utilization of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* fed diets containing different marine protein sources. *Ciência Rural*, 34(3), 891-896.
- CAVALLI, RO, TC LEHNEN, MT KAMIMURA & WFB WASIELESKY. 2008. Desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* alimentadas com diferentes frequências durante a fase de berçário. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 30(3): 231-236.
- CAVALLI, RO, WJ WASIELESKY, S PEIXOTO, MHS SANTOS, L POERSCH & R SOARES. 2008. Shrimp farming as an alternative for artisanal fishermen communities: the case of Patos Lagoon, Brazil. *Braz. Arc. Biol. Tech.*, 51(5): 991-1001.
- CAVALLI, RO & JF FERREIRA. 2010. O Futuro da Pesca e da Aquicultura Marinha no Brasil: A Maricultura. *Ciênc. Cult.*, 62(3): 38-39.

- COHEN, JE. 1995. Population Growth and Earth's Human Carrying Capacity. *Science*, 269: 341-346.
- COHEN, JM, TM SAMOCHA, JM FOX, RL GANDY & AL LAWRENCE. 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacult. Eng.*, 32: 425–442.
- COSTA, SW, LRM VICENTE, TM SOUZA, ER ANDREATTA & MRF MARQUES. 2010. Parâmetros de cultivo e a enfermidade da mancha-branca em fazendas de camarões de Santa Catarina. *Pesq. Agropec. Bras.*, 45(12): 1521-1530.
- D'INCAO, F. 1983. Estudo do Crescimento e da Mortalidade de *Penaeus (Farfantepenaeus) paulensis* Pérez-Farfante, 1967, na Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Tese de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- D'INCAO, F. 1995. Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendobranchiata (Crustacea Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental. Curitiba, UFP. (Tese de Doutorado), 365p.
- D'INCAO, F, H VALENTINI & LF RODRIGUES. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Atlântica*, 20: 103-116.
- EBELING, JM & MB TIMMONS. 2007. Stoichiometry of ammonia–nitrogen removal in zero-exchange systems. *Journal of the WAS*, 38(2): 22–27.

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

EMERENCIANO, M, ELC BALLESTER, RO CAVALLI & W WASIELESKY. 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquac. Int.*, 19(5): 1-11.

FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION of the UNITED NATIONS (FAO) 2009. The State of World Fisheries and Aquaculture. Disponível na internet no endereço: <http://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm>. Acessado em 25/11/2009.

FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION of the UNITED NATIONS (FAO) 2010. The State of World Fisheries and Aquaculture. Disponível na internet no endereço: <http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e00.htm>. Acessado em 13/06/2010.

FEGAN, D, JR ARTHUR, RP SUBASINGHE, MB REANTASO, V ALDAY de GRAINDORGE MJ & PHILLIPS. 2001. Consultant report: A review of transboundary aquatic animal pathogen introductions and transfers. In: Report of the Puerto Vallarta Expert Consultation. APEC/FAO/NACA/SEMERNAP, 2001: 132-175.

FERNANDES DA SILVA, C, EC BALLESTER, J MONTSERRAT, L GERACITANO, W WASIELESKY & PC ABREU. 2008. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. *Aquac. Nut.*, 14: 507–514.

FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION of the UNITED NATIONS (FAO). 2009. Opportunities for addressing the challenges in meeting the rising global demand for food fish from aquaculture. Committee on Fisheries, Sub-Committee on Aquaculture. Fourth Session, Puerto Varas, Chile, October 2008. Disponível no seguinte endereço: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/014/k3060e.pdf>. Acessado em 13/06/2011.

FÓES, GK, C FRÓES, D KRUMMENAUER, L POERSCH & W WASIELESKY. 2011. Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different Stocking densities. *J. Shellfish Res.*, 30(2): 1-7.

FRÓES, CN, M ABE, W WASIELESKY, CH PRENTICE & RO CAVALLI. 2007. Efeitos de dietas práticas com diferentes níveis de proteína bruta na sobrevivência e crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). *Atlântica*, 29: 25-34.

GATLIN, DM, FT BARROWS, P BROWN, K DABROWSKI, TG GAYLORD, RW HARDY, E HERMAN, G HU, Å KROGDAHL, R NELSON, K OVERTURF, M RUST, W SEALEY, D SKONBERG, EJ SOUZA, D STONE, R WILSON & E

- WURTELE. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquac. Res.*, 38: 551–579.
- GILLETT, R. 2008. Global study of shrimp fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 475, FAO, Rome. Disponível na internet em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0300e/i0300e.pdf>. Acessado em 12/05/2011.
- GROSS, A, CE BOYD & CW WOOD. 2000. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. *Aquac. Engin.*, 24: 1–14.
- GYLLENHAMMAR, A & L HAKANSON. 2005. Environmental consequence analyses of fish farm emissions related to different scales and exemplified by data from the Baltic — a review. *Marine Environ. Res.*, 60: 211–243.
- HENNIG, OL & ER ANDREATTA. 1998. Effect of temperature in an intensive nursery system for *Penaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967). *Aquaculture*, 164: 167–172.
- HERR, D & GR GALLAND. 2009. The Ocean and Climate Change. Tools and Guidelines for Action. IUCN, Gland, Switzerland, 72 p. Disponível na internet em: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2009-039.pdf>. Acessado em: 15/03/2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO do MEIO AMBIENTE e dos RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). 2007. Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros. Estatística da Pesca, 2005: grandes regiões e unidades da federação. Brasília, p.147.

- IWAI, M. 1978. Desenvolvimento larval e pós-larval de *Penaeus (Melicertus) paulensis*, 1967 (Crustácea, Decapoda) e o ciclo de vida dos camarões do gênero *Penaeus* da região centro-sul do Brasil. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo. 137 p.
- JENSEN, LV, WJ WASIELESKY, RO CAVALLI, S PEIXOTO, MHS SANTOS & EL BALLESTER. 2004. Growth and survival of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* post larvae in cages and pen enclosures. *Sci. Agr.*, 61: 332–335.
- JENSEN, LV, WJ WASIELESKY, ELC BALLESTER, RO CAVALLI & MS SANTOS. 2006. Role of microalgae *Thalassiosira fluviatilis* in weight gain and--survival of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* reared in indoor nursery tanks *Nauplius*, 14(1): 37-42.
- JORGENSEN, P & CE BEMVENUTI. 2001. Cultivo intensivo de juvenis do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-farfante, 1967) em cercados: avaliação experimental do sistema de engorda numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos. *Atlântica*, 23: 47-58.
- KELLEHER, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries. An update. FAO Fisheries Technical Paper. No. 470. Rome, FAO. 131p.
- KRUMMENAUER, D, W WASIELESKY, RO CAVALLI, S PEIXOTO & PR ZOGBI. 2006. Viabilidade do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustácea, Decapoda) em gaiolas sob diferentes densidades durante o outono no sul do Brasil. *Ciência Rural*, 36(1): 252-257.

- LAFFOLEY D & G GRIMSDITCH. 2009. The management of natural coastal carbon sinks. IUCN, Gland. Disponível na internet no seguinte endereço: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2009-038.pdf>. Acessado 25/08/2011.
- LEMOS, D, MP HERNANDEZ-CORTES, A NAVARRETE, FL GARCIA-CARREÑO & VN PHAN. 1999. Ontogenetic variation in digestive proteinase activity of larvae and postlarvae of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). *Marine Biology*, 135: 653-662.
- LEMOS, D, VN PHAN & AG ALVAREZ. 2001. Growth, oxygen consumption, ammonia-N excretion, biochemical composition and energy content of *Farfantepenaeus paulensis* Perez-Farfante (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) early postlarvae in different salinities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 261: 55–74.
- LOPES, DLA, W WASIELESKY & EC BALLESTER. 2009. Análise comparativa da criação dos camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Farfantepenaeus paulensis* criados em gaiolas em ambiente estuarino. *Ciência rural*, 39(5): 1540-1546.
- McINTOSH, R. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. *The Advocate* (Global Aquaculture Alliance), December :52-54.
- MARTINS, TG, RO CAVALLI, RC MARTINO, CEM REZENDE & W WASIELESKY JR. 2006. Larviculture output and stress tolerance of *Farfantepenaeus paulensis*

- postlarvae fed *Artemia* containing different fatty acids. *Aquaculture*, 252: 525–533.
- MINISTÉRIO da PESCA e AQUICULTURA (MPA). 2010. BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA. Brasil 2008-2009. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/docs/anu%20da%20pesca%20completo2.pdf>. Acessado em 15/05/2011.
- MISHRA, JK, TM SAMOCHA, S PATNAIK, RL GANDY & AM ALI. 2008. Performance of an intensive nursery system for the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquac. Engin.*, 38: 2–15.
- MOSS, SM. 2002. Dietary importance of microbes and detritus in penaeid shrimp aquaculture. In: LEE, C-S & P O'BRYEN (eds.) Microbial approaches to aquatic nutrition within environmentally sound aquaculture production systems. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA, 1-18.
- MOSS, KK & SM MOSS. 2004. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the WAS*, 35: 536–542.
- NAKAYAMA, CL, S PEIXOTO, A BIANCHINI, RB ROBALDO & RO CAVALLI. 2008. Performance of *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) broodstock in tanks with sand and hard substrate. *Aquac. Res.*, 39: 398-405.

- NAKAYAMA, CL, W WASIELESKY & RO CAVALLI. 2009. Avaliação do desempenho reprodutivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967) em tanques com diferentes profundidades de água. *B. Inst. Pesca*, 35(1): 83–89.
- NAYLOR, R, RJ GOLDBURG, H MOONEY, M BEVERIDGE, J CLAY, C FOLKE, N KAUTSKY, J LUBCHENCO, J PRIMAVERA & M WILLIAMS. 1998. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science*, 282: 883–884.
- NAYLOR, RL, RJ GOLDBURG, JH PRIMAVERA, N KAUTSK, MCM BEVERIDGE, J CLAY, C FOLKE, J LUBCHENCOI, H MOONEY & M TROELL. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 1017-1024.
- NAYLOR, RL, K HINDAR, IA FLEMING, R GOLDBURG, S WILLIAMS, J VOLPE, F HORISKEY, J EAGLE, D KELSO & M MANGEL. 2005. Fugitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *BioScience*, 55: 427–437.
- OLIVEIRA, SS, W WASIELESKY, ELC BALLESTER & PC ABREU. 2006. Caracterização da assembléia de bactérias nitrificantes pelo método "fluorescent in situ hybridization" (fish) no biofilme e água de larvicultura do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis*. *Atlântica*, 28(1): 33-45.
- OLSEN, Y, O OTTERSTAD & CM DUARTE. 2008. Status and future perspectives of marine aquaculture. In HOLMER, M, K BLACK, CM DUARTE, N MARBÀ & I KARAKASIS (Eds.). *Aquaculture in the Ecosystem*. Springer. 293–319.

- OSTRENSKY, A & W WASIELESK. 1995. Acute toxicity of ammonia to various life stages of São Paulo shrimp, *Penaeus paulensis* Pérez Farfante, 1967. *Aquaculture*, 132: 339–347.
- OSTRENSKY, A & D PESTANA. 2000. Avaliação das taxas de crescimento de *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em viveiros de cultivo. *Archives of Veterinary Science*, 5: 5–15.
- OTOSHI, C, LR TANG, DV DAGDAGAN, CM HOLL, CJ TALLAMY, DR MOSS, SM ARCE & SM MOSS. 2006. Super-intensive growout of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Recent advances at the Oceanic Institute. In: T RAKESTRAW, L. DOUGLAS & G FLICK (Eds.). Proceedings from the 6th International Conference on Recirculating Aquaculture. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 1-5.
- PEIXOTO, S, RO CAVALLI, F D'INCAO, W WASIELESKY & AM MILACH. 2002. A comparative study of the ovarian histology of eyestalk ablated and unablated *Farfantepenaeus paulensis* after spawning. *B. Inst. Pesca*, 28(1): 71-76.
- PEIXOTO, S, W WASIELESKY & L LOUZADA. 2003. Comparative analysis of pink shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, culture in extreme southern Brazil. *J. Appl. Aquac.*, 14: 47-56.
- PEIXOTO, S, RO CAVALLI, D KRUMMENAUER, W WASIELESKY & F D'INCAO. 2004. Influence of artificial insemination on reproductive performance of

- Farfantepenaeus paulensis* in conventional and unisex maturation systems. *Aquaculture*, 230: 197-204.
- PEIXOTO, S, RO CAVALLI, W WASIELESKY, F D'INCAO, D KRUMMENAUER & A MILACH. 2004. Effects of age and size on reproductive performance of captive *Farfantepenaeus paulensis* broodstock. *Aquaculture*, 238: 173-182.
- PEIXOTO, S, RO CAVALLI & W WASIELESKY. 2005. Recent developments on broodstock maturation and reproduction of *Farfantepenaeus paulensis*. *Braz. Arc. Biol. Tech.*, 48(6): 997-1006.
- PEIXOTO, S, W WASIELESKY, RC MARTINO, A MILACH, R SOARES & RO CAVALLI. 2008. Comparison of reproductive output, offspring quality, ovarian histology and fatty acid composition between similarly-sized wild and domesticated *Farfantepenaeus paulensis*. *Aquaculture*, 285 (1-4): 201-206.
- PEIXOTO, S, W WASIELESKY & RO CAVALLI. 2010. Broodstock maturation and reproduction of the indigenous pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in Brazil: An updated review on research and development. *Aquaculture*, 315(1-2): 9-15.
- PÉREZ-FARFANTE, I & B KENSLEY. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. Éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- PONTES, CS & ER ANDREATTA. 1997. Efeito da oferta de nauplius de *Artemia franciscana* enriquecidos com ácidos graxos polinsaturados sobre o

- desenvolvimento de pós-larvas do camarão marinho *Farfantepenaeus paulensis*. *R. Bras. Zootec.*, 32(6): 1544-1550.
- PRETO, AL, RO CAVALLI, T PISSETTI, PC ABREU & W WASIELESKY. 2005. Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós larvas do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivadas em gaiolas. *Ciência Rural*, 35(6): 1417–1423.
- PRETO, AL, T PISSETTI, W WASIELESKY, LH POERSCH & RP CAVALLI. 2009. Production of live bait-shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) in cages at varying stocking densities. *B. Inst. Pesca*, 35(1): 39–45.
- RAMESH, MR, KM SHANKAR, CV MOHAN & TJ VARGHESE. 1999. Comparison of three plant substrates for enhancing carp growth through bacterial biofilm. *Aquac. Engin.*, 19: 119-131.
- REID, B & CR ARNOLD. 1992. The intensive culture of the penaeid shrimp *Penaeus vannamei* Boone in a recirculating raceway system. *Journal of the WAS*, 23(2), 146–153.
- SAMOCHA, TM, RL GANDY, DZ McMAHON, T BLACHER, RA BENNER & AL LAWRENCE. 2002. Use of intensive nursery raceway system with limited water discharge to improve production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Abstract. World Aquaculture Society, Beijing, China, 676 p.

- SANTOS, MHS, NT CUNHA & A BIANCHINI. 2000. Effects of copper and zinc on growth, feeding and oxygen consumption of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae (Decapoda, Penaeidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 247: 233–242.
- SILVA, TA & RO CAVALLI. 1999. Comportamento das pós larvas de camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis*, 1967 (Decapoda, Penaeidae) em relação à predação. *Nauplius*, 7(1): 141-147.
- SOARES, RB, S PEIXOTO, C BEMVENUTI, WJ WASIELESKY, F D'INCAO, N MURCIA & S SUITA. 2004. Composition and abundance of invertebrate benthic fauna in *Farfantepenaeus paulensis* culture pens (Patos Lagoon estuary, Southern Brazil). *Aquaculture*, 239: 199-215.
- SOARES, R, S PEIXOTO, W WASIELESKY & F D'INCAO. 2005. Feeding rhythms and diet of *Farfantepenaeus paulensis* under pen culture in Patos Lagoon estuary, Brazil. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 322: 167–176.
- TAL, Y, JS SCHREIER, KR SOWERS, JD STUBBLEFIELD, AR PLACE & Y ZOHAR. 2009. Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. *Aquaculture*, 286: 28–35.
- THOMPSON, FL, PC ABREU & R CAVALLI. 1999. The use of microorganisms as food source for *Penaeus paulensis* larvae. *Aquaculture*, 174: 139-153.
- THOMPSON, FL, PC ABREU & W WASIELESKY. 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture*, 203: 263-278.

- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.
- VALENTINI, H, F D'INCAO, LF RODRIGUES, JE REBELO NETO & E RAHN. 1991. Análise da pesca do camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *P. paulensis*) nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Atlântica*, 13(1): 143-157.
- VINATEA, L, & ER ANDREATTA. 1997. Comparative study of continuous and static water renewal strategies in the larviculture of *Penaeus paulensis* (Perez Farfante, 1967) associated with high stocking densities and different water renewal rates. *Aquaculture*, 154: 247-259
- WASIELESKY, WJ, MA MARCHIORI & MHS SANTOS. 1994. Efeito da amônia no crescimento de pós-larvas do camarão rosa, *Penaeus paulensis*, Pérez-Farfante, 1967 (Decapoda, Penaeidae). *Nauplius*, 2: 99-105.
- WASIELESKY, W, LH POERSH, L JENSEN & A BIANCHINI. 2001. Effect of stocking density on pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda, Penaeidae). *Nauplius*, 9(2): 163-167.
- WASIELESKY, W, S PEIXOTO, L JENSEN, L POERSCH & A BIANCHINI. 2004. Estudo preliminar do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cercados no estuário da Lagoa dos Patos. *B. Inst. Pesca*, 30: 63-70.
- WASIELESKY, W, H ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based

superintensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*.  
*Aquaculture*, 258: 396-403.

WASIELESKY, WJR, PC ABREU, LH POERSCH, F THOMPSON & ELC  
BALLESTER. 2011. Influence of light intensity on biofilm formation and the  
performance of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* juveniles reared in  
cages. *Aquac. Res.*, 1-7. Artigo publicado on line: 10/05/2011.

**ANEXO I**

---

**Importância do sedimento nos parâmetros físicos e químicos da água, nos microorganismos e no desempenho zootécnico no cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*.**

Artigo no formato de submissão para a revista Atlântica.

IMPORTÂNCIA DO SEDIMENTO NOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA, NOS MICROORGANISMOS E NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO NO CULTIVO DO CAMARÃO ROSA *Farfantepenaeus paulensis*.

FÓES, G.K. et al.

Palavras-chave: *Farfantepenaeus*, sedimento, produtividade, cultivo de camarões.

Key-words: *Farfantepenaeus*, sediment, productivity, shrimp farming

Título abreviado: Importância do sedimento no desempenho zootécnico de *Farfantepenaeus paulensis*.

Nº de figuras: 03

Nº de tabelas: 02

## RESUMO

O objetivo do experimento foi analisar a importância do sedimento nos parâmetros físicos e químicos da água, nas relações entre microorganismos e no desempenho zootécnico dos camarões cultivados em densidades elevadas para o camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*. Juvenis (2,93 g) foram estocados em 9 unidades com área de 1,4 m<sup>2</sup>, na densidade de 50 camarões m<sup>-2</sup>, por 42 dias. Três unidades experimentais formaram o tratamento SED, onde foi colocada uma camada de 10 cm de sedimento (solo de duna arenosa de praia) cobrindo o fundo de cada unidade. Três unidades formaram o tratamento SED+ORG, onde foi colocada uma camada de 10 cm de sedimento com produtividade natural (sedimento coletado de um estuário) imitando estruturas em áreas costeiras e um tratamento controle, sem colocação de sedimento nas unidades. Ao final do experimento, constatou-se que os camarões do tratamento SED+ORG tiveram crescimento significativamente maior ( $p < 0,05$ ) que os demais tratamentos, havendo também diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na produtividade. Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na renovação de água entre os tratamentos. Os resultados demonstram que a produtividade natural aumenta a produtividade de cultivo, além de poder melhorar a qualidade de água dos viveiros escavados.

## ABSTRACT

**Intensification the of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* production:  
importance of sediment in physical-chemical parameters, zootechnical  
performance and microorganisms**

The objective of this experiment was to compare the physical and chemical parameters of water, the relationship between microorganisms and the production performance of shrimp cultured in high stocking densities in earthen ponds for the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. Juveniles (2.93 g) were placed in units with area of 1.4 m<sup>2</sup>, density of 50 shrimp m<sup>-2</sup>, for 42 days. Three units formed the treatment SED, where it was placed a layer of sterile 10 cm of sediment (sandy dune beach) covering the bottom, thus simulating ground "inland." Three units formed the treatment SED + ORG, where it was placed a layer of 10 cm of natural sediment sampled (sediment collected from Patos Lagoon estuary) simulating ponds in coastal areas and a control treatment (CON) without sediment. At the end of the experiment, was observed that shrimp in the treatment ORG +SED grew significantly higher ( $p < 0.05$ ) than shrimp in the other treatments, there is also a significant difference ( $p < 0.05$ ) in productivity. There was no significant difference ( $p < 0.05$ ) in the exchange of water between treatments. The results show that primary productivity, and improved water quality, increased productivity of the earthen ponds.

## INTRODUÇÃO

No período de 1970-2008, a produção da aquicultura aumentou a uma taxa anual de 8,3 %, enquanto a população mundial aumentou em média 1,6 % ao ano. O resultado combinado do desenvolvimento da aquicultura mundial e a expansão da população é que a média anual *per capita* do suprimento de pescados por esta atividade para consumo humano aumentou em dez vezes, de 0,7 kg em 1970 para 7,8 kg em 2008, uma taxa média de 6,6 % ao ano (FAO 2010) . Em resposta a este aumento da demanda por frutos do mar, também há necessidade do desenvolvimento de tecnologias baseadas em aquicultura intensiva, uma vez que os sistemas extensivos requerem grandes áreas para produção, próximas a corpos de água. 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 circundante.

A diversificação de espécies cultivadas é uma das características básicas da aquicultura contemporânea. Mais de 240 espécies (incluindo 146 de peixes, 53 de moluscos, 30 de crustáceos e nove de plantas aquáticas) são correntemente produzidas em uma grande variedade de sistemas de produção, tais como viveiros, raceways e gaiolas (Grigorakis 2010). Assim sendo, a aquicultura tornou-se um importante vetor de introdução de espécies aquáticas invasoras em todo o mundo. Escapes acidentais e até mesmo lançamentos propositais criam "contaminações biológicas", com imprevisíveis e irreversíveis impactos ecológicos (Naylor et al. 2001).

As atividades de carcinicultura marinha do Brasil têm sido focadas na espécie exótica *L. vannamei*. Entretanto, o camarão rosa *F. paulensis*, que já foi criado comercialmente no Brasil (Ostrensky & Pestana 2000), tem demonstrado potencial para ser cultivado em viveiros (Peixoto et al. 2003) e também em estruturas alternativas, tais como cercados (Vaz et al. 2004, Wasielesky et al. 2004) e tanques redes (Wasielesky et al. 2004, Preto et al. 2009). Adicionalmente, a tecnologia de produção de pós larvas está completamente desenvolvida (Marchiori, 1996). As pesquisas com *F. paulensis* e outras espécies de peneídeos nativos do litoral brasileiro devem ser também incentivadas para utilização em programas de repovoamento de estuários, utilização de iscas vivas para pesca esportiva e também a ocupação de um nicho de mercado diferenciado para determinados empreendimentos aquícolas.

Sistemas intensificados de produção demandam grande entrada de alimentação artificial e insumos. O manejo inadequado pode causar vários problemas incluindo o aparecimento de doenças, degradação ambiental e acúmulo de sedimento negro (lodo orgânico) no solo dos viveiros e estruturas de cultivo (Shang et al. 1998). Isso gera grande dificuldade para manutenção da qualidade de água adequada em elevadas densidades de estocagem, havendo então a necessidade de aumentar as taxas de renovação de água (Boyd et al. 2002). Desta maneira, as práticas de cultivo intensivas tendem a aumentar a liberação de efluentes lançados pelas fazendas, impactando ambientes costeiros adjacentes (Canary et al. 2009).

O manejo da qualidade de água tem sido considerado um dos mais importantes aspectos a serem compreendidos nos sistemas aquícolas, entretanto menor atenção normalmente é dada à presença do sedimento e ao manejo da qualidade do solo. Várias evidências mostram que as condições do sedimento de fundo e a troca de substâncias entre o solo e água influenciam fortemente a qualidade da água de cultivo (Boyd et al. 2002). O sedimento possui importante papel como fonte de substâncias dissolvidas e como local de aprisionamento de materiais particulados (Masuda & Boyd 1994). Gases e nutrientes são intercambiados entre o sedimento e a coluna da água, sendo que a interface sedimento-água pode ser potencialmente tóxica para os animais cultivados e representa um aspecto crítico no manejo de sistemas de aquicultura (Boyd 1995). Por exemplo, o acúmulo de substâncias reduzidas nesta interface, tais como amônia, é um dos principais fatores que podem explicar diminuição no crescimento em viveiros escavados (Avnimelech & Zohar, 1986). Processos biogeoquímicos e conseqüentemente as trocas entre sedimentos e água, dependem principalmente das estratégias de fornecimento de alimentação, temperatura, circulação da água, aeração e profundidade (Hargreaves 1998).

O objetivo do experimento foi comparar os resultados dos parâmetros físicos e químicos da água, as relações entre microorganismos e o desempenho zootécnico de camarões rosa *F. paulensis* cultivados em densidade elevada para a espécie, utilizando sedimento estéril (solo arenoso de praia), sedimento contendo produtividade natural (sedimento coletado de um estuário) e um tratamento controle, sem colocação de sedimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura/Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande, na cidade do Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul. Em uma estufa foram distribuídas nove caixas com volume de 1,0 m<sup>3</sup> e área de fundo de 1,4 m<sup>2</sup>, supridas por aeração intensa. O experimento teve duração de 42 dias e camarões com peso médio inicial de 2,93 g foram estocados na densidade de 50 indivíduos por m<sup>2</sup>. Três repetições foram aleatoriamente distribuídas para os seguintes tratamentos: (SED+ORG) sedimento estuarino com matéria orgânica; (SED) sedimento arenoso sem matéria orgânica e (CON) controle, sem colocação de sedimento. No tratamento (SED+ORG), foi adicionado sedimento retirado da zona infralitoral de uma enseada estuarina situada no estuário da Lagoa dos Patos, denominada 'Saco do Justino'. Esta enseada rasa de 250 ha de superfície apresenta uma profundidade máxima de 1,5 m em sua parte central e fundo constituído principalmente por sedimentos arenosos e areno-lodosos (Jorgensen & Bemvenuti 2001), sendo composto predominantemente de areia fina, silte e argila (Freitas et al. 2008). No tratamento SED, areia de duna arenosa foi coletada na praia do Cassino, RS, e adicionada nas unidades experimentais. E no tratamento controle não houve colocação de nenhum tipo de sedimento.

Foram monitorados diariamente a temperatura ( $\pm 0,1$  °C), oxigênio dissolvido ( $\pm 0,01$  mg L<sup>-1</sup>) e pH ( $\pm 0,01$ ) que foram medidos com aparelho multiparâmetros YSI 556 MPS (EUA). Os nutrientes, peso do seston, clorofila a e

salinidade foram analisados a cada sete dias. As renovações de água foram realizadas de acordo com resultado das análises da concentração de amônia total. A amônia total foi analisada de acordo com a metodologia de UNESCO (1983), as análises de nitrito, nitrato e fosfato seguiram as metodologias descritas em Strickland & Parsons (1972).

No presente estudo, houve uma inoculação de diatomáceas cêntricas (*Thalassiosira weissflogii*) na concentração de 200 células ml<sup>-1</sup> em todas as unidades experimentais. A clorofila *a* foi determinada a partir de amostras de 20 ml da água de cultivo filtradas em filtro de fibra de vidro 'Whatman GF/F'. Os filtros foram colocados em frascos contendo 10 ml de acetona 90 % e mantidos no escuro e em baixa temperatura (-18 °C) por 24 h, para extração da clorofila *a*. A concentração do pigmento foi determinada através de fluorímetro (Turner TD 700) de acordo com a metodologia descrita em Welschmeyer (1994). Para análise da comunidade microbiana, foram quantificados e classificados os microorganismos presentes em amostras de água (20 ml) coletadas de cada tanque periodicamente e fixadas em formalina 4 %. Alíquotas de 2,1 ml das amostras foram colocadas em câmara de sedimentação para posterior contagem, utilizando microscópio invertido (Zeiss Axiovert), com magnificação final de 400x, onde foram contados 30 campos escolhidos aleatoriamente (Utermöhl 1958). Foi fornecida ração comercial extrusada contendo 38 % de proteína bruta, com taxa de alimentação inicial de 8 % e controle de sobras através de bandeja de alimentação.

Foram realizadas biometrias a cada 21 dias, que geraram dados para cálculo da biomassa, crescimento e quantidade de ração a ser fornecida. Ao final do

experimento, todos os camarões foram pesados e quantificados para determinação do crescimento semanal, sobrevivência, produtividade e conversão alimentar aparente (CAA), de acordo com as seguintes fórmulas:

Crescimento semanal, expresso em  $\text{g sem}^{-1}$ :  $(W_f - W_i) T^{-1}$ , onde  $W_f$  é o peso médio final,  $W_i$  é o peso médio inicial e  $T$  é o tempo em semanas.

Sobrevivência, expressa em percentagem (%):  $(N_f * N_i^{-1}) 100^{-1}$ , onde  $N_f$  é o número final e  $N_i$  é o número inicial de camarões.

Produtividade, expressa em  $\text{g m}^{-2}$ :  $B_f * A^{-1}$ , onde  $B_f$  é biomassa final e  $A$  é área da unidade experimental.

Conversão alimentar aparente (CAA):  $RF * (B_f - B_i)^{-1}$ , onde  $RF$  é quantidade de ração fornecida,  $B_i$  é Biomassa inicial e  $B_f$  é Biomassa final.

Os valores de desempenho dos camarões nos diferentes tratamentos foram avaliados através da análise de variância (ANOVA,  $\alpha = 0,05$ ) após serem confirmadas a homocedasticidade das variâncias e a normalidade da distribuição dos dados. Para verificar se as diferenças entre as médias dos diferentes tratamentos foram significativas estatisticamente ( $p < 0,05$ ), foi aplicado o teste de Tukey (Sokal & Rohlf 1969).

## RESULTADOS

Os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1.

As concentrações dos compostos nitrogenados tiveram comportamentos distintos entre os tratamentos conforme Figura 1.

Figura 1.

No presente trabalho, houve diferença significativa nos valores de fósforo ( $\text{PO}_4^{-3}\text{-P}$ ) entre o tratamento CON (sem sedimento) e os dois tratamentos com sedimentos.

A renovação total de água não diferiu significativamente nos três tratamentos. A diferença foi nas datas e nas quantidades de água utilizadas (Figura 2A). A Figura 2B apresenta as concentrações de clorofila *a* durante o período experimental. Não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p>0,05$ ).

Figura 2.

Foi observada uma tendência inversa entre as taxas de renovação de água e as concentrações de clorofila *a*. Na quarta semana do experimento, por exemplo, houve renovação de maior volume de água e houve diminuição da concentração de clorofila *a*. A partir de então, as renovações de água foram menores e as concentrações de clorofila se elevaram.

Neste estudo, foram analisadas as concentrações de alguns microorganismos presentes na coluna da água durante o período experimental. As variações dessas concentrações em cada grupo observado podem ser visualizadas na Figura 3.

### Figura 3.

Após 42 dias de experimento, os resultados finais dos dados zootécnicos obtidos neste estudo podem ser observados na Tabela 2.

## DISCUSSÃO

Os parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade, estiveram dentro das faixas ideais de crescimento e sobrevivência para peneídeos durante todo o experimento (Van Wyk & Scarpa 1999; Boyd 2003).

As rações artificiais são utilizadas na aquicultura com objetivo de aumentar a produtividade. Grande parte é consumida diretamente pelos camarões, entretanto somente 10 a 30 % do fósforo e entre 20 a 40 % do nitrogênio contido na ração ficam retidos nos animais confinados (Boyd 2003). O restante destes nutrientes entra no ecossistema do viveiro como fezes ou outros produtos metabólicos. A maior parte dos resíduos nitrogenados é excretada pelos organismos aquáticos na forma de amônia (Boyd & Tucker 1998). A amônia pode ser oxidada até nitrato através de nitrificação bacteriana, e ambos, a amônia e o nitrato são utilizados pelo fitoplâncton ou denitrificados por microorganismos anaeróbicos no sedimento. Gás nitrogênio formado pela denitrificação se difunde do sedimento para a coluna da água e para a atmosfera (Boyd et al. 2002). O nitrogênio orgânico no plâncton e nas fezes dos animais cultivados pode sedimentar no fundo do viveiro e converter-se em nitrogênio orgânico no solo. O nitrogênio na matéria orgânica do solo pode ser mineralizado para amônia e reciclado para a água do viveiro. No

tratamento SED+ORG, as concentrações de amônia e nitrito foram menores que os demais tratamentos durante todo o experimento e os valores de nitrato se elevaram após os picos de amônia e nitrito, demonstrando que houve nitrificação eficiente. Esta nitrificação foi devida provavelmente à presença de microorganismos já presentes no sedimento coletado no estuário. Nos tratamentos SED e CON foram observados comportamentos diferentes das concentrações dos compostos nitrogenados. Nestes tratamentos, a concentração de amônia subiu no início do experimento e diminuiu posteriormente, como seria normalmente o esperado durante a nitrificação. Entretanto, as concentrações de nitrito que aumentaram, não diminuíram mais durante o experimento, demonstrando que a nitrificação de nitrito para nitrato foi deficiente. Uma das causas pode ser ocorrência de mortalidades das bactérias nitrito-oxidantes, que são conhecidas como especialmente sensíveis a estresses químicos (por exemplo, variação de salinidade) e estresses físicos (por exemplo, variação de temperatura) (Singh et al. 1999, Malone & Pfeiffer 2006). Amônia e nitrito são compostos tóxicos para a fauna aquática mesmo em concentrações relativamente baixas (Lin & Chen 2001, 2003). Não deve se permitir o acúmulo destes compostos em sistemas de cultivo, pois eles podem afetar a sanidade, o crescimento e a sobrevivência dos organismos cultivados. Em relação ao nitrato, os camarões podem tolerar concentrações elevadas (toxicidade crônica acima de  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) (Kuhn et al. 2010). Entretanto, no presente estudo as concentrações de nitrato estiveram baixas, provavelmente não sendo capazes de produzir danos aos camarões cultivados.

Uma das maiores preocupações em relação aos viveiros de aquicultura é a liberação de fósforo nos efluentes, pois o enriquecimento deste elemento nas águas superficiais pode acarretar eutrofização dos corpos d'água (Boyd & Tucker 1998; Naylor et al. 2000). O fósforo entra nos sistemas de cultivos através das fezes, urina, restos alimentares e matéria orgânica e é liberado na forma particulada e dissolvida (Cho et al. 1994). Em viveiros com renovação intensa de água, grande parte é liberada como efluente. Uma parte do fósforo é recuperada na despesca através da biomassa de camarões e o restante é adsorvido pelo sedimento ou liberado com a água da despesca. Os camarões absorvem menos fósforo que peixes (Gomes & Boyd 2003), favorecendo assim maior descarga deste elemento durante o cultivo de camarões que cultivo de peixes (Boyd et al. 2006 ). As fontes de fósforo assimiladas pelos viveiros são aquelas ligadas ao sedimento de fundo devido a reações químicas e também o fósforo contido na matéria orgânica. O sedimento assimila mais que o dobro do fósforo liberado no efluente (Boyd 1995). Entretanto, em viveiros que não possuem sedimento exposto (revestidos com geomembrana, por exemplo), as concentrações de fósforo tendem a aumentar. Durante o ciclo de cultivo, as comunidades fitoplantônicas tendem a ser instáveis, periodicamente florescem em grande densidade (blooms) e então morrem. Uma densa camada de fitoplâncton morto frequentemente acumula sobre o fundo destes tipos de viveiros e causa zonas anaeróbicas. Boyd (2007) afirma que uma camada de 5 a 10 cm de solo contendo pelo menos 10 a 15 % de argila sobre toda ou uma parte da geomembrana poderia estabilizar a qualidade da água.

Outra vantagem da presença de sedimento é o conforto que proporciona aos camarões. O camarão rosa *F. paulensis* em ambiente natural vivem em fundos de areia lodosa ou cascalho, são sedentários e apresentam atividade predominantemente noturna, enterrando-se durante o dia (Iwai, 1978). Este comportamento deve ser considerado no momento do cultivo já que o enterramento, tanto no ambiente natural quanto em cativeiro, pode ser efetivo ao diminuir os riscos de predação ou canibalismo, aumentar o contato com itens que fazem parte da dieta do camarão e reduzir a competição em densidade elevada (Jorgensen & Bemvenuti 2001).

Historicamente, os camarões peneídeos têm sido cultivados em regiões costeiras, onde a produção extensiva e semi-intensiva normalmente exige valores elevados de troca de água para aliviar o acúmulo de metabólitos tóxicos e manter a qualidade em condições adequadas (Hopkins et al. 1993). Esses autores reportaram mortalidades massivas de juvenis de *Litopenaeus setiferus* quando foram cultivados em densidades de 66 camarões m<sup>-2</sup>, sem renovação de água. Para *L. vannamei*, demonstrando que taxas de crescimento elevadas (0,61 a 0,94 g sem<sup>-1</sup>) podem ser obtidas quando os camarões são estocados em densidades entre 40 e 60 cam m<sup>-2</sup>, com taxas diárias de troca de água entre 2,5 e 25 %. Williams et al. (1996) reportaram ótima densidade de estocagem entre 28 e 57 cam m<sup>-2</sup> para juvenis de *L. setiferus* com renovação de água entre 240 e 360 % ao dia. Para *F. paulensis*, alguns experimentos sobre renovação de água foram realizados, principalmente na larvicultura (Vinatea & Andreatta, 1997) e maturação (Peixoto et al. 2003). Os valores de sobrevivência e crescimento dos camarões no

presente estudo demonstraram que as renovações de água foram executadas adequadamente.

A clorofila *a* é o principal pigmento do fitoplâncton, ele converte a energia luminosa em energia química durante a fotossíntese. É comumente utilizada como um parâmetro para a quantificação da produtividade primária ou abundância do fitoplâncton em uma determinada área. O fitoplâncton é a mais importante ligação da cadeia trófica na maioria dos ecossistemas aquáticos e de sua abundância e composição depende uma complexa comunidade de organismos, tais como zooplâncton, zoobentos e o nécton. A presença da comunidade fitoplantônica contribui para manutenção da boa qualidade de água nos viveiros devido à diminuição dos compostos nitrogenados, diminuição das algas filamentosas que causam problemas de manejo e pelo aumento da turbidez, que diminui a predação por aves (Wyban & Sweeney 1991). Além disso, o fitoplâncton, de maneira especial as diatomáceas, podem beneficiar os sistemas de cultivo através da contribuição nutricional de aminoácidos essenciais e ácidos graxos altamente insaturados (Ju et al. 2008). Por estes motivos, foi feita a inoculação de algas diatomáceas em todas as unidades experimentais. Durante o período experimental, houve rápida diminuição das diatomáceas cêntricas, provavelmente devido a uma intensa pastagem destas microalgas, tanto pelos camarões como pelos microorganismos, sendo que na metade do experimento os valores chegaram próximos à zero, não havendo recuperação das quantidades até o final. Ballester et al. (2007) e Preto et al. (2005) apresentaram evidências que *F. paulensis* consomem diatomáceas cêntricas de forma seletiva. É possível que a

preferência por diatomáceas cêntricas, justifique-se pela maior relação volume/área destas células, significando um maior conteúdo intracelular (Preto et al. 2005). Fernandes da Silva et al. (2008) afirmaram que o decréscimo da abundância de grandes diatomáceas cêntricas resulta no incremento em número de pequenas diatomáceas penadas que rapidamente ocupam os nichos disponíveis, numa via característica das espécies r-estrategistas. As diatomáceas penadas aparentemente se beneficiaram da diminuição das cêntricas e aumentaram do início do experimento até a metade, principalmente. No tratamento SED+ORG, as diatomáceas penadas aumentaram até a metade e diminuíram até o final, provavelmente devido à predação ou competição de organismos que já estavam presentes no solo estuarino coletado.

Os sedimentos de fundo são locais de interações microbianas. A matéria orgânica proveniente do plâncton morto, ração não consumida e fezes sedimentadas no fundo misturam-se ao solo. O solo dos viveiros fornece um excelente meio para decomposição da matéria orgânica, reciclagem de nutrientes e outros processos microbianos (Boyd 2011). Em viveiros aquícolas, como também em outros ecossistemas aquáticos, os microorganismos possuem importante papel na decomposição e ciclagem de nutrientes e como uma ligação trófica com os organismos bentônicos e com os camarões (Allan et al. 1995). Neste experimento, o sedimento foi um fator que afetou o crescimento dos camarões. As diferenças nos resultados entre os tratamentos podem ser explicadas pelas diferenças nas composições dos solos e da biota presente. Por exemplo, as concentrações dos flagelados, ciliados e rotíferos no tratamento

SED+ORG não foram as mais elevadas, provavelmente por ter havido predação e competição da biota que estava presente neste sedimento. No tratamento SED, o número de organismos cresceu ao longo do tempo, pois como o sedimento não estava colonizado, provavelmente não existiu uma predação intensa e então as concentrações aumentaram. No caso dos ciliados maiores, parece ter havido uma relação ecológica 'top-down' (Guariento 2007), pois houve aumento das concentrações dos rotíferos e também das concentrações dos ciliados menores. Os rotíferos podem ter predado os ciliados maiores, e isso acabou beneficiando os ciliados menores. O zooplâncton consome algas e bactérias e pode desempenhar importante papel na transferência de nutrientes dos produtores primários e consumidores secundários. Rotíferos, por exemplo, contribuem significativamente com requerimentos protéicos e energia para os camarões (Focken et al. 1998), sendo benéfica a presença destes organismos em grande quantidade nos viveiros.

A alimentação artificial é o item de maior valor dentro dos custos de produção de sistemas aquícolas, variando entre 40 a 60 % do total (D'Abramo & Sheen 1991). Além da ingestão da ração fornecida, os camarões consomem fontes naturais de carbono disponíveis nos viveiros para seu crescimento (Nunes et al. 1997, Nunes & Parsons 1999, Soares et al. 2004). Estudos que analisaram o conteúdo estomacal de indivíduos selvagens e cultivados de *F. paulensis* deram suporte à dieta omnívora descrita para outros peneídeos, uma vez que foi reportado que organismos desta espécie se alimentam de algas, tecidos vegetais vivos e detritos, além de crustáceos, moluscos, poliquetas e outros invertebrados (Soares et al. 2004). Os resultados do presente trabalho foram favoráveis para o

tratamento SED+ORG, em relação aos demais tratamentos. Entretanto, em sistemas intensivos, a alimentação natural tende a ser consumida rapidamente. Jorgensen & Bemvenuti (2001), utilizando densidades de 60 camarões  $m^{-2}$  de *F. paulensis* em cercados, determinaram que a produção natural no sistema de cultivo, sem a contribuição da adição de ração, foi capaz de sustentar uma biomassa do camarão de  $209 \text{ kg ha}^{-1}$ . Este valor representou 19 % da biomassa de *F. paulensis* suportada nos cercados onde foi adicionado alimento artificial, equivalente a  $1092 \text{ kg ha}^{-1}$ . No presente trabalho, a diferença de produtividade foi de 20 % entre os tratamentos com sedimento orgânico ( $3600 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e somente sedimento ( $3000 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e de 24 % para o tratamento sem sedimento ( $2900 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Resultados semelhantes foram observados por outros autores. Ritvo et al. (1998) avaliaram em laboratório o crescimento de *L. vannamei* em solos trazidos de várias fazendas de cultivo de camarões e encontraram relação direta entre maior crescimento dos camarões e maior produtividade ocorrendo em sedimentos provenientes de fazendas que apresentavam maiores produtividades. Bratvold & Browdy (2001) observaram maior ganho de peso, sobrevivência e produção de *L. vannamei* em tanques com sedimento e substratos verticais.

Devido à disponibilidade de alimento e condições físico-químicas favoráveis, os crescimentos e sobrevivências no presente trabalho podem ser considerados elevados, principalmente devido à densidade elevada suportada pelos organismos cultivados. Os resultados obtidos estão dentro da faixa de crescimento encontrada por Ostrensky & Pestana (2000), que analisando resultados de produções comerciais de *F. paulensis* em viveiros no litoral do

estado do Paraná, detectaram crescimentos semanais variando entre 0,32 e 1,10 g semana<sup>-1</sup>, com temperaturas variando entre 18,0 e 25,6 °C, respectivamente. Entretanto, os resultados obtidos naquele estudo foram em densidades de 7 a 10 camarões m<sup>-2</sup>, enquanto que no presente trabalho a densidade foi 50 camarões m<sup>-2</sup>. Jorgensen & Bemvenuti (2001) em experimento sobre importância e consumo da produtividade natural em cercados por *F. paulensis*, alcançaram valores de crescimento e sobrevivência inferiores. Após 60 dias de cultivo, os camarões apresentaram no tratamento sem adição de ração o peso médio de 5,3 g e sobrevivência de 7 %. No tratamento com adição de alimento o peso médio final foi de 7,0 g e sobrevivência de 26 %. Baixas taxas de crescimentos e mortalidades elevadas foram atribuídas à escassez dos principais itens da dieta do camarão com o decorrer do experimento, como consequência de uma forte depressão das populações de macroinvertebrados bentônicos exercida pelo camarão. Peixoto et al. (2003) comparando o crescimento de *F. paulensis* e *L. vannamei* em viveiros escavados, utilizando densidade de 15 camarões m<sup>-2</sup> e complementação de alimentação com rejeito de pesca, alcançaram crescimento semanal de 0,78 g e sobrevivência de 88,3 % para o camarão rosa. Nakayama et al. (2008) em experimento sobre avaliação da condição corporal de reprodutores de *F. paulensis* em tanques de maturação com e sem sedimento, encontraram melhores valores para os animais confinados em tanques com sedimento.

Novas técnicas de cultivo têm demonstrado que mesmo em sistemas intensivos, a produtividade natural pode contribuir para manutenção da qualidade de água e que pode sustentar uma parcela significativa do crescimento dos

camarões cultivados (Ballester et al. 2003, Wasielesky et al. 2006). Avnimelech (2000) afirmou que a conversão alimentar pode ser melhorada através do melhor aproveitamento do alimento natural presente no ambiente de cultivo, diminuindo a necessidade de alimento exógeno, diminuindo os custos de produção. No presente estudo, as diferenças entre as conversões alimentares foram significativas em todos os tratamentos. O tratamento SED teve conversão melhor que o controle, pois provavelmente houve rápida colonização do sedimento pelos organismos e posterior disponibilização para os camarões. O melhor resultado foi obtido pelo tratamento SED+ORG, provavelmente devido à pastagem dos camarões nos organismos já presentes no sedimento e também devido a presença de bactérias nitrificantes já colonizadas no sedimento, disponibilizando nutrientes para os produtores primários, mantendo a qualidade da água em melhores condições.

Neste estudo, as produtividades em todos os tratamentos foram elevadas. As densidades comerciais de cultivo em fazendas utilizando *F. paulensis* sempre foram consideradas baixas. Ostrensky & Pestana (2000) comparando dados de crescimento de uma fazenda de cultivo desta espécie na região sul do Brasil, observaram que a densidade média era sete camarões  $m^{-2}$  e as produtividades não mais que  $500\text{ kg ha}^{-1}$ . Wasielesky et al. (2003) em estudos preliminares sobre a utilização de cercados de grande porte ( $3100\text{ m}^2$ ), conseguiram atingir a produtividade de  $500\text{ kg ha}^{-2}$ , na densidade de  $7,5\text{ camarões m}^{-2}$ . Peixoto et al. 2003, comparando o crescimento de *F. paulensis* e *L. vannamei* em viveiro escavado, nas densidades de  $15\text{ camarões m}^{-2}$ , alcançaram em 102 dias de

cultivo crescimento de 0,78 g semana<sup>-1</sup>, peso médio de 11,2 g e produtividade de 1451 kg ha<sup>-1</sup> para *F. paulensis*. No presente estudo, em 42 dias de cultivo, as produtividades chegaram a 3600 kg ha<sup>-1</sup>.

## **CONCLUSÕES**

O presente estudo demonstra a importância do sedimento na produtividade para a espécie *F. paulensis* em densidade elevada. Demonstrou também que o aumento da produtividade ocorre não apenas pelo fornecimento de alimentos de melhor qualidade, mas também pela manutenção da boa qualidade de água e do solo. Evidenciou também que o aumento da produtividade dos camarões neste estudo ocorreu tanto pelo aumento da densidade e pelo crescimento elevado, demonstrando que os camarões desta espécie suportaram bem o adensamento, provavelmente devido à presença do sedimento que pode ter contribuído para a diminuição deste estresse.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Ao Laboratório de Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos/IO/FURG, pela análise das comunidades microbianas.

## **LITERATURA CITADA**

- ALLAN, GL & GB MAGUIRE. 1992. Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. *Aquaculture*, 107(1): 49-66.
- ALLAN, GL, DJW MORIARTY & GB MAGUIRE. 1995. Effects of pond preparation and feeding rate on production of *Penaeus monodon* Fabricius, water quality, bacteria and benthos in model farming ponds. *Aquaculture*, 130: 329–349.
- AVNIMELECH, Y, G ZOHAR. 1986. The effect of local anaerobic conditions on growth retardation in aquaculture systems. *Aquaculture*, 58:167–174.
- AVNIMELECH, Y. 2000. Nitrogen control and protein recycling: activated suspension ponds. *Global Aquaculture Advocate*, abril: 23–24.
- BALLESTER, ELC, WJ WASIELESKY, RO CAVALLI, MHS SANTOS & PC ABREU. 2003. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário. *Atlântica*, 25: 117–122.
- BALLESTER, ELC, W WASIELESKY, RO CAVALLI & PC ABREU. 2007. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture*, 269: 355–362.
- BOYD, CE. 1995. Bottom soils, sediment and pond aquaculture. New York: Chapman and Hall, 348 p.
- BOYD, CE. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm level. *Aquaculture*, 226: 101-112.

- BOYD, CE. 2007. Nitrification: Important process in Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, maio/junho: 64-66.
- BOYD, CE. 2007. Phosphorus: Key to Phytoplankton Management. *Global Aquaculture Advocate*, julho/agosto: 62-64.
- BOYD, CE & CS TUCKER. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA. BOYD, C.E. & C.S. TUCKER. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA, 700 p.
- BOYD, CE, CW WOOD & T THUNJAI. 2002. Aquaculture Pond Bottom Soil. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program, Oregon State University, Corvallis, Oregon. Disponível no endereço [www.pdacrsp.orst.edu](http://www.pdacrsp.orst.edu). Acessado em 25/05/2011.
- BOYD, CE, K CORPRON, E BERNARD & P PENGANG. 2006. Estimates of Bottom Soil and Effluent Load of Phosphorus at a Semi-intensive Marine Shrimp Farm. *Journal of The WAS*, 37(1): 41-47.
- BOYD, C & L LI. 2011. Reactions Between Pond Bottom Soil, Water. *Global Aquaculture Advocate*, maio/junho: 20-22.
- BRATVOLD, D & CL BROWDY. 2001. Effect of sand sediment and vertical surfaces (Aquamats) on production, water quality and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture*, 195(1-2): 81-94.

- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393– 411.
- CANARY, AC; L POERSCH & W WASIELESKY. 2009. Impacto dos efluentes de cultivo semi-intensivo de camarão sobre a fauna bentônica no sul do Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 31(4): 345-353.
- CHO, CY, JD HYNES, KR WOOD & HK YOSHIDA. 1994. Development of high-nutrient-dense, low-pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture*, 124: 293–305.
- COHEN, JE. 1995. Population Growth and Earth's Human Carrying Capacity. *Science*, 269: 341-346.
- D'ABRAMO, LR & SS SHEEN. 1991. Nutritional requirements, feed formulation and feeding practices for intensive culture of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Rev. Fish. Sci.*, 2: 1-21.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). The State of World Fisheries and Aquaculture 2010. Disponível na internet em: <http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e00.htm> Acessado em: 25/09/2011.
- FERNANDES DA SILVA, C, EC BALLESTER, J MONTSERRAT, L GERACITANO, W WASIELESKY & PC ABREU. 2008. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. *Aquaculture Nutrition*, 14: 507–514.

- FOCKEN, U, A GROTH, RM COLOSO & K BECKER. 1998. Contribution of natural food and supplemental feed to the gut content of *Penaeus monodon* Fabricius in a semi-intensive pond system in the Philippines. *Aquaculture*, 164: 105–116.
- FREITAS U, LFH NIENCHESKI, S ZARZUR, RP MANZOLLI, JPP VIEIRA & LC ROSA. 2008. Influência de um cultivo de camarão sobre o metabolismo bêntico e a qualidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(3): 293–301.
- FUNGE-SMITH, SJ & MRP BRIGGS. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. *Aquaculture*, 164: 117–133.
- HARGREAVES, JA. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*, 166: 181–212.
- GUARIENTO, RD. 2007. O papel do comportamento na ocorrência de cascatas tróficas. *Oecologia Brasiliensis*, 11(4): 590-600.
- HOPKINS, JS, RD HAMILTON II, PA SANDIFER, CL BROWDY & AD STOKES. 1993. Effect of water exchange rates on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets in intensive shrimp ponds. *Journal of the WAS*, 24: 304-320.
- IWAI, M. 1978. Desenvolvimento larval e pós-larval de *Penaeus (Melicertus) paulensis*, 1967 (Crustácea, Decapoda) e o ciclo de vida dos camarões do gênero *Penaeus* da região centro-sul do Brasil. 137 p. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo.

- JORGENSEN, P & CE BEMVENUTI. 2001. Cultivo intensivo de juvenis do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em cercados: avaliação experimental do sistema de engorda numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos. *Atlântica*, 23: 47-58.
- JU, ZY, I FORSTER, L CONQUEST, W DOMINY, WC KUO & FD HORGEN. 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquac. Res.* 39, 118-133.
- KUHN, DD, SA SMITH, GD BOARDMAN, MW ANGIER, L MARSH, & GJ FLICK. 2010. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp. *Litopenaeus vannamei*: impacts on survival, growth, antennae length, and pathology, Aquaculture 2010. March 1–5, 2010, San Diego, California.
- LIN, Y-C & J-C CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259: 109–119.
- LIN, Y-C & J-C CHEN. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224: 193–201.
- MALONE, RF & TJ PFEIFFER. 2006. Rating fixed film nitrifying biofilters used in recirculating aquaculture systems. *Aquacult. Eng.*, 34: 389–402.
- MARCHIORI, MA. 1996. Guia ilustrado de maturação e larvicultura do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. 79 p.

- MASUDA, K & C BOYD. 1994. Effects of aeration, alum treatment, liming, and organic matter application on phosphorus exchange between soil and water in aquaculture ponds at Auburn, Alabama. *Journal of the WAS*, 25(3): 405-416.
- NAKAYAMA, CL, S PEIXOTO, A BIANCHINI, RB ROBALDO & RO CAVALLI. 2008. Performance of *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) broodstock in tanks with sand and hard substrate. *Aquaculture Research*, 39: 398-405.
- NAYLOR RL, RJ GOLDBURG, JH PRIMAVERA, N KAUTSKY, MCM BEVERIDGE, J CLAY, C FOLKE; J LUBCHENCO, H MOONEY & M TROELL. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405:1017–1024.
- NAYLOR, RL, SL WILLIAMS & DR STRONG. 2001. Aquaculture—A Gateway for Exotic Species. *Science*, 294: 1655-1656.
- NUNES, AJP, TCV GESTEIRA & S GODDARD. 1997. Food ingestion and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. *Aquaculture*, 149(1): 121-136.
- NUNES, AJP & GJ PARSONS. 1999. Feeding levels of the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* in response to food dispersal. *Journal of the WAS*, 30: 331–348.
- OLSEN Y, O OTTERSTAD & CM DUARTE. 2008. Status and Future Perspectives of Marine Aquaculture. In: M HOLMER, PK HANSEN, I KARAKASSIS, JA

- BORG & PJ SCHEMBRI (eds.). Aquaculture in the Ecosystem. 293. Springer.  
DOI: 10.1007/978-1-4020-6810-2\_2.
- OSTRENSKY, A & D PESTANA. 2000. Avaliação das taxas de crescimento de *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em viveiros de cultivo. *Archives of Veterinary Science*, 5: 5-15.
- PEIXOTO, S, RO CAVALLI & W WASIELESKY. 2003. The Influence of Water Renewal Rates on the Reproductive and Molting Cycles of *Penaeus paulensis* in Captivity. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(2): 281-286.
- PRETO, AL, RO CAVALLI & T PISSETTI, PC ABREU & W WASIELESKY. 2005. Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivadas em gaiolas. *Ciência Rural*, 35(6): 1417-1423.
- PRETO, AL; TL PISSETTI, W WASIELESKY, LH. POERSCH & RO CAVALLI. 2009. Production of live bait-shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) in cages at varying stocking densities. *B. Inst. Pesca*, 35(1): 39 - 45.
- RAY, AJ, G SEABORN, JW LEFFLER, SB WILDE & A LAWSON. 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*, 310(1-2): 130-138.

- RITVO, G, TM SAMOCHA, AL LAWRENCE & WH NEILL. 1998. Growth of *Penaeus vannamei* on soils from various Texas shrimp farms, under laboratory conditions. *Aquaculture*, 163: 101-110.
- SHANG, YC, P LEUNG & BH LING. 1998. Comparative economics of shrimp farming in Asia. *Aquaculture*, 164: 183–200.
- SINGH, S, J EBELING & F WHEATON. 1999. Water quality trials in four recirculating aquacultural system configurations. *Aquacult. Eng.*, 20: 75–84.
- SOARES R, S PEIXOTO, C BEMVENUTI, W WASIELESKY, F D'INCAO, N MURCIA & S SUITA. 2004. Composition and abundance of invertebrate benthic fauna in *Farfantepenaeus paulensis* culture pens (Patos Lagoon estuary, Southern Brazil). *Aquaculture*, 239: 199-215.
- SOKAL, RR & FJ ROHLF. 1969. Biometry. Principle and practices of statistics in biological research. WH Freeman & Co., San Francisco, USA, 776 p.
- STRICKLAND, JDH & TR PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 310 p.
- STOKSTAD E. 2010. Down on the Shrimp Farm. *Science*, 328(5985): 1504-1505.
- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris. Manual and Guides 12, 53 p.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton metthodik. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38

VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water Quality and Management. In: VAN WYK, P; MD HODGKINS, R LARAMORE, KL MAIN, J MOUNTAIN & J SCARPA (Eds.). Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Tallahassee, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, 128–138.

VAZ, LJ, W WASIELESKY, RO CAVALLI, S PEIXOTO, MHS SANTOS & E BALLESTER. 2004. Growth and survival of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae in cages and pen enclosures. *Sci. Agric.*, 61(3): 332-335.

VINATEA, L & ER ANDREATTA. 1997. Comparative study of continuous and static water renewal strategies in the larviculture of *Penaeus paulensis* (Perez Farfante, 1967) associated with high stocking densities and different water renewal Rates. *Aquaculture*, 154: 247-259.

WASIELESKY, W. Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos de parâmetros ambientais e manejo de cultivo. 2000. 199p. Tese de Doutorado. FURG, Rio Grande.

WASIELESKY, WJ, S PEIXOTO, L JENSEN, LH POERSCH & A BIANCHINI. 2004. Estudo preliminar do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cercados no estuário da Lagoa dos Patos. *B. Inst. Pesca*, 30(1): 63 - 70.

- WASIELESKY W, HI ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396–403.
- WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. *Limnology and Oceanography*, 39: 1985–1992.
- WILLIAMS, AS, DA DAVIS & CR ARNOLD. 1996. Density-dependent growth and survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. *Journal of the WAS*, 27(1), 107–112.
- WYBAN, JA & JN SWEENEY. 1991. Intensive shrimp production technology: The Oceanic Institute Shrimp Manual. Honolulu: The Oceanic Institute, 158p.

Tabela 1. Valores médios e desvios padrões dos parâmetros de qualidade de água monitorados no experimento de comparação de sedimentos no desempenho de juvenis de camarões rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cultivo intensivo. SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

|  | SED + ORG                 | SED                      | CON                      |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Temperatura (°C)                       | 25,23 ± 1,32              | 25,43 ± 1,31             | 25,27 ± 1,39             |
| O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> ) | 6,19 ± 0,36               | 6,28 ± 0,38              | 6,23 ± 0,41              |
| pH                                     | 8,15 <sup>ab</sup> ± 0,10 | 8,18 <sup>a</sup> ± 0,08 | 8,11 <sup>b</sup> ± 0,11 |
| Salinidade                             | 31,0 ± 0,24               | 31,0 ± 0,33              | 30,9 ± 0,18              |
| Renovação total (%)                    | 342 ± 52                  | 350 ± 66                 | 367 ± 14                 |

Tabela 2. Peso médio final, crescimento semanal, sobrevivência, produtividade e conversão alimentar aparente (C.A.A.), obtidos no experimento de comparação de tipos de sedimento para *Farfantepenaeus paulensis*. Os tratamentos: SED+ORG (sedimentos com matéria orgânica); SED (sedimento sem matéria orgânica); CON (controle). Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

|                                     | SED+ORG                     | SED                         | CON                         |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Peso inicial (g)                    | 2,93 ± 0,72                 | 2,93 ± 0,72                 | 2,93 ± 0,72                 |
| Peso final (g)                      | 7,56 ± 1,84 <sup>a</sup>    | 6,51 ± 1,68 <sup>b</sup>    | 6,21 ± 1,70 <sup>b</sup>    |
| Crescimento (g sem <sup>-1</sup> )  | 0,77 ± 0,07                 | 0,60 ± 0,07                 | 0,52 ± 0,09                 |
| Sobrevivência (%)                   | 95,9 ± 2,0                  | 90,5 ± 5,1                  | 92,9 ± 4,5                  |
| Produtividade (kg m <sup>-2</sup> ) | 0,36 <sup>a</sup> ± 0,02    | 0,30 <sup>b</sup> ± 0,01    | 0,29 <sup>b</sup> ± 0,01    |
| C.A.A.                              | 1,12 ± 0,02: 1 <sup>a</sup> | 1,19 ± 0,04: 1 <sup>b</sup> | 1,22 ± 0,01: 1 <sup>c</sup> |

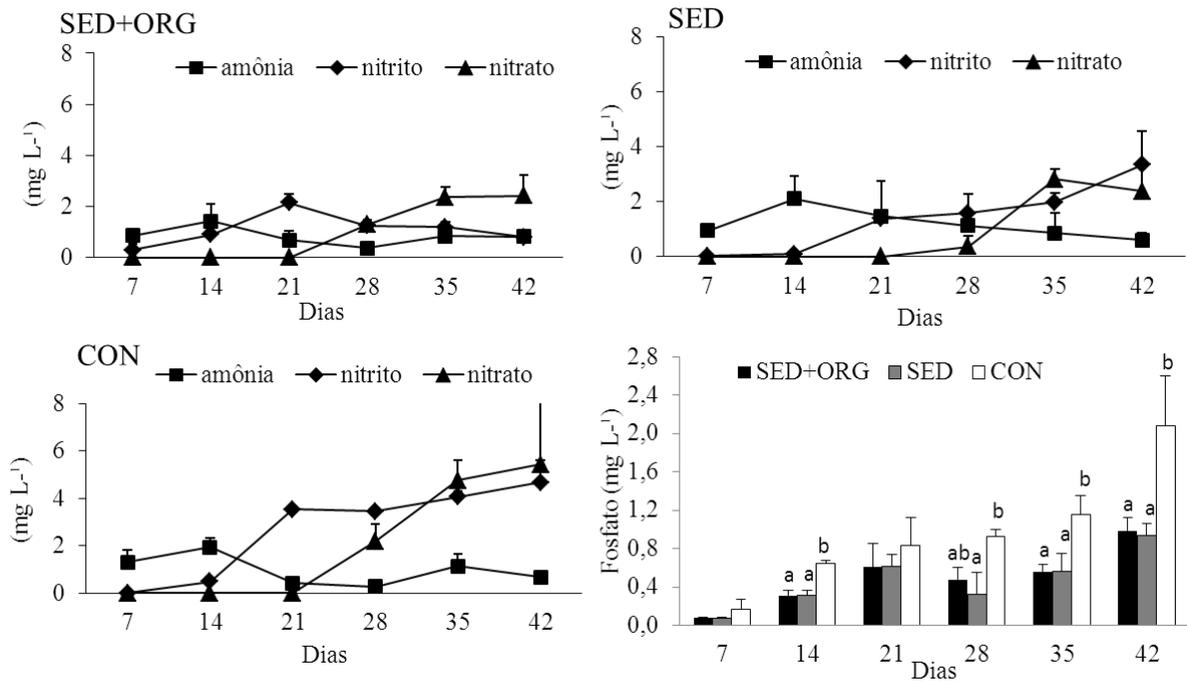


Figura 1. Concentrações dos compostos nitrogenados (amônia total, nitrito e nitrato) e fosfato presentes na água durante o experimento de comparação de sedimentos para o cultivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* nos tratamentos: SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

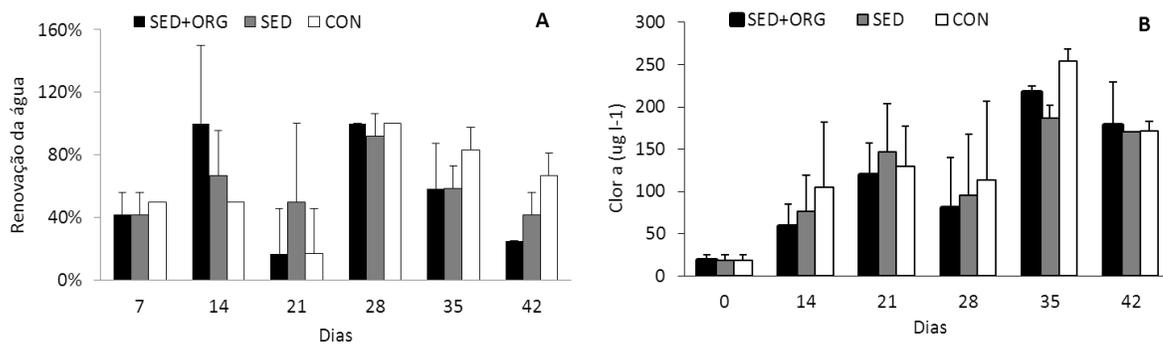


Figura 2. (A) Renovação de água, em percentagem do volume total das unidades experimentais, ao longo do período experimental dos tratamentos no experimento sobre importância do sedimento no cultivo intensivo de *F. paulensis*. (B) Concentração de clorofila *a* dos tratamentos durante o período experimental. SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle.

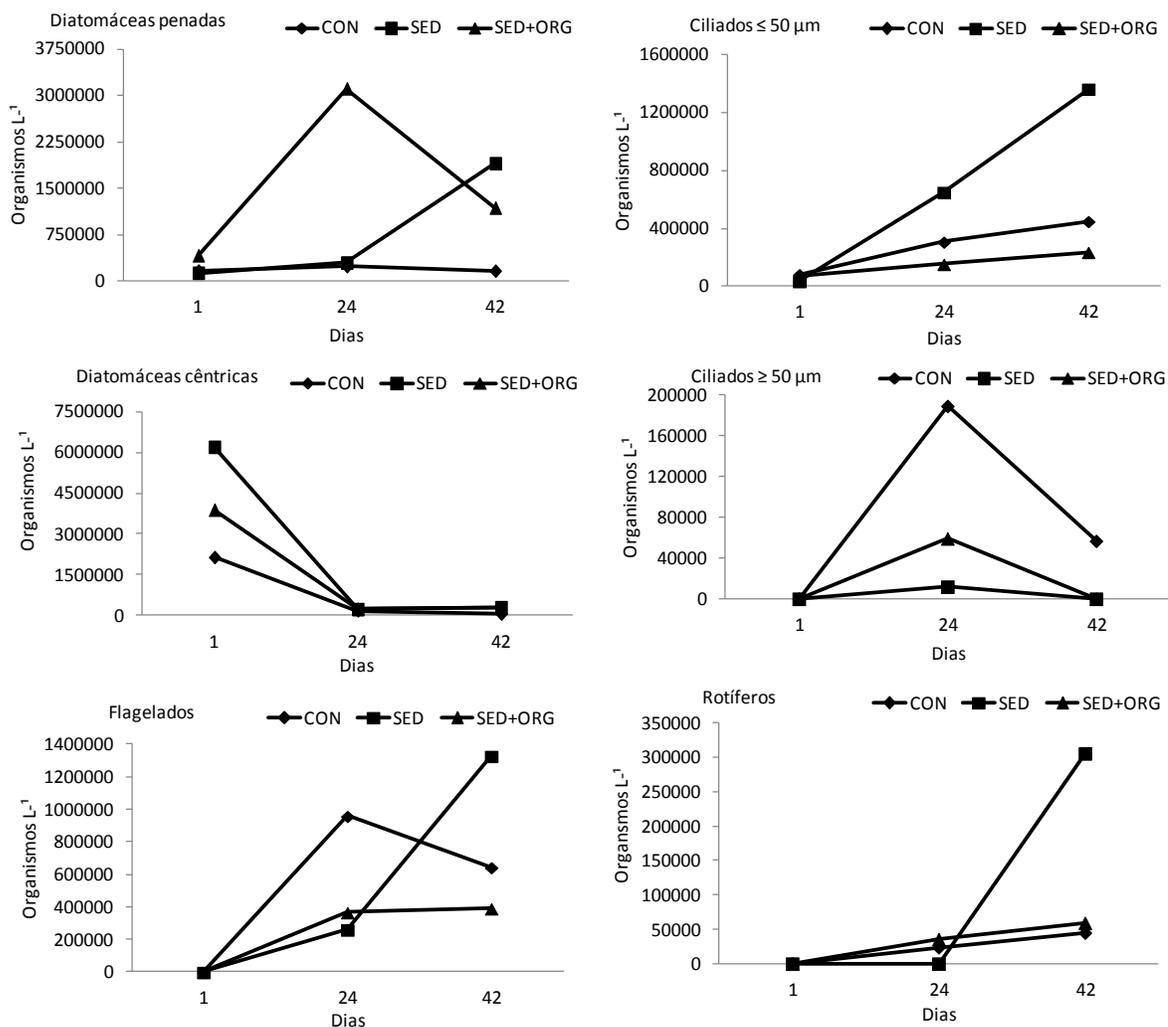


Figura 3. Variação das concentrações de microorganismos presentes na água durante o experimento de comparação de sedimentos sobre os resultados zootécnicos de juvenis de *F. paulensis*. Organismos avaliados: diatomáceas cêntricas, diatomáceas penadas, flagelados, ciliados  $\leq 50 \mu\text{m}$ , ciliados  $\geq 50 \mu\text{m}$  e rotíferos. SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

#### LEGENDA DAS TABELAS:

Tabela 1. Valores médios e desvios padrões dos parâmetros de qualidade de água monitorados no experimento de comparação de sedimentos no desempenho de juvenis d e camarões rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cultivo intensivo. SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

Tabela 2. Peso médio final, crescimento semanal, sobrevivência, produtividade e conversão alimentar aparente (C.A.A.), obtidos no experimento de comparação de tipos de sedimento para *Farfantepenaeus paulensis*. Os tratamentos: SED+ORG (sedimentos com matéria orgânica); SED (sedimento sem matéria orgânica); CON (controle). Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

#### LEGENDAS DAS FIGURAS:

Figura 1. Concentrações dos compostos nitrogenados (amônia total, nitrito e nitrato) e fosfato presentes na água durante o experimento de comparação de sedimentos para o cultivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* nos tratamentos: SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

Figura 2. (A) Renovação de água, em percentagem do volume total das unidades experimentais, ao longo do período experimental dos tratamentos no experimento sobre importância do sedimento no cultivo intensivo de *F. paulensis*. (B) Concentração de clorofila *a* dos tratamentos durante o período experimental. SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle.

Figura 3. Variação das concentrações de microorganismos presentes na água durante o experimento de comparação de sedimentos sobre os resultados zootécnicos de juvenis de *F. paulensis*. Organismos avaliados: diatomáceas cêntricas, diatomáceas penadas, flagelados, ciliados  $\leq 50 \mu\text{m}$ , ciliados  $\geq 50 \mu\text{m}$  e rotíferos. SED+ORG: sedimentos com matéria orgânica; SED: sedimento; CON: tratamento controle. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

**ANEXO II**

---

**Cultivo intensivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*: Utilização de substratos verticais e do sistema de flocos microbianos**

Artigo no formato de submissão para a revista Atlântica.

CULTIVO INTENSIVO DO CAMARÃO ROSA *Farfantepenaeus paulensis*: A UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS VERTICAIS E DO SISTEMA DE FLOCOS MICROBIANOS.

FÓES *et al.*

Palavras-chave: *Farfantepenaeus*, biofilme, biofloco, cultivo de camarões.

Key words: *Farfantepenaeus*, biofilm, biofloc, shrimp culture.

Título abreviado:

Nº de figuras:

Nº de tabelas:

## RESUMO

O objetivo do estudo foi comparar os resultados de qualidade de água, índices zootécnicos e relação entre microorganismos no sistema de cultivo utilizando substratos verticais, no sistema de flocos microbianos, sem renovação de água e comparando com um tratamento controle no cultivo em densidade elevada do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*. Juvenis (2,93 g) em densidade de 50 camarões m<sup>-2</sup> foram estocados em nove unidades experimentais com área de 1,4 m<sup>2</sup> por 42 dias. O experimento foi composto por três tratamentos, com três réplicas cada: BIOFILME, no qual substratos verticais (100 % da área do fundo e paredes das unidades experimentais) foram instalados cinco dias antes do início do experimento; BIOFLOCO, no qual foram inoculados 10 % de água com flocos microbianos proveniente de outro cultivo e 90 % de água salgada filtrada; e CONTROLE, no qual foi utilizada apenas água filtrada e nenhum substrato. Ao longo do experimento não foi necessário realizar nenhuma renovação de água no tratamento BIOFLOCO. Assim, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na renovação de água entre os tratamentos, com maior percentagem no tratamento CONTROLE que no tratamento BIOFILME. Os microorganismos também tiveram importância no crescimento dos camarões do tratamento BIOFLOCO, pois o peso médio final foi maior que os camarões dos outros tratamentos.

## ABSTRACT

In the last few years farming strategies have been developed to minimize the impact of excessive water renewal in intensive systems. The objective of this study was to compare the results of water quality, zootechnical performance and the relationship between microorganisms, in growing systems using vertical substrates, biofloc system, without exchange of water and a control treatment for the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. Juveniles (2.93 g) were placed in units with area of 1.4 m<sup>2</sup>, in the density of 50 shrimp m<sup>-2</sup>, for 42 days. Three treatment were studied: BIOFILM, where vertical substrates were placed five days before the start of the experiment; BIOFLOC, where inoculum of 10% water of a growout raceway water was added to 90% filtered water; CONTROL treatment, where it was placed only filtered water and no substrate. At the end, was observed that the shrimp in BIOFLOC treatment had a significantly higher growth ( $p < 0.05$ ) than the other treatments. There was also a significant difference ( $p < 0.05$ ) in water renewal, with no exchange in BIOFLOC treatment, and less on BIOFILM treatment than con treatment.

## INTRODUÇÃO

Uma das principais preocupações sobre o bem-estar ambiental relacionada à aquicultura é a poluição causada pelo despejo de matéria orgânica resultante do metabolismo dos organismos cultivados (fezes, excreção, metabólitos) e pelas perdas com alimentação (alimentos não consumidos) (Boyd 2003). Além disso, águas residuais da aquicultura podem conter materiais inorgânicos, produtividade primária excessiva e vários produtos químicos ou os seus resíduos (Tacon & Forster 2003). O resultado pode ser a mudança química, física e biológica das características do meio receptor, e principalmente do sedimento de fundo. A magnitude dos efeitos depende das características ambientais, tais como capacidade de dispersão das correntes e de carga do ambiente para assimilar conteúdo orgânico, mas também depende do tipo de sistema de cultivo empregado (Grigorakis 2010). Aliado aos impactos ambientais, produtores de camarões têm enfrentado problemas tais como, doenças dos animais cultivados e, conseqüente rejeição de produtos por mercados importadores. Com objetivo de minimizar estes problemas, a visão de uma produção amigável de camarões e também biosegura deve ser alcançada e isso exigirá a realização de mais pesquisas (Sudthikaran et al. 2007).

O desenvolvimento de sistemas de cultivo intensivos pode auxiliar o desenvolvimento da aquicultura, através da utilização de menores áreas de cultivo. 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.

Entretanto, um efeito intrínseco da intensificação é a rápida acumulação de resíduos alimentares do cultivo, compostos nitrogenados tóxicos e matéria orgânica particulada e dissolvida, pois somente 15 a 30 % dos nutrientes fornecidos como alimento são transformados em biomassa de organismos cultivados, enquanto que o excesso é perdido para o sedimento e atmosfera ou despejado como efluente (Gross et al. 2000). Isto resulta em vários problemas, como a deterioração da qualidade da água resultante da alta concentração de metabólitos e a conseqüente necessidade de renovação de água, durante a qual água residual é liberada para o ambiente (Boyd 2003). Atualmente, várias estratégias de cultivo tentam diminuir o impacto da renovação de água excessiva dos sistemas de cultivo para o ambiente adjacente (Mcintosh & Avnimelech 2001, Guerdat et al. 2010). Uma destas estratégias é a utilização de substratos verticais, nos quais há a formação e desenvolvimento do biofilme, que é uma comunidade de microorganismos associados a uma matriz orgânica e aderida a superfícies submersas (Ballester et al. 2003). A presença de biofilme nos sistemas de cultivo ajuda a manter a qualidade de água em condição adequada devido à absorção da amônia, do fósforo e pela produção de oxigênio (Thompson et al. 2002). Os microorganismos presentes no biofilme também são uma fonte de alimentação complementar, fornecendo nutrientes essenciais tais como ácidos graxos polinsaturados (PUFA), esteróis, aminoácidos, vitaminas e pigmentos, auxiliando em um melhor desenvolvimento dos organismos cultivados (Thompson et al. 2002). Além disso, a matriz orgânica do biofilme pode representar também uma

fonte de polissacarídeos, proteínas, ácidos nucléicos e outros polímeros (Fernandes da Silva et al. 2008).

Para o camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*, vários autores obtiveram resultados expressivos com a utilização de biofilmes. Ballester et al. (2003) observaram melhores taxas de sobrevivência e crescimento de *F. paulensis* com a adição de substratos em um cultivo em gaiolas. Preto et al. (2005) obtiveram valores elevados de crescimento e sobrevivência em gaiolas utilizadas como berçários intensivos (100 a 500 pós larvas m<sup>-2</sup>) e presença de substratos verticais. Ballester et al. (2007) demonstraram que o consumo de biofilme por pós larvas de *F. paulensis* em gaiolas com substratos verticais aumentou significativamente a sobrevivência e taxas de crescimento em relação ao tratamento sem os substratos.

Outra estratégia de cultivo ambientalmente amigável é a indução à formação de flocos microbianos, também chamados bioflocos, que oferece um ambiente atrativo para a produção de camarões e peixes, permitindo um cultivo em alta densidade com pouca ou nenhuma renovação de água (Burford et al. 2004, Wasielesky et al. 2006). Neste sistema, o excesso de nutrientes é assimilado e mineralizado por uma densa comunidade microbiana na coluna da água, assim atenuando a potencial toxicidade (Avnimelech 2006, Bratvold & Browdy 1998, Ebeling et al. 2006, Ray et al. 2010). Os microorganismos não somente removem o excesso de nutrientes, mas também possuem importância na nutrição dos animais cultivados, incluindo camarões e peixes, podendo resultar na melhoria da taxa de crescimento, conversão alimentar e ganho de peso (Ray et al.

2010). Para o camarão rosa *F. paulensis*, alguns trabalhos foram realizados na tentativa de aumentar o conhecimento deste sistema de cultivo. Por exemplo, Emerenciano et al. (2007), em experimento comparando o desempenho em berçário do meio heterotrófico com o sistema com renovação de água, resultou em desempenhos semelhantes entre os tratamentos. Ballester et al. (2010), realizaram experimento comparando desempenho de juvenis utilizando dietas com diferentes níveis de proteínas e resultou que com este sistema há possibilidade de redução das percentagens de proteína bruta nas rações. Fóes et al (2011) realizaram experimento comparando densidades de pós larvas em berçário, resultando em valores elevados de sobrevivência em todos os tratamentos. Entretanto, não há estudos sobre cultivo de juvenis de *F. paulensis* utilizando este sistema para a parte final de cultivo (engorda).

O objetivo do presente estudo foi avaliar os métodos de cultivo: utilização de substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos microbianos (BFT), analisando os parâmetros físico-químicos, a comunidade de microorganismos planctônicos e os dados zootécnicos da produção.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura, pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. Em uma estufa foram distribuídas nove caixas com volume de 1,0 m<sup>3</sup> e área de fundo de 1,4 m<sup>2</sup>, supridas por aeração intensa. Três repetições foram aleatoriamente escolhidas para os seguintes tratamentos: BIOFILME, no qual

foram colocados substratos verticais cinco dias antes do início do experimento (tela de nylon com  $\varnothing = 1,0$  mm), totalizando uma área igual a 100 % da área do fundo mais 100 % da área das paredes das unidades experimentais; BIOFLOCO, unidades experimentais foram inoculadas com 10 % de seu volume com água de um viveiro em produção utilizando sistema de bioflocos e os restantes 90 % de água salgada filtrada; e CONTROLE, utilizando somente água clara, sem colocação substratos e sem inóculo de bioflocos. A densidade de estocagem foi de 50 camarões  $m^{-2}$  e a duração do experimento foi de 42 dias.

Foram monitorados diariamente temperatura ( $\pm 0,1^{\circ}C$ ), oxigênio dissolvido ( $\pm 0,01$  mg  $L^{-1}$ ) e pH ( $\pm 0,01$ ), todos medidos com aparelho multiparâmetros YSI 556 MPS (EUA). Os compostos nitrogenados, fosfato, clorofila *a* e salinidade foram analisados a cada sete dias. A amônia total foi analisada de acordo com a metodologia de UNESCO (1983), as análises de nitrito, nitrato e fosfato seguiram as metodologias descritas em Strickland & Parsons (1972). A clorofila *a* foi determinada a partir de amostras de 20 ml da água de cultivo filtradas em filtro de fibra de vidro (Whatman GF/F). Os filtros foram colocados em frascos com 10 ml de acetona 90 % e mantidos no escuro e em baixa temperatura ( $-18^{\circ}C$ ) por 24 h, para extração da clorofila *a*. A concentração do pigmento foi determinada através de fluorímetro (Turner TD 700) de acordo com a metodologia descrita em Welschmeyer (1994). A salinidade foi medida com um refratômetro portátil (Atago, modelo RTS-101,  $\pm 1$ ).

As renovações de água foram executadas com objetivo de manter os valores dos compostos nitrogenados, principalmente amônia e nitrito em

concentrações seguras, abaixo de  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  (Crab et al. 2007). No presente estudo, houve inoculação de diatomáceas cêntricas (*Thalassiosira weissflogii*) na concentração de  $200 \text{ células ml}^{-1}$  em todas as unidades experimentais. Para análise da comunidade microbiana, amostras de água (20 ml) de cada tanque foram coletadas a cada 10 dias e fixadas em formalina 4 %. Alíquotas de 2,1 ml de cada amostra foram colocadas em câmara de sedimentação e os microorganismos foram identificados e contados em microscópio invertido (Zeiss Axiovert), com magnificação final de 400x (Utermöhl 1958).

Os camarões foram alimentados com ração comercial extrusada contendo 38 % de proteína bruta, duas vezes ao dia, na taxa de arraçoamento inicial de 8 % ao dia, e controlando as sobras com o uso de bandejas de controle. A biometria inicial foi realizada com 100 camarões, pesados individualmente para determinação do peso médio, cálculo da biomassa e quantidade de ração a ser fornecida. No dia 21, foram coletados 30 camarões de cada unidade experimental para verificação do peso médio, crescimento e determinação da biomassa. Ao final do experimento, todos os camarões foram pesados e quantificados para determinação do crescimento semanal, sobrevivência, produtividade e conversão alimentar aparente (C.A.A.), de acordo com as seguintes fórmulas:

Crescimento semanal, expresso em  $\text{g sem}^{-1}$ :  $(W_f - W_i) T^{-1}$ , sendo  $W_f$  o peso médio final,  $W_i$  o peso médio inicial e  $T$  o tempo em semanas.

Sobrevivência, expressa em percentagem (%):  $(N_f * N_i^{-1}) 100^{-1}$ , sendo  $N_f$  o número final e  $N_i$  o número inicial de camarões.

Produtividade, expressa em  $\text{g m}^{-2}$ :  $B_f * A^{-1}$ , sendo  $B_f$  a biomassa final e  $A$  área da unidade experimental.

Conversão alimentar aparente (C.A.A.):  $RF * (B_f - B_i)^{-1}$ , sendo  $RF$  a quantidade de ração fornecida,  $B_i$  a Biomassa inicial e  $B_f$  a Biomassa final.

Os valores de desempenho dos camarões nos diferentes tratamentos foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA) após serem confirmadas a homocedasticidade das variâncias e a normalidade da distribuição dos dados. Em caso de diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ( $p < 0,05$ ), foi aplicado o teste de Tukey (Sokal & Rohlf 1969).

## RESULTADOS

### Qualidade da água

Os resultados dos parâmetros de qualidade de água durante o período experimental são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1.

As variações nos valores de pH, percentagem de renovação de água e clorofila *a* durante o experimento são mostradas na Figura 1.

Figura 1.

As oscilações ao longo do tempo dos compostos nitrogenados e do fosfato nos tratamentos podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2.

## Microorganismos

As abundâncias de microorganismos em cada tratamento durante o período experimental são apresentadas na Figura 3.

Figura 3.

## Desempenho dos camarões

Os valores de desempenho zootécnico dos camarões ao final do período experimental são demonstrados na Tabela 2.

Tabela 3.

## **DISCUSSÃO**

Os parâmetros de qualidade de água estiveram nas faixas ideais de crescimento e sobrevivência da espécie (Van Wyk & Scarpa 1999, Boyd 2003, Arana 2004). Os valores de temperatura foram uniformes entre os tratamentos, não havendo diferença estatística e estiveram dentro da faixa ideal de crescimento para a espécie que é de 20 a 30 °C (Wasielesky 2000). As concentrações de oxigênio dissolvido estiveram próximas da saturação durante todo o experimento e não tiveram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. A salinidade não teve diferença entre os tratamentos e esteve dentro da faixa ideal de crescimento da espécie (Tsuzuki et al. 2003).

O pH apresentou variação entre os tratamentos, tendo valores médios significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) no tratamento BIOFLOCO em relação aos demais (Tabela 1). Os valores de pH dos tratamentos CONTROLE e BIOFILME

tiveram desempenhos semelhantes entre si ao longo do período experimental (Fig. 1A). Apesar da variação, os valores de pH em todos os tratamentos sempre estiveram na faixa ideal de sobrevivência e crescimento para a espécie (Van Wyk & Scarpa 1999).

As variações nas concentrações de clorofila *a* (FIG. 1B) nos tratamentos CONTROLE e BIOFILME podem ter sido influenciadas pelo regime de renovação da água. Houve diminuição de ambos os parâmetros quando foram realizadas renovações de água. No período final do experimento, quando as renovações de água diminuíram, os valores de clorofila *a* e pH aumentaram (Fig. 1A e 1C). No tratamento BIOFLOCO, a variação desses parâmetros esteve aparentemente mais relacionada com a maturação do bioflocos. A concentração da clorofila *a* neste tratamento apresentou um aumento inicial, diminuindo no final do experimento (Fig. 1C), quando a abundância do fitoplâncton também diminuiu (Fig. 3). O pH no tratamento BIOFLOCO diminuiu ao longo do período experimental, podendo estar relacionado com o aumento da quantidade de organismos heterotróficos (Fig. 3), que conseqüentemente aumenta os processos respiratórios. Wasielesky *et al.* (2006) também observaram diminuição do pH, em sistemas com flocos microbianos, e foram atribuídas às taxas de respiração por organismos heterotróficos.

Um efeito inseparável da intensificação da produção é o rápido acúmulo de resíduos alimentares, matéria orgânica e compostos nitrogenados tóxicos. Este acúmulo pode resultar na deterioração da qualidade de água, sendo necessária renovação de grandes volumes de água (Boyd 2003). Por exemplo, por meio de

renovações geralmente é possível manter os valores de amônia e nitrito em concentrações seguras. Um acúmulo destes compostos nitrogenados acima de  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  pode acarretar efeitos negativos sobre os animais aquáticos, incluindo estresse elevado, diminuição do transporte de oxigênio no sangue, enfraquecimento da imunidade e até mesmo a morte (Crab et al. 2007). Neste estudo, para o tratamento BIOFILME foi necessária renovação média de 6 % ao dia e no tratamento CONTROLE a renovação média diária foi 8 %, uma diferença de 25 % entre ambos. Resultados semelhantes com utilização de substratos verticais foram demonstrados em outros estudos (Hopkins et al. 1995, McIntosh et al. 2000, Thompson et al. 2002). O tratamento BIOFLOCO não teve nenhuma renovação de água durante o experimento. Neste sistema, o excesso de nutrientes foi assimilado e mineralizado pela comunidade microbiana presente na coluna da água, atenuando a potencial toxicidade dos compostos nitrogenados (Avnimelech 2006, Bratvold & Browdy 1998, Ebeling et al. 2006, Ray et al. 2009). Menor necessidade de renovação de água além de diminuir os efeitos deletérios da liberação excessiva de efluentes, também podem diminuir os custos de produção, pois utiliza menos bombeamento de água e em sistema com aquecimento, não há perda de temperatura.

A nitrificação é um processo biológico que transforma aerobicamente amônia em nitrito e em nitrato, que é menos tóxico para os animais aquáticos (Timmons et al. 2002). Em viveiros escavados, a completa nitrificação da amônia para nitrato ocorre no sedimento e em menor grau na coluna da água. Entretanto, este processo não é inteiramente possível no caso de viveiros revestidos, onde

frequentemente é reportado acúmulo excessivo de nitrito na água (Sesuk et al. 2009). No tratamento CONTROLE, nenhum substrato foi utilizado, resultando na necessidade de maior renovação de água. Mesmo assim, os valores de amônia chegaram a  $1,95 \text{ mg L}^{-1}$ , os de nitrito se elevaram durante o todo experimento, chegando ao final a  $4,70 \text{ mg L}^{-1}$  e o valor de nitrato a  $5,40 \text{ mg L}^{-1}$ . No tratamento BIOFILME, de forma semelhante ao tratamento CONTROLE, os valores de amônia foram controlados pela renovação de água. Mesmo assim, a amônia teve valor máximo de  $2,28 \text{ mg L}^{-1}$ , diminuindo posteriormente. A concentração de nitrito chegou a um valor médio máximo de  $6,30 \text{ mg L}^{-1}$  e se elevou durante todo o experimento, chegando a ter maior concentração que o nitrato ao final do período experimental, que foi  $3,77 \text{ mg L}^{-1}$ . Esses valores mais elevados podem ter ocorrido pela menor renovação de água praticada. No tratamento BIOFLOCO, devido a inoculação inicial de 10 % do volume de água com bioflocos proveniente de um viveiro com cultivo em andamento, houve nitrificação eficiente desde o início do experimento, resultando em valores médios de amônia e nitrito baixos durante todo o experimento, tendo como máximos  $0,62 \text{ mg L}^{-1}$  para amônia e  $1,20 \text{ mg L}^{-1}$  para o nitrito (Fig. 2). Entretanto, o valor máximo de nitrato chegou a  $13,3 \text{ mg L}^{-1}$ .

Em relação ao fosfato, houve diferença entre o tratamento BIOFLOCO e os outros. Enquanto nos tratamentos BIOFILME e CONTROLE tiveram valores médios de  $0,55$  e  $0,78 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente, o tratamento BIOFLOCO teve valor médio de  $1,60 \text{ mg L}^{-1}$ . Nos viveiros com renovação de água, grande parte do fósforo é liberada como efluente. Em estudos realizados durante o cultivo de *F. paulensis* na fase de berçário, foi demonstrado que o biofilme formado nas

paredes dos tanques tem a capacidade de reduzir a concentração de nitrogênio amoniacal e a exportação de fósforo para o ambiente, diminuindo potencialmente o risco de eutrofização dos corpos de água adjacentes (Thompson et al. 2002). No caso do tratamento BIOFLOCO, houve maior concentração do fósforo na água também devido provavelmente a menor capacidade de retenção deste elemento pelos camarões. Silva (2009), em experimento sobre dinâmica de N e P no sistema de bioflocos, determinou percentagens de retenção de fósforo em *F. paulensis* de 16 % e de 35 % para *L. vannamei*. A excreção de fósforo pelos camarões não depende só da quantidade, mas também da forma na qual este elemento é oferecido nas rações (Hua & Bureau 2006). A maioria das rações de camarões marinhos no Brasil é produzida utilizando a farinha de peixe como principal fonte protéica. A farinha de peixe tem grande quantidade de fósforo devido ao carbonato de fósforo presente nos ossos e escamas dos peixes. Cavalli et al. (2004) demonstraram que a farinha de peixe não é a melhor fonte de proteína para o camarão rosa *F. paulensis*, tendo esse apresentado a menor taxa de crescimento quando alimentado com esta fonte protéica, em comparação com rações formuladas com farinhas de lula e mexilhão. A toxicidade deste elemento é praticamente nula, entretanto altas concentrações devem ser evitadas devido a outros fatores como a proliferação de cianobactérias (Anderson et al. 2002).

Em relação às concentrações das diatomáceas, houve diminuição das abundâncias das diatomáceas cêntricas em todos os tratamentos (Figura 3), provavelmente devido à pastagem sobre estas microalgas, tanto pelos microorganismos heterotróficos como pelos camarões, chegando na metade do

experimento os valores próximos à zero, não havendo recuperação das abundâncias até o final. Preto et al. (2005) e Ballester et al. (2007) apresentaram evidências que *F. paulensis* consomem diatomáceas cêntricas de forma seletiva. As diatomáceas penadas aparentemente se beneficiaram da diminuição das cêntricas e aumentaram no início do experimento até a metade, no tratamento biofoco. Este padrão também foi observado por Fernandes da Silva et al. (2008) pois afirmaram que o decréscimo da abundância de grandes diatomáceas cêntricas resultou no incremento em número de pequenas diatomáceas penadas que rapidamente ocuparam os nichos disponíveis, numa via característica de organismos r-estrategistas. Entretanto, no tratamento CONTROLE as concentrações permaneceram baixas durante todo o período experimental, enquanto no tratamento biofilme as concentrações diminuíram desde o início até o fim do experimento. Uma possível explicação para o resultado encontrado no tratamento BIOFILME é que as penadas poderiam estar aderidas ao substrato e, portanto, não foram coletadas em quantidades maiores na coluna da água.

No presente trabalho, foi verificada uma relação inversa entre as abundâncias de flagelados e ciliados, e uma relação inversa entre os ciliados e os rotíferos. Provavelmente, houve predação dos rotíferos e dos próprios camarões sobre os ciliados, reduzindo a pressão sobre os flagelados, que aumentaram a abundância em um controle ecológico do tipo cascata trófica, que pode ser definida como os efeitos indiretos que o predador causa em níveis tróficos inferiores atuando diretamente em níveis tróficos intermediários (Guariento 2007). Os nematóides no tratamento BIOFLOCO tiveram crescimento constante,

enquanto no tratamento BIOFILME a abundância aumentou a partir da metade do experimento. O aumento da abundância de nematóides no tratamento BIOFLOCO durante o experimento, provavelmente está relacionado à dispersão dos flocos microbianos nas unidades experimentais, tornando mais fácil a coleta dos organismos pelas amostragens que foram executadas na coluna da água. No tratamento controle, a abundância dos nematóides aumentou até a metade e então diminuindo até o final. Pissetti (2005) afirmou que os nematóides presentes nos últimos estágios da sucessão microbiana do biofilme, são importantes itens alimentares de *F. paulensis* cultivados em cercados e tanques rede e que melhores taxas de crescimento foram observadas onde houve consumo de biofilme colonizado por estes organismos. Ballester et al. (2007) demonstraram que a presença de *F. paulensis* em tanques redes resultou em decréscimo da abundância de nematóides no biofilme comparando com um tratamento sem camarões.

No presente estudo, os camarões dos tratamentos tiveram os desempenhos zootécnicos próximos uns dos outros. Também tiveram desempenhos semelhantes em relação a outros estudos realizados com esta espécie para sistemas com troca de água (Peixoto et al. 2003), estruturas alternativas (Preto et al. 2005, Vaz et al. 2004, Wasielesky et al. 1999, 2001) e sem troca de água (Emerenciano et al. 2007, Ballester et al. 2007, 2010). Os resultados obtidos estão dentro daqueles encontrados por Ostrensky & Pestana (2000), que analisando resultados de produções comerciais de *F. paulensis* em viveiros no litoral do estado do Paraná, registraram taxas de crescimento semanal

que variaram entre 0,32 e 1,10 g semana<sup>-1</sup>, com temperaturas variando entre 18,0 e 25,6 °C, respectivamente. No presente estudo, taxas de crescimento variaram de 0,52 a 0,60 g semana<sup>-1</sup>. Entretanto, aqueles resultados foram obtidos em densidade de cultivo em torno de 7 a 10 camarões m<sup>-2</sup>, enquanto no presente trabalho a densidade foi de 50 camarões m<sup>-2</sup>.

O crescimento dos camarões em relação à renovação de água tiveram resultados significativos neste estudo. Hopkins et al (1995) demonstraram que boas taxas de crescimento para *L. vannamei* (0,61 a 0,94 g sem<sup>-1</sup>) poderiam ser obtidas em densidades de 40 a 60 camarões m<sup>-2</sup> e taxas de renovação entre 2,5 e 25 % ao dia. Williams et al. (1996) reportaram densidades ideais de estocagem entre 28 a 56 camarões m<sup>-2</sup> para *L. setiferus* com renovações de água entre 240 e 360 % ao dia. No presente estudo, o melhor resultado foi para o tratamento BIOFLOCO, que não teve nenhuma renovação de água, seguido do tratamento BIOFILME com renovação total de 267 % (6,3 % dia<sup>-1</sup>) e o tratamento CONTROLE com 342 % (8,1 % dia<sup>-1</sup>).

Os resultados demonstraram que a presença dos bioflocos e de biofilme nos substratos verticais resultou não apenas melhoria da qualidade de água, mas também no maior crescimento dos camarões. Thompson et al. (2002) analisaram o conteúdo estomacal de *F. paulensis* e observaram o consumo não seletivo do biofilme. Ballester et al. (2003) observaram melhores taxas de sobrevivência e crescimento de *F. paulensis* com a adição de substratos em um cultivo em gaiolas. Em sistemas de bioflocos, não há estudos anteriores com engordas de juvenis de *F. paulensis*. Entretanto, em experimentos com utilização de pós larvas, os

resultados demonstraram a eficiência dos flocos microbianos para a espécie (Emerenciano et al. 2007, 2011, Ballester et al. 2010, Fóes et al. 2011).

Em relação à conversão alimentar, vários estudos indicaram que a produtividade natural possui grande importância para a maioria dos organismos cultivados. E, especificamente no caso dos camarões, podem ser reduzidos os custos com nutrição e os riscos relatados pelo uso de dietas artificiais (Martinez-Cordova et al. 1998, Cuzon et al. 2004). No presente trabalho houve melhores resultados para o tratamento BIOFLOCO, em seguida foi o tratamento BIOFILME e por último o tratamento CONTROLE. Ballester et al. (2010) sugerem que devido à alta qualidade da composição nutricional dos organismos presentes nos flocos microbianos, pode ser possível a utilização de dietas artificiais com menores percentagens de proteína bruta (45 % para 35 %) no cultivo de *F. paulensis*, sem diferenças significativas nos resultados de sobrevivência, crescimento e C.A.A.

As produtividades dos tratamentos neste experimento podem ser consideradas elevadas, principalmente em relação à densidade de estocagem utilizada. No presente trabalho, em 42 dias de cultivo as produtividades alcançaram a 2950 kg ha<sup>-1</sup>. As densidades de cultivo nos empreendimentos comerciais que utilizavam *F. paulensis* nunca foram elevadas (Ostrensky & Pestana 2000). Esses autores, avaliando dados de crescimento de uma fazenda comercial, constataram que as produtividades médias eram de aproximadamente 500 kg ha<sup>-1</sup>. Wasielesky et al. (2001) pesquisando cultivos experimentais em cercados, alcançaram produtividades elevadas após 90 dias de cultivo, sendo que a maior foi 5000 kg ha<sup>-1</sup>. Wasielesky et al. (2004), em estudos preliminares sobre a

utilização de cercados de grande porte, alcançaram produtividade máxima de 500 kg ha<sup>-2</sup>, com densidade de 7,5 camarões m<sup>-2</sup>. Peixoto et al. 2003, utilizando densidades de estocagem de 15 camarões m<sup>-2</sup>, alcançaram em 102 dias de cultivo um crescimento de 0,78 g semana<sup>-1</sup>, peso médio final de 11,2 g e produtividade de 1451 kg ha<sup>-1</sup>.

Os sistemas sem renovação de água ou com menores taxas de renovação, possuem ainda outras vantagens em relação aos sistemas convencionais. Não há liberação de efluentes, ou há em menor quantidade, evitando diminuindo o risco de eutrofização e a liberação de patógenos para o ambiente; não há perda de calor, no caso da utilização de sistema de aquecimento; não há necessidade da utilização de sistemas de bombeamento de água constantemente e colocação de água com qualidade inadequada por necessidade. Além de tudo, sistemas sem renovação de água poderiam ser operados afastados da linha de costa, evitando a utilização de áreas de preservação e também a especulação imobiliária, normais nessas áreas. Estas vantagens associadas a um bom desempenho zootécnico estimulam a continuidade de pesquisas com a espécie *F. paulensis* em sistemas intensivos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Ao Laboratório de Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos/IO/FURG, pela análise das comunidades microbianas.

**LITERATURA CITADA**

- ALLAN, GL & GB MAGUIRE. 1992. Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. *Aquaculture*, 107(1): 49-66.
- ANDERSON, DM, PM GILBERT & JM BURKHOLDER. 2002. Harmful algal blooms and eutrophication nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, 25: 704-726.
- ARANA, LV. 2004. Fundamentos de Aquicultura. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 349 p.
- AVNIMELECH, Y. 2006. Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. *Aquac. Eng.*, 34: 172–178.
- BALLESTER, ELC, WJ WASIELESKY, RO CAVALLI, MHS SANTOS & PC ABREU. 2003. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário. *Atlântica*, 25: 117–122.
- BALLESTER, ELC, W WASIELESKY, RO CAVALLI & PC ABREU. 2007. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture*, 265: 355-362.
- BALLESTER ELC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L ABREU & W WASIELESKY. 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquac. Nutr.*, 16: 163-172.

- BOYD, CE. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm level. *Aquaculture*, 226: 101-112.
- BRATVOLD, D & CL BROWDY. 1998. Simple electrometric methods for estimating microbial activity in aquaculture ponds. *Aquac. Eng.*, 19: 29–39.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232: 525–537.
- CAVALLI, RO, S ZIMMERMANN & RC SPECK. 2004. Growth and feed utilization of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* fed diets containing different marine protein sources. *Ciência Rural*, 34: 891–896.
- CRAB, R, Y AVNIMELECH, T DEFOIRDT, P BOSSIER & W VERSTRAETE. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270(1–4): 1–14.
- CUZON, G, A LAWRENCE, G GAXIOLA & J GUILLAUME. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in pond or in tanks. *Aquaculture*, 235: 513–551.
- EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257:346–358.
- EMERENCIANO, MGC, W WASIELESKY, RB SOARES, EC BALLESTER, EM IZEPPi & RO CAVALLI. 2007. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa

(*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Scientiarum*, 29(1): 1–7.

EMERENCIANO, M, ELC BALLESTER, RO CAVALLI & W WASIELESKY. 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, 19(5): 1-11.

FERNANDES da SILVA, C, EC BALLESTER, J MONTSERRAT, L GERACITANO, W WASIELESKY & PC ABREU. 2008. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. *Aquaculture Nutrition*, 14: 507–514.

FÓES, GK, C FRÓES, D KRUMMENAUER, L POERSCH & W WASIELESKY. 2011. Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different Stocking densities. *Journal of Shellfish Research*, 30(2): 1-7.

GRIGORAKIS, K. 2010. Ethical Issues in Aquaculture Production. *J. Agric. Environ. Ethics*, 23: 345–370.

GROSS, A, CE BOYD & CW WOOD. 2000. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. *Aquac. Eng.*, 24: 1–14.

GUARIENTO, RD. 2007. O papel do comportamento na ocorrência de cascatas tróficas. *Oecologia Brasiliensis*, 11(4): 590-600.

- GUERDAT, TC, TM LOSORDO, JJ CLASSEN, JA OSBORNE & DP DeLONG. 2010. An evaluation of commercially available biological filters for recirculating aquaculture systems. *Aquac. Eng.*, 42: 38–49.
- HUA, K & DP BUREAU. 2006. Modeling digestible phosphorus content of salmonid fish feeds. *Aquaculture*, 254: 455-465.
- HOPKINS, JS, PA SANDIFER & CL BROWDY. 1995. A review of water management regimes which abate the environmental impacts of shrimp farming. In: BROWDY, CL & JS HOPKINS (Eds.), *Swimming Through Troubled Water. Proceedings of the Special Session Shrimp Farming, The World Aquaculture Society, Baton Rouge*, 157–166.
- MARTINEZ-CORDOVA, LR, MA PORCHAS-CORNEJO, H VILLARREAL-COLEMNARES, JA CALDERON-PEREZ & J NARANJO-PARAMO. 1998. Evaluation of three feeding strategies on the culture of white shrimp *Penaeus vannamei* Boone 1931 in low water exchange ponds. *Aquac. Eng.*, 17: 21–28.
- McINTOSH, D, TM SAMOCHA, ER JONES, AL LAWRENCE, DA MCKEE, ST HOROWITZ & A HOROWITZ. 2000. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. *Aquac. Eng.*, 21: 215–227.
- McINTOSH, RP & Y AVNIMELECH. 2001. New production technologies. *Glob. Aquac. Advocate*, 4(4): 54–56.

- OSTRENSKY, A & D PESTANA. 2000. Avaliação das taxas de crescimento de *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em viveiros de cultivo. *Archives of Veterinary Science*, 5: 5–15.
- PEIXOTO S, W WASIELESKY & L LOUZADA. 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, TL. 2005. Efeitos da densidade de estocagem e do substrato artificial no cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez–Farfante, 1967) em cercados. Rio Grande, FURG, 48 p. (Dissertação de Mestrado).
- PRETO, AL, RO CAVALLI, T PISSETTI, PC ABREU & WJ WASIELESKY. 2005. Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós larvas do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em gaiolas. *Cienc. Rural*, 35: 1417–1423.
- RAY, AJ, AJ SHULER, JW LEFFLER & CL BROWDY. 2009. Microbial ecology and management of biofloc systems. In: BROWDY, CL, DE JORY (Eds.). *The Rising Tide. Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 255–266.
- RAY, AJ, G SEABORN, JW LEFFLER, SB WILDE & A LAWSON. 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive

- aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*, 310(1-2): 130-138.
- SESUK, T, S POWTONGSOOK & K NOOTONG. 2009. Inorganic nitrogen control in a novel zero-water exchanged aquaculture system integrated with airlift-submerged fibrous nitrifying biofilters. *Bioresource Technology*, 100: 2088–2094.
- SOKAL, RR & FJ ROHLF. 1969. Biometry. Principle and practices of statistics in biological research. WH Freeman & Co., San Francisco, USA, 776 p.
- SILVA, KR. 2009. Dinâmica do Nitrogênio e do Fósforo no Cultivo Superintensivo dos Camarões *Litopenaeus vannamei* e *Farfantepenaeus paulensis* sem renovação de água. Rio Grande, FURG. 68 p. (Dissertação de Mestrado).
- SUDTHIKARAN, Y, D KANTACHOTE & B WITTAYAWEEERASAK. 2007. Impacts of intensive shrimp cultivation on bacteria in the nitrogen cycle and physicochemical properties of sediments. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 29(1): 25-35.
- STRICKLAND, JDH & TR PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 310 p.
- TACON, AGJ & IP FORSTER. 2003. Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*, 226: 181-189.

- TIMMONS, MB, JM EBELING, FW WHEATON, ST SUMMERFELT & BJ VINCI. 2002. Recirculating Aquaculture System. Northeastern Regional Aquaculture Center. Publication No. 01-002. Cayuga Aqua Ventures. Ithaca, NY. 769 p.
- THOMPSON FL, PC ABREU & WJ WASIELESKY. 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture*, 203: 263-278.
- TSUZUKI, MY, RO CAVALLI & A BIANCHINI. 2003. Effect of salinity on survival, growth, and oxygen consumption of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante 1967). *Journal of Shellfish Research*, 22(2): 555–559.
- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton metthodik. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.
- VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water Quality and Management. In: VAN WYK, P; MD HODGKINS, R LARAMORE, KL MAIN, J MOUNTAIN & J SCARPA (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, 128–138.
- VAZ, LJ, W WASIELESKY, RO CAVALLI, S PEIXOTO, MHS SANTOS & E BALLESTER. 2004. Growth and survival of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae in cages and pen enclosures. *Sci. Agric.*, 61(3): 332-335.

- WASIELESKY, W. Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos de parâmetros ambientais e manejo de cultivo. 2000. 199p. Tese de Doutorado. FURG, Rio Grande.
- WASIELESKY, WJ, LH POERSCH & A BIANCHINI. 1999. Comparação entre a sobrevivência e o crescimento do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em gaiolas e cercados. *Nauplius*, 7: 173-177.
- WASIELESKY, WJ, LH POERSCH, L JENSEN & A BIANCHINI. 2001. Effect of stocking density on pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda, Penaeidae). *Nauplius*, 9(2): 163-167.
- WASIELESKY, W, S PEIXOTO, L JENSEN, LH POERSCH & A BIANCHINI. 2004. Estudo preliminar do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cercados no estuário da Lagoa Dos Patos. *B. Inst. Pesca*, 30(1): 63-70.
- WASIELESKY W, HI ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396–403.
- WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and pheopigments. *Limnology and Oceanography*, 39: 1985–1992.

WILLIAMS, AS, DA DAVIS & CR ARNOLD. 1996. Density-dependent growth and survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. *Journal of the WAS*, 27(1): 107–11

Tabela 1. Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros de qualidade de água em cada tratamento durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*.

|  | Tratamentos                  |                              |                              |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|  | BIOFILME                     | BIOFLOCO                     | CONTROLE                     |
| Temperatura (°C)                       | 25,23 $\pm$ 0,30             | 24,94 $\pm$ 0,34             | 25,09 $\pm$ 0,34             |
| O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> ) | 6,29 $\pm$ 0,20              | 6,54 $\pm$ 0,11              | 6,23 $\pm$ 0,16              |
| pH                                     | 8,11 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup> | 8,25 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup> | 8,11 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup> |
| Salinidade                             | 31,0 $\pm$ 0,13              | 31,2 $\pm$ 0,27              | 30,9 $\pm$ 0,18              |
| Renovação total (%)                    | 267 $\pm$ 38 <sup>b</sup>    | 0 <sup>a</sup>               | 342 $\pm$ 14 <sup>c</sup>    |

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2. Parâmetros zootécnicos dos camarões nos diferentes tratamentos ao final do período experimental de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*.

|                                      | BIOFLOCO                 | BIOFILME                  | CONTROLE                 |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Peso inicial (g)                     | 2,93 ± 0,72              | 2,93 ± 0,72               | 2,93 ± 0,72              |
| Peso final (g)                       | 6,59 ± 1,46 <sup>a</sup> | 6,35 ± 1,34 <sup>ab</sup> | 6,21 ± 1,62 <sup>b</sup> |
| Crescimento (g sem <sup>-1</sup> )   | 0,60 ± 0,03              | 0,56 ± 0,03               | 0,52 ± 0,09              |
| Sobrevivência (%)                    | 89,8 ± 3,5 <sup>a</sup>  | 83,7 ± 2,0 <sup>b</sup>   | 92,9 ± 4,5 <sup>a</sup>  |
| Produtividade (g sem <sup>-1</sup> ) | 295 ± 12                 | 266 ± 10                  | 288 ± 2                  |
| C.A.A.                               | 1,17: 1 <sup>a</sup>     | 1,23: 1 <sup>b</sup>      | 1,22: 1 <sup>b</sup>     |

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).  
C.A.A. Conversão alimentar aparente.

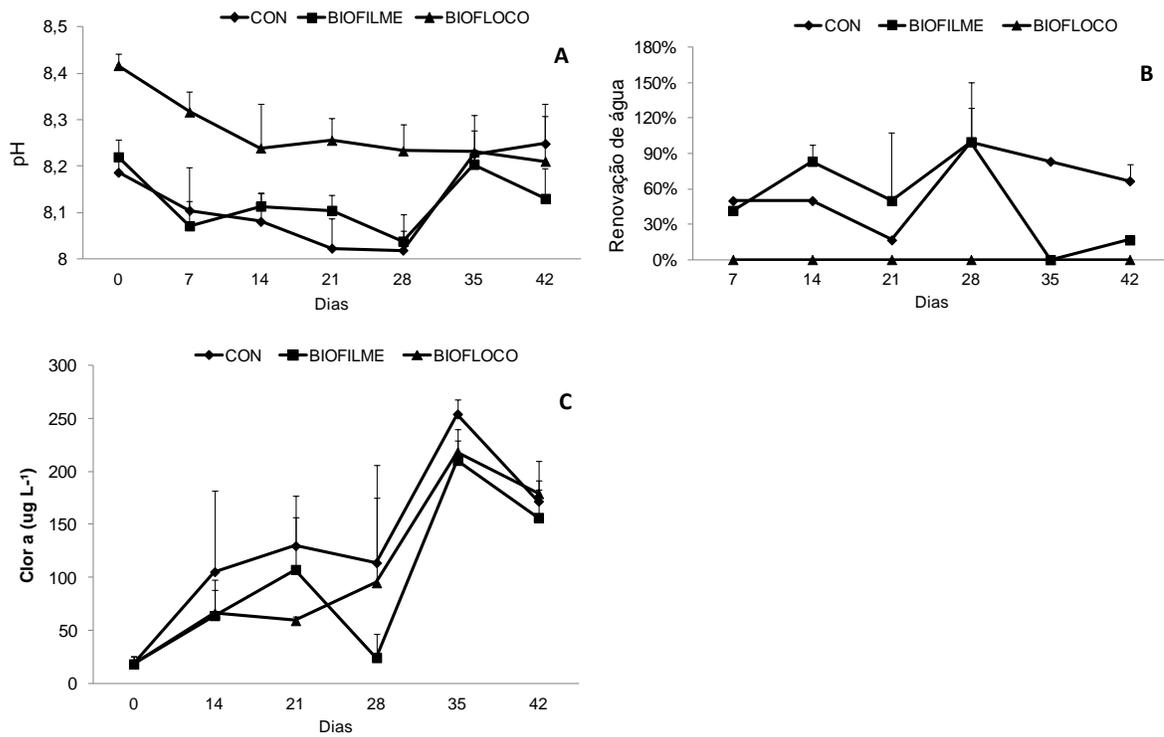


Figura 1. Variações de concentrações de pH, percentagem de renovação de água e clorofila a nos tratamentos BIOFILME, BIOFLOCO e CONTROLE durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*.

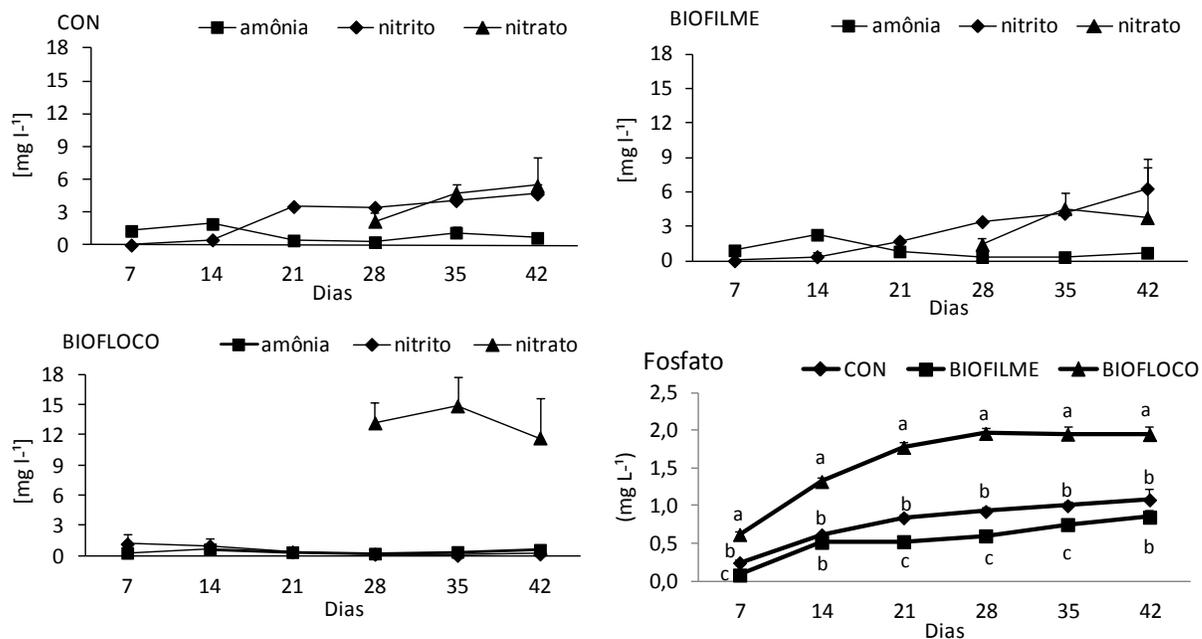


Figura 2. Valores dos compostos nitrogenados e do fosfato ( $P-PO_4^{-3}$ ) nos tratamentos BIOFILME, BIOFLOCO e CONTROLE durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

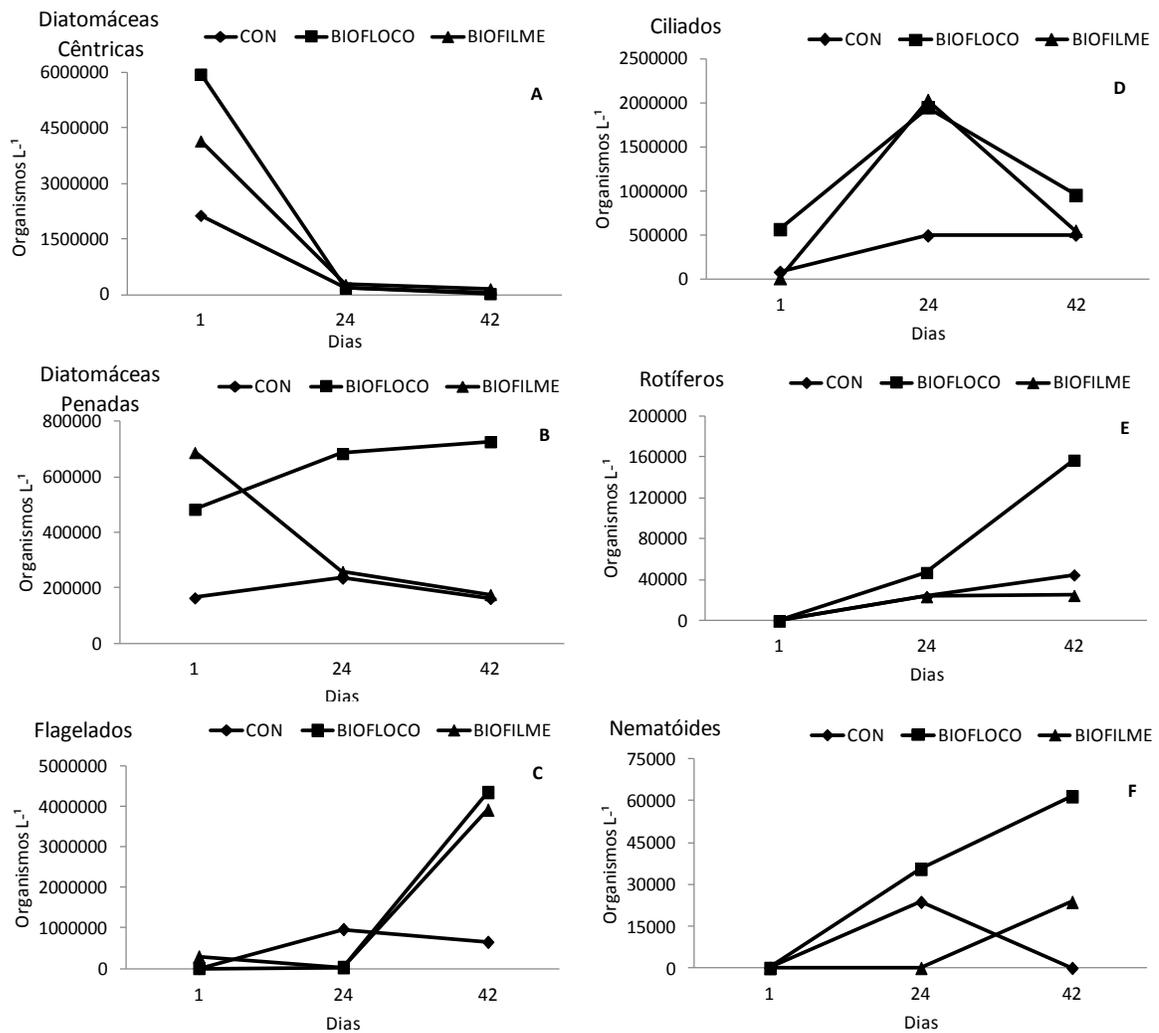


Figura 3. Abundância de microorganismos nos tratamentos BIOFILME, BIOFLOCO e CONTROLE durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

## LEGENDA DAS TABELAS

Tabela 1. Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros de qualidade de água em cada tratamento durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*.

Tabela 2. Parâmetros zootécnicos dos camarões nos diferentes tratamentos ao final do período experimental de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*.

## LEGENDAS DAS FIGURAS

Figura 1. Variações de concentrações de pH, percentagem de renovação de água e clorofila *a* nos tratamentos BIOFILME, BIOFLOCO e CON (controle) durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*.

Figura 2. Valores dos compostos nitrogenados e do fosfato ( $P-PO_4^{-3}$ ) nos tratamentos BIOFILME, BIOFLOCO e CON (controle) durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Figura 3. Abundância de microorganismos nos tratamentos BIOFILME, BIOFLOCO e CON (controle) durante o experimento de análise do sistema de cultivo com substratos verticais para formação de biofilme e sistema de flocos bacterianos para o cultivo intensivo de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

**ANEXO III**

---

**Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system (BFT): survival and growth at different stocking densities**

Artigo publicado na revista Journal of Shellfish Research, v. 30, n° 2, 1–7, 2011.

## NURSERY OF PINK SHRIMP *FARFANTEPENAEUS PAULENSIS* IN BIOFLOC TECHNOLOGY CULTURE SYSTEM: SURVIVAL AND GROWTH AT DIFFERENT STOCKING DENSITIES

GERALDO K. FÓES, CHARLES FRÓES, DARIANO KRUMMENAUER, LUIS POERSCH AND WILSON WASIELESKY JR.\*

Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Instituto de Oceanografia, Laboratório de Carcinocultura, Rua do Hotel, 02, Praia do Cassino, Rio Grande, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, CEP 96201-900

**ABSTRACT** *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae were reared at different stocking densities during the nursery phase in a biofloc technology (BFT) culture system without water exchange. An experimental system comprising a 70-m<sup>3</sup> macrocosm tank containing shrimp cultured in the BFT system at 300 shrimp/m<sup>2</sup>, with a productivity of 2.7 kg/m<sup>2</sup> was used, which supplied twelve 0.5-m<sup>2</sup> tanks at densities of 500, 1,000, 1,500, and 2,000 shrimp/m<sup>2</sup> through pumping. The experiment lasted for 30 days. The water was recirculated 48 times a day from the macrocosm to the microcosm tanks. The growth rate, final weight, survival, and productivity of the shrimp were analyzed. There were no significant differences in the water quality parameters among treatments because the water input and output from the macrocosm tank to the experimental units was constant. There were also no significant differences ( $P > 0.05$ ) in survival. However, the final weight and productivity were significantly different ( $P < 0.05$ ) among treatments. The treatments with the lowest stocking densities were associated with the highest weights, whereas the treatments with the highest stocking densities presented the highest productivities. The study demonstrates that the use of a BFT culture system may enable the culture of this species at high stocking densities in nurseries. The results also demonstrate the possibility of using a high stocking density for commercial culture and restocking programs.

**KEY WORDS:** *Farfantepenaeus paulensis*, nursery, biofloc, stocking density, water exchange

### INTRODUCTION

The distribution of *Farfantepenaeus paulensis* ranges from the southern Bahia State (13° S) in Brazil to Mar del Plata (38° S) in Argentina. This species has commercial importance along the Brazilian southeastern coast, as fishing activities are associated with its 2 population strata, including the capture of juveniles and preadults in estuarine and lagoon areas (artisanal fishing), and adults in oceanic areas (industrial fishing). The overfished status of this species, as characterized by D'Incao et al. (2002), has probably been caused by the disorderly growth of the industrial fleet, increases of artisanal fishing in breeding areas, and the inefficiency of fishery legislation and control.

There are currently marine aquaculture activities in Brazil based on the culture of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. However, the pink shrimp, *F. paulensis*, has also demonstrated the potential to be cultured in ponds (Peixoto et al. 2003) and alternative structures such as pens (Jensen et al. 2004, Wasielesky et al. 2004) and cages (Cavalli & Wasielesky 2003, Wasielesky et al. 2003, Jensen et al. 2004, Preto et al. 2009), as well as to be restocked in coastal lagoons (Malpartida & Vinatea 2007).

In addition, the technology for culturing *F. paulensis* postlarvae in the laboratory is well developed (Marchiori 1996). The intensification of shrimp culturing is becoming an important strategy for increasing productivity rates through the increase of stocking densities and the use of transitory culture systems, which are also referred to as nurseries (Peterson & Griffith 1999). Allan and Maguire (1992) noted the need for cost reduction through the production of higher biomasses within the range of stocking densities that are acceptable for the organisms and the environment. Designing culture systems with 2 phases has become a

common strategy for rearing marine shrimp, and this has enabled the intensification of the production of these species. In these systems, postlarvae are transferred from the laboratory to intermediate tanks, referred to as nurseries, where they remain for a period before they are transferred to ponds. There are many benefits associated with the use of a nursery phase, including the potential increase of annual stocks through the reduction of the grow-out period and, in temperate climate regions, the possibility of production beginning in the coldest months using systems with controlled temperature (Samochoa et al. 1993, Peterson & Griffith 1999, Samochoa et al. 2000). In addition, such nurseries allow for improvements of feed conversion and survival, thus avoiding the need for using higher stocking densities, detecting high mortalities, and thus using the structures for production more beneficially and obtaining greater numbers of individuals (Sturmer & Lawrence 1987, Stern & Letellier 1992, Arnold et al. 2006).

Nurseries have also been used as a biosecurity measure to mitigate losses caused by diseases. The intensive production of postlarvae could support the stocking of commercial species used in fishery activities, thereby reducing problems associated with seasonal fluctuations in larval recruitment (Lonegaran et al. 2004) directly from the laboratory (Moss & Moss 2004).

An intrinsic effect of the intensification of culturing is the rapid accumulation of feed wastes, toxic nitrogen compounds, and dissolved and particulate organic matter, as only 15–30% of the nutrients supplied as feed are transformed into biomass of the organisms being reared, whereas the excess is lost to the sediment and atmosphere or discharged as effluent (Gross et al. 2000). This results in various problems. One such problem is the deterioration of water quality resulting from the high concentration of metabolites and the consequent need for water exchange, during which wastewater is discharged into the environment. Additional challenges stem from the low percentage of feed used and the consequent low biomass conversion by the reared organisms.

\*Corresponding author. E-mail: manow@mikrus.com.br  
DOI: 10.2983/035.030.0224

When used in super intensive system, recirculation of water may increase its viability by reducing the large release of nutrients associated with intensive cultures and cost of water heating in cold months (Burford et al. 2003). Low rates of water exchange in the intensive production of *L. vannamei* have been achieved through recirculation systems (Reid & Arnold 1992, Samocha et al. 2002, Mishra et al. 2008). However, these systems are associated with high costs of installation and operation (Ebeling & Timmons 2007).

A potentially more viable alternative is presented by culture systems without water exchange, which are fertilized with carbon sources to maintain a carbon-to-nitrogen ratio of 20:1, high aeration rates, and constant water mixing. These factors are used to manipulate microbial communities, thus contributing to the formation of flocculated particles rich in bacteria, phytoplankton, and other microorganisms (McIntosh 2000a, Burford et al. 2003, Burford et al. 2004). This type of system, referred to as a microbial flocs or biofloc system, is based on the bacterial absorption of nitrogen compounds, including ammonia, and their subsequent conversion into cellular protein, thus neutralizing its toxicity and providing an additional nutrition source (McIntosh 2000b, Burford et al. 2003, Burford et al. 2004, Wasielesky et al. 2006). These systems reduce the need for including animal protein in feed, allow for increases in productivity (reaching 100 tons/ha/y, which is 10 times greater than current typical productivities), and, because there is no water exchange, enable culturing to be carried out away from coastal areas. In addition, through the maintenance of a high water temperature, these systems allow the production of fresh shrimp in temperate climate regions throughout the year (Stokstad 2010).

Successful intensive shrimp culturing in nurseries has thus far been limited to *L. vannamei*, for which rapid growth and high survival rates have been achieved (Moss & Moss 2004, Cohen et al. 2005). However, studies have also been carried out on the use of nurseries in different culture systems for *F. paulensis*. Speck et al. (1993) evaluated the effects of stocking density on survival and growth. Jensen et al. (2004) compared the performance of nurseries in pens and cages. Thompson et al. (2002) and Ballester et al. (2003, 2007) studied the importance of

the biofilm attached to submerged surfaces on the performance and water quality associated with these cultures. Achieving optimal culture conditions has been studied in relation to temperature (Hennig & Andreatta 1998) and ammonia (Wasielesky et al. 1994). Fróes et al. (2007) compared different protein levels in diets, and Cavalli et al. (2008) evaluated different feeding frequencies. Emerenciano et al. (2007) compared the use of a nursery in a BFT culture system with the more commonly used method (high water exchange rates). Ballester et al. (2010) compared diets with different protein levels in a nursery setting. This study aimed to determine the optimal capacity for the growth, survival, and productivity of postlarvae of the pink shrimp *F. paulensis* reared at different stocking densities using an intensive nursery in a BFT culture system, reducing the effects of water quality through a recirculation system.

## MATERIALS AND METHODS

### Experimental Design

The experiment was carried out at the Marine Station of Aquaculture, Prof. Marcos Alberto Marchiori, Federal University of Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brazil. A microcosm system containing 12 tanks (with volumes of 0.5 m<sup>3</sup> and 180 L), supplied by intense individual aeration, was set up in a greenhouse. Each tank was associated with a water input pumped from a matrix tank (70 m<sup>2</sup>), referred to as a macrocosm tank, where BFT culturing was performed at a density of 300 shrimp/m<sup>2</sup> (weight, 9.0 g; productivity, 2.7 kg/m<sup>2</sup>). A submerged pump distributed water to the tanks, and this water was returned via gravity to a drain directed to the macrocosm tank. The water was completely recirculated from the macrocosm to the microcosm 48 times each day (Fig. 1). Three replicates were randomly assigned to each of the following treatments: stocking densities of 500, 1,000, 1,500 and 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>. The experiment lasted for 30 days.

### Shrimp Stocking

*F. paulensis* postlarvae ( $0.008 \pm 0.001$  g) from the Larviculture Sector, Laboratory of Shrimp Culture, Federal University

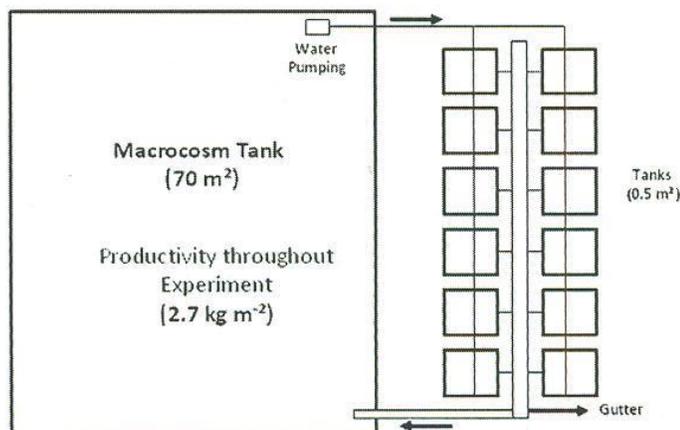


Figure 1. Experimental water recirculation system used for evaluating the growth and survival of *F. paulensis* postlarvae reared in a nursery at different stocking densities and in a BFT culture system.

of Rio Grande were used for the experiment. Every 10 days, 50 shrimp from each tank were randomly selected and individually weighed (balance precision, 0.01 g), then returned to the experimental units. At the end of the experiment, the remaining shrimp were counted to determine survival.

#### Water Quality Monitoring

The temperature (mercury thermometer with a 0.5°C precision), dissolved oxygen (YSI,  $55 \pm 0.01$  mg/L), pH (YSI,  $100 \pm 0.01$  mg/L), and salinity (ATAGO manual optical refractometer  $\pm 1.0$ ) were measured daily. The concentrations of total ammonium nitrogen (UNESCO 1983), nitrite, nitrate, and phosphate (Strickland & Parsons 1972) were measured every 3 days.

#### Feeding

The shrimp were fed twice a day (at 0800 HR and 1800 HR) with a Guabi active commercial diet, providing 38% CP. The daily feeding rate was equivalent to 10% of the biomass of the shrimp in the tanks throughout the experiment, and the values were adjusted after every set of biometry measurements were taken.

#### Statistical Analysis

Survival, growth, and water quality parameters were analyzed by 1-way ANOVA. To satisfy the ANOVA assumptions, survival was transformed through a constant factor (arcsine square root). Tukey's test was applied when significant differences were detected. All tests were performed after the confirmation of variance homogeneity (Levene's test) and data distribution normality (Kolmogorov-Smirnov's test) (Sokal & Rohlf 1969).

## RESULTS

#### Water Quality

The water quality parameters did not differ significantly among treatments (Table 1).

#### Shrimp Growth and Productivity

The shrimp reared at the lowest stocking densities achieved significantly greater weight ( $P < 0.05$ ) during the first 10 days of

the experiment. The differences in weight were 25.9% between densities of 500 shrimp/m<sup>2</sup> and 1,000 shrimp/m<sup>2</sup>, 68.8% between 500 shrimp/m<sup>2</sup> and 1,500 shrimp/m<sup>2</sup>, and 75.1% between 500 shrimp/m<sup>2</sup> and 2,000 shrimp/m<sup>2</sup> (Fig. 2).

Survival rates did not differ significantly among treatments (Fig. 3).

The specific growth rate was associated with the trend observed for weight, which was greater at the lowest stocking densities and lowest for shrimp with the highest weight. The specific growth rates were  $11.86 \pm 0.35$ ,  $11.09 \pm 0.45$ ,  $10.10 \pm 0.57$ , and  $9.98 \pm 0.44\%$  per day at stocking densities of 500, 1,000, 1,500, and 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>, respectively (Fig. 4).

Productivity differed significantly among treatments (Fig. 5). The feed conversion rate did not differ significantly among treatments, and was  $1.61 \pm 0.02$ ,  $1.70 \pm 0.15$ ,  $1.66 \pm 0.10$ , and  $1.64 \pm 0.20$  at densities of 500, 1,000, 1,500, and 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>, respectively.

## DISCUSSION

#### Water Quality

No significant differences were detected in the water quality parameters among treatments, and the values remained within the recommended ranges for the growth and survival of the investigated species (Van Wik & Scarpa 1999). These results suggest that the high rate of water exchange in the experimental system maintained a water quality similar to that of the matrix tank. The low concentrations of ammonia and nitrite, and high concentration of nitrate indicate that the microbial community in the matrix tank had been successfully established and was carrying out intense processes of nitrification, and conversion of ammonia into microbial protein. Nitrate is less toxic for shrimp than ammonia and nitrite (Rijn et al. 2006); however, nitrate concentrations of approximately 100 mg/L are considered lethal. In this study, the mean and highest values of nitrate observed were 36.3 mg/L and 53 mg/L, respectively. The main cause of the negative relationship between stocking density and growth is generally unclear, because it is difficult to separate the effects of behavior, pond bottom, water quality, and feed availability. However, if the quality of the pond bottom and water, and the availability of feed are adequately maintained, the negative relationship between stocking density and growth can be associated with a maximum limit to the stocking density, beyond which agonistic behavior may suppress growth (Otoshi et al. 2007). In this study,

TABLE 1.  
Water quality parameters (mean  $\pm$  SD) for *F. paulensis* postlarvae cultured in a nursery at different stocking densities in a BFT culture system.

| Parameter                     | Mean $\pm$ SD    |
|-------------------------------|------------------|
| Temperature, °C               | 28.2 $\pm$ 0.13  |
| Dissolved oxygen, mg/L        | 5.63 $\pm$ 0.10  |
| pH                            | 7.24 $\pm$ 0.03  |
| Salinity                      | 28.90 $\pm$ 0.71 |
| Total ammonium nitrogen, mg/L | 0.11 $\pm$ 0.06  |
| Nitrite, mg/L                 | 0.13 $\pm$ 0.09  |
| Nitrate, mg/L                 | 36.32 $\pm$ 13.6 |
| Phosphate, mg/L               | 1.94 $\pm$ 1.33  |
| Chlorophyll <i>a</i> , µg/L   | 339.7 $\pm$ 83.3 |

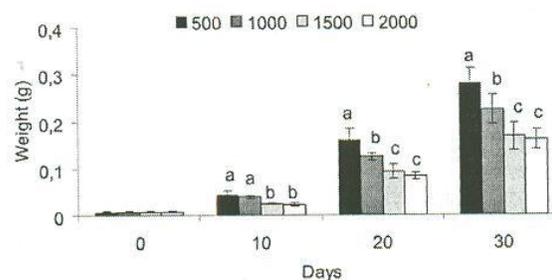


Figure 2. Weight of *F. paulensis* postlarvae reared in a nursery at different stocking densities (500, 1,000, 1,500, and 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>) in a BFT culture system. Bars indicate SD. Different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

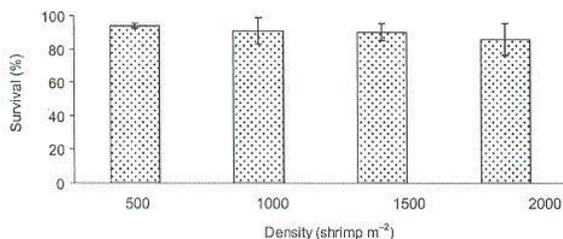


Figure 3. Survival of *F. paulensis* postlarvae reared in a nursery at different stocking densities in a BFT culture system. Bars indicate SD.

the intense and constant water recirculation, and the supply of equal quantities of feed in relation to biomass to all treatments maintained similar culture conditions among the treatments, thus reducing the effects of water quality and feed availability on the stocking density. Therefore, it appears that the water quality did not influence growth and survival, even at the highest stocking densities used in this study.

#### Survival

During the larval and nursery phases, survival is considered the most important parameter for culturing success. In this study, the stocking density did not significantly affect survival, and although a higher survival rate was observed at the lowest stocking density, a survival rate of 85.9% was still registered at the highest stocking density. The survival rates observed were 94.0%, 91.0%, and 90.4% at 500, 1,000, and 1,500 shrimp/m<sup>2</sup>, respectively, which is similar to results obtained by other authors.

Hennig and Andreatta (1998) reared *F. paulensis* postlarvae in an indoor system at 1,800 shrimp/m<sup>2</sup> and observed a survival rate of 80.4% and a average weight of 0.24 g after 25 days using a water exchange rate of 1,080%. Ballester et al. (2003) studied the effects of biofilm (autotrophic and heterotrophic microbial communities attached to submerged surfaces) on the survival and growth of *F. paulensis* reared in pens at 300 shrimp/m<sup>2</sup> in an estuary and obtained survival rates from 96–99%. Vaz et al. (2004) compared the growth and survival of *F. paulensis* postlarvae reared in cages with and without artificial substrates at 200 shrimp/m<sup>2</sup> and achieved survival rates of 92.2% and 88.7%, respectively. In addition, Ballester et al. (2007) compared the growth and survival of *F. paulensis* postlarvae reared in cages with and without artificial substrates at 3,000 shrimp/m<sup>2</sup> and

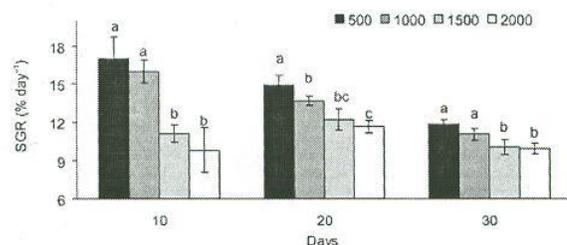


Figure 4. Specific growth rate (SGR) of *F. paulensis* postlarvae reared in a nursery at different stocking densities (500, 1,000, 1,500, and 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>) in a BFT culture system. Bars indicate SD. Different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

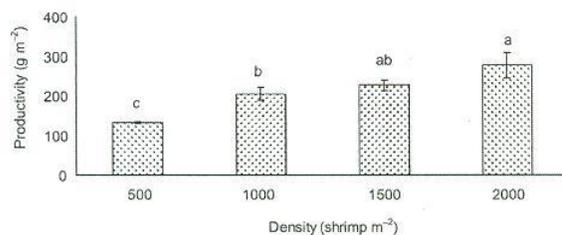


Figure 5. Productivity of *F. paulensis* postlarvae reared in a nursery at different stocking densities in a BFT culture system. Bars indicate SD. Different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

registered survival rates of 95.4% and 90.7%, respectively. However, this relationship has not been found by other authors who have studied *F. paulensis*.

Speck et al. (1993) compared stocking densities of *F. paulensis* postlarvae (150, 300, and 600 shrimp/m<sup>2</sup>) in an indoor nursery and obtained survival rates of 85%, 84%, and 16%, respectively. Preto et al. (2005) studied the influence of stocking density on growth and biofilm in cages and registered survival rates of 92.9%, 86.5%, 85.9%, 81.1%, and 60.9% at densities of 100, 200, 300, 400, and 500 shrimp/m<sup>2</sup>. Preto et al. (2009) compared the use of different stocking densities in the culture of live bait and achieved survival rates of 94.1%, 94.6%, and 59.2% for densities of 50, 100, and 200 shrimp/m<sup>2</sup>, respectively. Emerenciano et al. (2007) compared an *F. paulensis* nursery in a BFT culture system with and without a feed supply with an *F. paulensis* nursery in a conventional system with water exchange (100% per day). The stocking density used by these authors was 500 shrimp/m<sup>2</sup>, and the experiment lasted for 30 days. The BFT culture system with a feed supply and the conventional system were associated with weights of 0.155 g and 0.159 g, respectively. However, the BFT culture system without a feed supply produced a weight of 0.04 g. They were no significant differences found in the survival rates under these conditions (93.7%, 93.2%, and 82.2%, respectively).

#### Growth

Stocking density is one of the main factors that determine the survival, growth, and final biomass of a culture (Wyban & Sweeney 1991). In this study, the shrimp reared at 500 shrimp/m<sup>2</sup> achieved weights that were 75% higher than those reared at 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>. Similar results were obtained by Sturmer and Lawrence (1987), who reported weights for *L. vannamei* postlarvae reared in nurseries at 1,000 shrimp/m<sup>2</sup> that were 39% heavier than those reared at 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>. Moss and Moss (2004) found that *L. vannamei* juveniles reared in a nursery at 778 shrimp/m<sup>2</sup> exhibited 46% more growth than those reared at 1,556 shrimp/m<sup>2</sup>. In a *Penaeus esculentus* nursery with 5,720 shrimp/m<sup>2</sup> or 11,430 shrimp/m<sup>2</sup>, Arnold et al. (2006) observed weights of 1.46 g and 1.04 g when using a water exchange rate of 80% per day throughout 56 days of culture. However, the observed survival rates were 39.1% and 21.2%, respectively. For *F. paulensis*, the same inverse relationship between stocking density and growth has been found by many authors. Wasielesky et al. (2001) compared stocking densities in pens (30, 60, 90, and 120 shrimp/m<sup>2</sup>) and found significant differences in weight, with the highest values being obtained at the lowest stocking densities. Lombardi et al. (2003) reared *F. paulensis* in nursery in cages at

500, 1,000, and 2,000/shrimp m<sup>2</sup> reported significant differences in weight ( $0.41 \pm 0.16$  g,  $0.27 \pm 0.08$  g, and  $0.16 \pm 0.03$  g, respectively) after 37 days. Wasielesky et al. (2004) raised *F. paulensis* in a nursery with 193 shrimp/m<sup>2</sup> and 452 shrimp/m<sup>2</sup>, and observed that the shrimp reached the target weight (0.35 g) in 22 days and 44 days, respectively. The specific growth rate differed significantly from the first biometry measurements (10 days), and growth decreased throughout the experiment in all treatments. Speck et al. (1993) found specific growth rates of 9.5%, 8.2%, and 6.8% per day.

Productivity differed significantly among treatments ( $P < 0.05$ ), and the highest value was observed at the highest stocking density. At 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>, the value was 109% higher than at 500 shrimp/m<sup>2</sup>, 35% higher than at 1,000 shrimp/m<sup>2</sup>, and 22% higher than at 1,500 shrimp/m<sup>2</sup>. Productivity is an important parameter because it combines growth and survival, and enables the evaluation of the system's capacity to support high stocking densities.

#### Bioflocs

The reduction, or even the total elimination, of water exchange during the culture cycle enables the reduction of environmental damage and prevents the occurrence and spread of diseases in a culture system (Boyd 2003). According to Moss (2002), the manipulation of the microbial community present in a culture system can promote the reduction of toxic compounds and can provide an additional source of food for shrimp. Thompson et al. (1999) applied concepts of aquatic microbial ecology in the larviculture and fattening of *F. paulensis* juveniles and verified the importance of the microorganisms present in biofilm (bacteria, ciliates, and flagellates) with respect to shrimp feeding, water quality, and pathogen control. According to them, such microorganisms represent a considerable source of nitrogen, phosphorus, and other essential nutrients for shrimp. Using a culture system with clear water and recirculation, Frôes et al. (2007) indicated that shrimp fed a 45% crude protein diet showed the highest weights and weight gain. However, Ballester et al. (2010) demonstrated that shrimp fed 35% crude protein diets present similar survival and growth rates to shrimp fed higher crude protein diets when reared in nurseries in a BFT culture system. In this study, high stocking densities and balanced feed (38% CP) were used. However, the concentrations of toxic nitrogen compounds (ammonia and nitrite) remained at low values. The most important factor in this case was that the water supply used in the experiment came from a tank where culturing was being performed with a productivity of 2.7 kg/m<sup>2</sup>, which is a value 10 times higher than that found in the treatment with the highest productivity and without water exchange.

#### Restocking

Interest in the release of reared juveniles as a potential tool for the management of coastal fishing activities has been

renewed as a result of the appearance of methods for the robust culturing of juveniles at reasonable costs (Bell et al. 2008). Artificial stocking of fishery resources has been considered a potential instrument for the enhancement of fisheries through replenishing overexploited stocks and reducing catch fluctuations associated with variations in recruitment (Lonegaran et al. 2004). To achieve economic success, responsible stocking strategies must be used. Such strategies are related to, among other factors, the methods and costs associated with the production, harvest, transport, and release of large quantities of juveniles to the environment. The associated activities of fishing and aquaculture represent excellent opportunities to apply nursery technology with the objective of restoring and enhancing particular coastal fisheries through the release of reared juveniles (Bell et al. 2008).

Lonegaran et al. (2004) compared the growth of *P. esculentus* juveniles reared with and without the use of artificial substrates at a density of 2,860 shrimp/m<sup>2</sup>, and obtained a weight of 1.0 g and survival rates of 50.9% and 42.5%, respectively, after 45 days. The water exchange rate used in these experiments was 250%, except during the first 2 wk, when it was 80%. In this study, it was found that producing juveniles without water exchange, at a large scale, with high survival rates and a low requirement for animal protein in the feed represents a potentially beneficial instrument to be used in restocking programs, mainly because this is an environmentally friendly culture system. For example, the treatment associated with the highest productivity (276 g/m<sup>2</sup> at 2,000 shrimp/m<sup>2</sup>) would allow the production of up to 17 million *F. paulensis* juveniles in 1 ha of pond every 30 days.

#### CONCLUSIONS

The results of this study indicate that *F. paulensis* growth depends on the stocking density used during the nursery phase. The observed performance of pink shrimp postlarvae indicated that a BFT culture system may enable rearing this species in intensive nurseries at high stocking densities. The benefits of the BFT culture system were reflected in the growth, survival, and productivity of shrimp achieved. These systems can also contribute to doing away with the need for water exchange, thus reducing the impact of effluent discharges into the environment (and the associated waste of energy needed to regulate water temperature) and maintaining the stability of physical and chemical parameters. Such factors could also contribute to reducing the costs of restocking programs.

#### ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful for the financial support provided by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Ministry of Fishery and Aquaculture (MPA), and Coordination for the Improvement of Higher Level Personnel (CAPES). W.J.W. and L.H.P. are research fellows of CNPq.

#### LITERATURE CITED

- Allan, G. F. & G. B. Maguire. 1992. Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. *Aquaculture* 107:49–66.
- Arnold, S. J., M. J. Sellars, P. J. Crocos & G. J. Coman. 2006. An evaluation of stocking density on the intensive production of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*). *Aquaculture* 256:174–179.

- Ballester, E. L. C., P. C. Abreu, R. O. Cavalli, M. Emerenciano, L. Abreu & W. J. Wasielesky. 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquacult. Nutr.* 16:163–172.
- Ballester, E. L. C., W. Wasielesky, R. O. Cavalli & P. C. Abreu. 2007. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture* 269:355–362.
- Ballester, E. L. C., W. J. Wasielesky, R. O. Cavalli, M. H. S. Santos & P. C. Abreu. 2003. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário. *Atlantica* 25:117–122.
- Bell, J. D., K. M. Leber, H. L. Blankenship, N. R. Lonergan & R. Masuda. 2008. A new era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. *Rev. Fish. Sci.* 16:1–9.
- Boyd, C. E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture* 226:101–112.
- Burford, M. A., M. J. Sellars, S. J. Arnold, S. J. Keys, P. J. Crocos & N. P. Preston. 2004. Contribution of the natural biota associated with substrates to the nutritional requirements of the post-larval shrimp, *Penaeus esculentus* (Haswell), in high-density rearing systems. *Aquacult. Res.* 35:508–515.
- Burford, M. A., J. P. Thompson, P. R. McIntosh, H. R. Bauman & C. D. Pearson. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero exchange shrimp pond in Belize. *Aquaculture* 219:393–411.
- Cavalli, R. O., T. C. Lehnen, M. T. Kamimura & W. F. B. Wasielesky. 2008. Desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* alimentadas com diferentes frequências durante a fase de berçário. *Acta Sci.* 30:231–236.
- Cavalli, R. O. & W. J. Wasielesky. 2003. Production of *Farfantepenaeus paulensis* as bait shrimp in cages: the influence of stocking density. In: Book of abstracts of the World Aquaculture Salvador, Brazil, 19–23 May, 2003, Bahia Convention Center, Salvador, Brazil.
- Cohen, J. M., T. M. Samocha, J. M. Fox, R. L. Gandy & A. L. Lawrence. 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacult. Eng.* 32:425–442.
- D'Incao, F., H. Valentini & L. F. Rodrigues. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil (1965–1999). *Atlantica* 24:103–116.
- Ebeling, J. M. & M. B. Timmons. 2007. Stoichiometry of ammonia-nitrogen removal in zero-exchange systems. *J. World Aquacult. Soc.* 38:22–27.
- Emerenciano, M. G. C., W. Wasielesky, Jr., R. B. Soares, E. C. Ballester, E. M. Izeppi & R. O. Cavalli. 2007. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Sci.* 29:1–7.
- Frões, C. N., M. P. Abe, W. Wasielesky, Jr., C. Prentice-Hernández & R. O. Cavalli. 2007. Efeitos de dietas práticas com diferentes níveis de proteína bruta na sobrevivência e crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). *Atlantica* 29:25–34.
- Gross, A., C. E. Boyd & C. W. Wood. 2000. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. *Aquacult. Eng.* 24:1–14.
- Hennig, O. L. & E. R. Andreatta. 1998. Effect of temperature in an intensive nursery system for *Penaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967). *Aquaculture* 164:167–172.
- Jensen, L. V., W. J. Wasielesky, R. O. Cavalli, S. Peixoto, M. H. S. Santos & E. L. Ballester. 2004. Growth and survival of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* post larvae in cages and pen enclosures. *Sci. Agricul.* 61:332–335.
- Lombardi, J. V., H. L. A. Marques, V. C. Gelli, V. C. S. Rodrigues & L. R. A. Filho. 2003. Rearing the Brazilian pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in floating cages: nursery phase. In: The annual meetings of the World Aquaculture Society, 2003, Salvador, Brazil: book of abstracts. Salvador, Brazil: World Aquaculture Society.
- Lonergan, N. R., P. J. Crocos, R. M. Barnard, R. R. McCulloch, J. W. Penn, R. D. Ward & P. C. Rothlisberg. 2004. An approach to evaluating the potential for stock enhancement of brown tiger prawns (*Penaeus esculentus* Haswell) in Exmouth Gulf, Western Australia. In: K. M. Leber, S. Kitada, H. L. Blankenship & T. Svasand, editors. Stock enhancement and sea ranching: developments, pitfalls and opportunities, 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishing. pp. 444–464.
- Malpartida, J. & L. Vinatea. 2007. Monitoramento do crescimento de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) com vistas a um futuro repovoamento da Lagoa de Ibraquera, Imbituba, SC, Brasil. *Biotemas* 20:37–45.
- Marchiori, M. A. 1996. Guia ilustrado de maturação e larvicultura do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* Pérez Farfante, 1967. Rio Grande, Brazil: Editora da FURG. 79 pp.
- McIntosh, R. P. 2000a. Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. *Advocate* April:44–50.
- McIntosh, R. P. 2000b. Changing paradigms in shrimp farming: V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. *Advocate* December:53–58.
- Mishra, J. K., T. M. Samocha, S. Patnaik, M. Speed, R. L. Gandy & A. M. Ali. 2008. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacult. Eng.* 38:2–15.
- Moss, S. M. 2002. Dietary importance of microbes and detritus in penaeid shrimp aquaculture. In: C. S. Lee & P. O'Bryen, editors. Microbial approaches to aquatic nutrition within environmentally sound aquaculture production systems. Baton Rouge, LA: World Aquaculture Society. pp. 1–18.
- Moss, K. K. & S. M. Moss. 2004. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquacult. Soc.* 35:536–542.
- Otoshi, C. A., S. S. Naguwa, F. C. Falesch & S. M. Moss. 2007. Shrimp behavior may affect culture performance at super-intensive stocking densities. *Global Aquacult. Advocate* March/April:67–69.
- Peixoto, S., W. J. Wasielesky & L. R. Louzada. 2003. Comparative analysis of pink shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, cultured in extreme southern Brazil. *J. Appl. Aquacult.* 14:101–111.
- Peterson, J. J. & D. R. W. Griffith. 1999. Intensive nursery systems. *Global Aquacult. Advocate* 2:60–61.
- Preto, A. L., R. O. Cavalli, T. Pissetti, P. C. Abreu & W. J. Wasielesky. 2005. Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós-larvas do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em gaiolas. *Cienc. Rural* 35:1417–1423.
- Preto, A. L., T. L. Pissetti, W. Wasielesky, Jr., L. H. Poersch & R. O. Cavalli. 2009. Production of live bait-shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) in cages at varying stocking densities. *Bol. Inst. Pesca* 35:39–45.
- Reid, B. & C. R. Arnold. 1992. The intensive culture of the penaeid shrimp *Penaeus vannamei* Boone in a recirculating raceway system. *J. World Aquacult. Soc.* 23:146–153.
- Rijn, J. V., Y. Tal & H. J. Schreier. 2006. Denitrification in recirculating systems: theory and applications. *Aquacult. Eng.* 34:364–376.
- Samocha, T. M., F. L. Castille, A. L. Lawrence & S. E. Talley. 1993. Early spring growth trial of *Penaeus vannamei* postlarvae at high stocking densities in raceways. In: J. K. Wang, editor. *Techniques for modern aquaculture*. St. Joseph, MI: American Society of Agriculture Engineers. pp. 230–240.
- Samocha, T., J. Cordova, T. Blancher & A. De Wind. 2000. Raceway nursery production increases shrimp survival and yields in Ecuador. *Advocate* December:66–68.
- Samocha, T. M., R. L. Gandy, D. Z. McMahon, T. Blacher, R. A. Benner & A. L. Lawrence. 2002. Use of intensive nursery raceway system with limited water discharge to improve production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. In: Book of abstracts: World Aquaculture Society, Beijing, China. p. 676.

- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1969. Biometry: principle and practices of statistics in biological research. San Francisco, CA: W. H. Freeman. 776 pp.
- Speck, R. C., R. O. Cavalli & M. A. Marchiori. 1993. Efeito de diferentes densidades de estocagem sobre o crescimento e a sobrevivência de pós-larvas de *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em sistema de berçário. In: Encontro Rio-Grandense de técnicos em aquicultura, 4<sup>o</sup>, 1993, Porto Alegre, RS. Anais, Porto Alegre: UFRGS, 1993. pp. 31–39.
- Stern, S. & E. Letellier. 1992. Nursery systems and management in shrimp farming in Latin America. In: J. Wyban, editor. Proceedings of the special session on shrimp farming. Baton Rouge, LA: World Aquaculture Society. pp. 106–109.
- Stokstad, E. 2010. Down on the shrimp farm: can shrimp become the new chicken of the sea without damaging the ocean? *Science* 328:1504–1505.
- Strickland, J. D. H. & T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: Fishery Research Board Canada. 310 pp.
- Sturmer, L. N. & A. L. Lawrence. 1987. Effects of stocking density on growth and survival of *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris* post larvae in intensive nursery raceways. *J. World Aquacult. Soc.* 18:6A.
- Thompson, F. L., P. C. Abreu & R. Cavalli. 1999. The use of microorganisms as food source for *Penaeus paulensis* larvae. *Aquaculture* 174:139–153.
- Thompson, F. L., P. C. Abreu & W. Wasielesky. 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture* 203:263–278.
- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and guides, vol. 12. Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission. 53 pp.
- Van Wik, P. & J. Scarpa. 1999. Water quality requirements and management. In: P. M. Van Wik, M. Davis-Hodgkins, C. R. Laramore, K. L. Main, J. Mountain & J. Scarpa, editors. Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Tallahassee, FL: Florida Department of Agriculture and Consumer Services. pp. 141–162.
- Vaz, L. J., W. Wasielesky, R. O. Cavalli, S. Peixoto, M. H. S. Santos & E. Ballester. 2004. Growth and survival of pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) post larvae in cages and pen enclosures. *Sci. Agricult.* 61:332–335.
- Wasielesky, W. J., H. Atwood, A. Stokes & C. L. Browdy. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc-based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258:396–403.
- Wasielesky, W., A. Bianchini, C. C. Sanchez & L. H. Poersch. 2003. The effect of temperature, salinity and nitrogen products on food consumption of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 46:135–141.
- Wasielesky, W. J., M. A. Marchiori & M. H. S. Santos. 1994. Efeito da amônia no crescimento de pós-larvas do camarão rosa, *Penaeus paulensis*, Pérez-Farfante, 1967 (Decapoda, Penaeidae). *Nauplius* 2:99–105.
- Wasielesky, W. J., S. Peixoto, L. Jensen, L. H. Poersch & A. Bianchini. 2004. Estudo preliminar do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cercados no estuário da Lagoa dos Patos. *Bol. Inst. Pesca* 30:63–70.
- Wasielesky, W., L. H. Poersch, L. Jensen & A. Bianchini. 2001. Effect of stocking density on pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda, Penaeidae). *Nauplius* 9: 163–167.
- Wyban, J. A. & J. N. Sweeney. 1991. Intensive shrimp production technology. Makapuu Point, HI: Oceanic Institute. 58 pp.

**ANEXO IV**

---

**Cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistema com flocos microbianos (sistema BFT): Diferentes densidades de estocagem na fase de engorda**

**Cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistema com flocos microbianos (sistema BFT): Diferentes densidades de estocagem na fase de engorda.**

**RESUMO.** O objetivo do trabalho foi avaliar a utilização do sistema de cultivo com bioflocos (BFT) na sobrevivência e crescimento de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* em diferentes densidades de estocagem. Também foram analisadas as consequências do uso deste sistema em relação aos parâmetros físicos e químicos e na comunidade microbiana. Camarões foram estocados nas densidades: 100, 150, 200, 250 e 300 camarões m<sup>-2</sup>, com três repetições por tratamento. O experimento teve duração de 50 dias. Não houve renovação, nem reposição de água. Os valores de sobrevivência, crescimento e parâmetros de qualidade da água foram submetidos à ANOVA. Os parâmetros de qualidade de água, exceto o nitrito, estiveram sempre nas concentrações ideais para sobrevivência e crescimento da espécie. Os resultados indicam que o crescimento de *F. paulensis* é dependente da densidade durante o período de engorda em sistema de flocos microbianos, havendo diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as densidades. Os camarões estocados nas menores densidades atingiram os maiores pesos médios. As sobrevivências variaram entre 58 e 63 % e os crescimentos semanais variaram entre 0,20 e 0,28 g, não sendo detectadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). A produtividade teve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos e relacionou-se diretamente com as densidades de estocagem, com as maiores densidades de estocagem tendo as maiores produtividades. As sobrevivências obtidas também confirmam que a espécie pode

ser cultivada em densidades de estocagem relativamente altas, entretanto provavelmente as mesmas deveriam ser menores que estas aqui testadas. Experimentos ainda devem ser realizados em densidades de estocagem um pouco mais baixas para estimar as densidades ideais de cultivo.

Palavras-chave: camarão rosa, manejo, flocos microbianos, densidade, engorda.

### **Abstract**

The objective of this study was to evaluate the use of the biofloc system (BFT) on survival and growth of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles using different stocking densities and also to analyze the consequences of using this system in relation to physical and chemical parameters and microbial community. In a greenhouse were established 15 experimental units, all equipped with individual and intense aeration. Five replicates were randomly selected and stocked in the following densities: 100, 150, 200, 250 and 300 shrimp m<sup>-2</sup>. The experiment lasted 50 days. There was no renewal of water, and no replacement. The values of survival, growth and water quality parameters were analyzed by one-way ANOVA. The results indicate that growth of *F. paulensis* is dependent on the density during the growout system in bioflocs, and shrimps in the lowest densities reached higher average weights. The survival, growth and feed weekly did not differ significantly ( $p > 0.05$ ). The yield statistically different ( $p < 0.05$ ) between treatments and related directly to the densities, and higher densities the highest productivity. The water quality parameters, except the nitrite concentrations were always ideal for survival and growth of the species. The results confirmed that the

species can be reared in high stocking densities, however lower stocking densities should be tested in order to determine the suitable densities to achieve higher survival than achieved in this research.

Key words: pink shrimp, management, bioflocs, density, growout.

### **Introdução**

Inserida nos estudos sobre medidas para gerenciamento responsável das instalações de cultivo, a determinação das densidades ideais de estocagem possui extrema importância, pois representa um dos principais fatores que podem determinar a sobrevivência, crescimento, produtividade e também a quantidade de efluentes liberados por um sistema de cultivo (Wyban & Sweeney, 1989; Moss & Moss, 2004). A intensificação pode auxiliar no aumento da segurança ambiental e também da lucratividade econômica, pois maiores produtividades podem ser alcançadas utilizando as mesmas instalações, desde que respeitadas às condições de biossegurança e controle dos possíveis impactos ambientais.

O aumento das densidades de estocagem normalmente envolve o incremento de energia externa na forma de aeração suplementar, alimentação de melhor qualidade e também o controle mais rigoroso da qualidade de água. Outro efeito inseparável da intensificação da produção é o rápido acúmulo de resíduos alimentares, compostos nitrogenados potencialmente tóxicos e matéria orgânica dissolvida e particulada. Isto resulta em dois grandes problemas: o primeiro é a baixa assimilação da ração fornecida aos organismos cultivados e o segundo

problema é a deterioração da qualidade de água do viveiro, sendo necessária renovação diária de grandes volumes (Boyd, 2002).

O desenvolvimento de novas tecnologias de cultivo de camarões que possam ser ambientalmente amigáveis se torna necessário para atender a crescente demanda por camarões saudáveis e de alta qualidade (Subasinghe et al. 1998). Uma interessante alternativa pode ser o sistema intensivo sem renovação de água, que utiliza a estratégia de manter a matéria orgânica acumulada contendo uma razão balanceada de carbono e nitrogênio. Esta matéria orgânica, misturada continuamente na água através de aeração intensa, é utilizada para manejar a comunidade microbiana, contribuindo para a formação de flocos ricos em bactérias e fitoplâncton (McIntosh et al. 2000; Burford et al. 2003a, 2004a, Wasielesky et al. 2006, Krummenauer et al. 2011).

O camarão rosa *F. paulensis* é distribuído na costa sudoeste do oceano atlântico, possui importantes capturas artesanais e industriais na costa sudeste e sul do Brasil. A espécie foi cultivada comercialmente nas décadas de 1980 e 1990 em fazendas no sul do Brasil, porém foi substituída pelo camarão branco *L. vannamei*. Entretanto, a tecnologia para produção de pós-larvas foi desenvolvida (Marchiori, 1996), a espécie possui histórico de produção em cativeiro (Ostrensky & Pestana, 2000), as utilizações de berçários intensivos com sistema sem renovação de água tiveram resultados promissores (Ballester et al. 2010, Emerenciano et al. 2011, Fóes et al. 2011). Além disso, estudos para aprimoramento da qualidade nutricional de rações para a espécie foram ampliados (Fróes et al. 2007, Ballester et al. 2010) e a espécie possui um reconhecimento

internacional do sabor de sua carne (Usuki, 2001), podendo ter um mercado diferenciado para sua produção.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização do sistema de cultivo com bioflocos (BFT) na sobrevivência e crescimento de juvenis de *F. paulensis*, utilizando diferentes densidades de estocagem, analisando os efeitos sobre os parâmetros físicos e químicos de qualidade de água e sobre a comunidade microbiana na coluna da água.

### **Material e métodos**

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura/IO da Universidade Federal do Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Em uma estufa foram distribuídas 15 caixas retangulares com volume útil de 800 L e área de fundo de 1,4 m<sup>2</sup>, supridas por aeração intensa e individual. Em cada unidade experimental foram adicionados 80 L de água procedente de um viveiro de produção com sistema de bioflocos e os restantes 720 L foram completados com água do mar filtrada (filtro de areia). Os camarões com peso inicial de 0,30 g foram estocados aleatoriamente nas seguintes densidades: 100, 150, 200, 250 e 300 camarões m<sup>-2</sup>, sendo utilizadas três repetições por tratamento.

Diariamente foi monitorada a temperatura (0,1° C), pH ( $\pm 0,01$ ), salinidade ( $\pm 0,1$ ) e oxigênio dissolvido ( $\pm 0,01$  mg L<sup>-1</sup>), medidos com aparelho multiparâmetros YSI 556 MPS. Os nutrientes, peso do seston (SST), concentração de clorofila *a* e comunidade microbiana foram analisados das amostras de água coletadas de cada unidade a cada três dias. A concentração de amônia foi analisada de acordo

com UNESCO (1983) e as análises de nitrito, nitrato e fosfato seguiram as metodologias descritas em Strickland & Parsons (1972), sendo efetuadas a cada sete dias. O peso do seston foi determinado por gravimetria a partir da filtração de alíquotas de até 20 ml de água em filtros de fibra de vidro Whatman GF/F. Os filtros foram colocados para secar por aproximadamente 24 h, a 60° C, e posteriormente pesados em balança analítica (Sartorius MC1, analytic AC 210S) com precisão de 0,0001 g para determinação do peso final (AOAC, 2000). A clorofila *a* foi determinada a partir de amostras de 20 ml da água de cultivo filtrada em filtro de fibra de vidro Whatman GF/F. Os filtros foram colocados em frascos com 10 ml de acetona 90 % e deixados no escuro e em baixa temperatura (-18° C) por 24 h, para extração da clorofila *a*. A concentração do pigmento foi determinada por meio de fluorímetro Turner TD 700 (previamente calibrado), de acordo com a metodologia descrita em Welschmeyer (1994). As análises do peso do seston e da clorofila *a* foram efetuadas a cada sete dias.

Durante o experimento, os camarões foram alimentados com dieta comercial contendo 38 % de proteína bruta, duas vezes por dia. A quantidade de ração foi ajustada em cada unidade de acordo com o peso médio dos camarões e com as sobras de uma bandeja de controle. A taxa de alimentação diária foi 10 % da biomassa durante o todo o experimento.

O processo de indução para formação dos flocos microbianos consiste na adição de produtos ricos em carbono, tais como melão, farelo de trigo e ração nas unidades experimentais, fazendo que o somatório dos componentes acrescentados gere uma razão carbono: nitrogênio de aproximadamente 20: 1.

Após cada biometria, é determinada a biomassa dos camarões, sendo então feitos os ajustes nos valores de ração, melão e farelo de trigo a serem oferecidos até a biometria seguinte. Para análise da composição da comunidade microbiana do floco, foram classificados e quantificados (quando possível) os microorganismos presentes em amostras de água (20 ml) coletadas de cada tanque periodicamente e fixadas em formalina 4 %. Alíquotas de 2,1 ml das amostras foram colocadas na câmara de sedimentação para posterior contagem, utilizando microscópio invertido (Zeiss Axiovert), com magnificação final de 400x, onde foram contados 30 campos escolhidos aleatoriamente (Utermöhl, 1958).

A biometria inicial foi realizada com camarões provenientes de um tanque de larvicultura, onde ocorreu o desenvolvimento larval e pós larval. Foram coletados e pesados individualmente 100 camarões, determinando assim o peso médio e a biomassa dos camarões colocados nas unidades experimentais. Semanalmente, 30 camarões foram retirados de cada tanque para verificação do peso e determinação do crescimento e biomassa. Ao final do experimento, os camarões foram quantificados e pesados, determinando o crescimento semanal, a sobrevivência, a conversão alimentar aparente (CAA), a taxa de crescimento específico (TCE) e a produtividade, de acordo com as seguintes fórmulas:

- Crescimento semanal ( $\text{g sem}^{-2}$ ):  $(W_f - W_i) * T_s^{-1}$ ;

Onde,  $W_f$  = peso final dos camarões;  $W_i$  = peso inicial dos camarões;  $T_s$  = tempo de cultivo em semanas.

- Sobrevivência (%):  $(N_f * N_i^{-1}) * 100$ ;

Onde,  $N_f$  = número final de camarões;  $N_i$  = número inicial de camarões.

- Conversão alimentar aparente (CAA):  $CAA = RF * (B_f - B_i)^{-1}$ ;

Onde, RF = quantidade de ração fornecida,  $B_f$  = Biomassa final,  $B_i$  = Biomassa inicial.

- Taxa de crescimento específico (TCE) dos camarões (% crescimento \* dia<sup>-1</sup>), determinada de acordo com a fórmula sugerida por Bagenal & Tesch (1978):

$$TCE = 100 * [\ln (W_f) - \ln (W_i)] * T^{-1};$$

Onde,  $W_f$  = peso final dos camarões;  $W_i$  = peso inicial dos camarões; T = tempo de cultivo em dias.

- Produtividade ( $\text{kg m}^{-2}$ ):  $B_f * A^{-1}$ ;

Onde,  $B_f$  = biomassa final; A = área da unidade experimental.

Os resultados de sobrevivência, crescimento e parâmetros de qualidade da água foram analisados por ANOVA de uma via. Para satisfazer as premissas da análise, a sobrevivência foi transformada por meio de um fator constante (arco seno da raiz quadrada). O teste de Tukey foi aplicado quando foram detectadas diferenças significativas. Todos os exames foram realizados após a confirmação da homogeneidade de variância (teste de Levene's) e normalidade da distribuição dos dados (teste de Kolmogorov-Smirnov) (Sokal & Rohlf, 1969). Todas as análises foram realizadas utilizando o software STATISTICA<sup>®</sup> versão 7.0.

## Resultados e discussão

Os valores dos parâmetros de qualidade de água analisados podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros físicos químicos da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade) e percentagem de renovação de água. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

|  | Densidade de estocagem (cam m <sup>-2</sup> ) |                              |                              |                              |                              |
|--|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|  | 100   | 150                          | 200                          | 250                          | 300                          |
| Temp. (°C)                             | 26,3 $\pm$ 2,1                                | 26,4 $\pm$ 2,1               | 26,4 $\pm$ 2,0               | 26,1 $\pm$ 2,0               | 26,1 $\pm$ 2,3               |
| O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> ) | 6,71 $\pm$ 0,91                               | 6,78 $\pm$ 0,94              | 6,77 $\pm$ 0,93              | 6,75 $\pm$ 0,97              | 6,72 $\pm$ 0,97              |
| pH                                     | 8,16 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>                  | 8,06 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup> | 8,03 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup> | 7,96 $\pm$ 0,19 <sup>c</sup> | 7,78 $\pm$ 0,33 <sup>d</sup> |
| Salinidade                             | 36,6 $\pm$ 1,7                                | 37,7 $\pm$ 1,7               | 36,5 $\pm$ 0,8               | 37,4 $\pm$ 1,9               | 37,7 $\pm$ 1,8               |

A análise dos parâmetros acima sugere que provavelmente estes não interferiram na sobrevivência e crescimento dos juvenis de *F. paulensis*. A temperatura permaneceu na faixa considerada ótima para desenvolvimento da espécie durante o experimento (Wasielisky, 2000). As concentrações de oxigênio dissolvido estiveram dentro da faixa ideal de sobrevivência e crescimento (Van Wik & Scarpa, 1999). Entretanto, apresentaram diminuição em todos os tratamentos durante o período experimental (Figura 1A). A diminuição foi devida ao aumento da biomassa de camarões, acúmulo de metabólitos excretados e aumento da comunidade heterotrófica (Schryver et al., 2008; Avnimelech, 2009). Entretanto, Poersch & Marchiori (1992) determinaram que a concentração de oxigênio dissolvido letal para 50 % da população de juvenis de *F. paulensis* situa-se abaixo de 2,1 mg L<sup>-1</sup>. Os valores de pH apresentaram tendências semelhantes entre os tratamentos, aumentando do início até a metade do período experimental,

e diminuindo na metade final. Entretanto, os valores se diferenciaram entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), com os menores valores de pH registrados na maior densidade (Figura 1B). A partir da terceira semana do presente estudo, os valores de pH diminuíram. Essa queda pode ser decorrente do aumento da presença de organismos heterotróficos no sistema que agem baixando o pH devido aos processos respiratórios, além da respiração dos camarões. Tal informação se assemelha ao estudo de Wasielesky et al. (2006), que detectaram diminuição das concentrações de pH, em sistemas com flocos microbianos, e foram atribuídas à respiração dos organismos heterotróficos. Embora tenha ocorrido queda de pH, os níveis ficaram acima de 7,2, aparentemente não sendo prejudiciais e estando dentro da faixa considerada como ótima para a maioria dos organismos cultivados (Arana, 2004). Além disto, o pH mantido entre 7 e 8 favorece as bactérias nitrificantes, e também age na diminuição da fração não ionizada de amônia (Van Wyk & Scarpa, 1999).

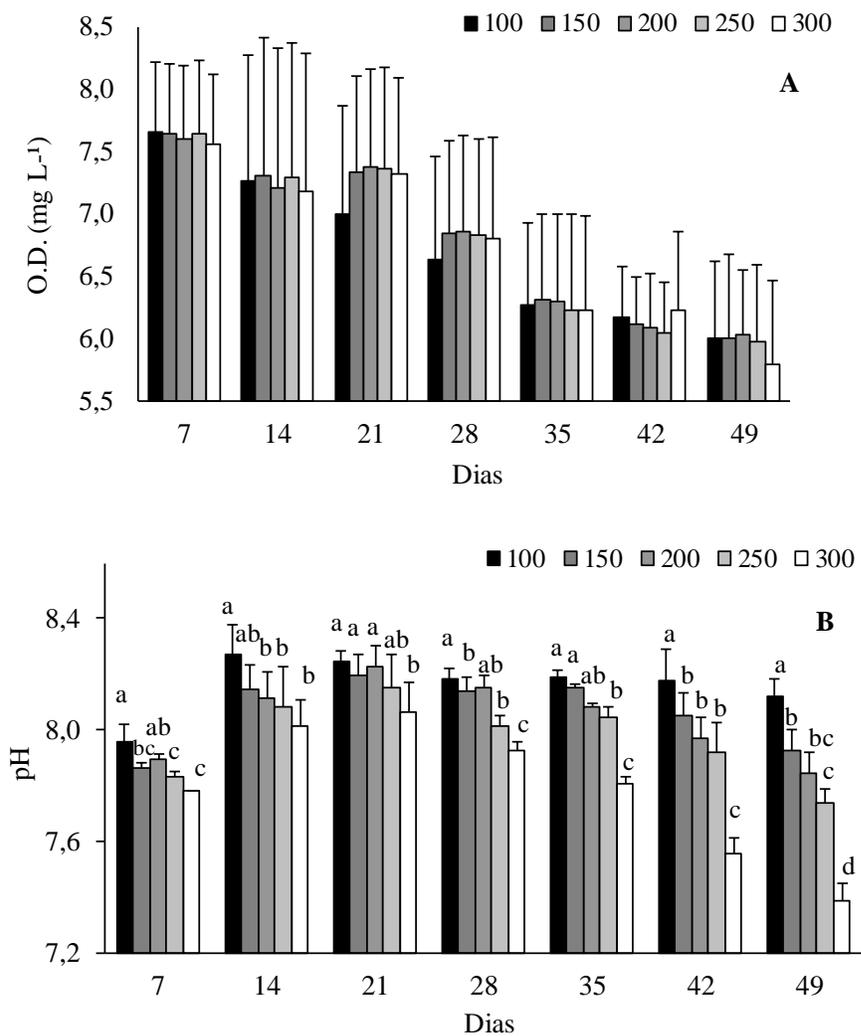


Figura 1. (A) Concentração de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) dos tratamentos durante o experimento. (B) Valores de pH dos tratamentos durante o experimento. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

A salinidade inicial foi 35,0 aumentando até 38,6 ( $\pm 0,92$ ) no final do experimento devido à evaporação da água, pois não houve reposição da água perdida. Decamp *et al.* (2003) avaliando o efeito da salinidade (9, 18 e 36) no desempenho de juvenis de *L. vannamei*, não observaram efeito da salinidade na

sobrevivência dos camarões. Entretanto, o peso final foi significativamente afetado, alcançando melhores resultados na salinidade 36. Para *F. paulensis*, Lemos et al. (2001) indicaram como ponto isosmótico valores entre 15 e 25. Wasielesky (1999) reportou o valor de 22,9 para juvenis da espécie.

Um efeito da intensificação da produção é a rápida acumulação de resíduos alimentares, compostos nitrogenados tóxicos e matéria orgânica. Apenas 15 a 30 % dos nutrientes fornecidos como ração são transformados em biomassa de organismos cultivados, sendo o resto perdido para o sedimento, liberado como efluente e para atmosfera (Gross et al. 2000). Isto resulta em dois grandes problemas: o primeiro é a baixa assimilação da ração e o segundo é a deterioração da qualidade de água, sendo necessária renovação diária de grandes volumes de água. Grande parte dos compostos nitrogenados está presente na forma de amônia, resultante da desaminação de proteínas. A amônia não ionizada é tóxica para os animais aquáticos. Em sistemas semi-intensivos, o acúmulo da amônia raramente é um problema, devido à absorção pelo fitoplâncton e pelas bactérias. Entretanto, em sistemas intensivos, níveis crescentes de amônia acabam por estressar os animais, suprimindo o crescimento e limitando a produtividade. Para prevenir a toxicidade da amônia, intervenções como renovação de água ou nitrificação externa são necessárias. A crescente demanda para conservação da água, restrições dos órgãos ambientais para liberação de efluentes e a necessidade de aumentar a biosegurança, tende a limitar a utilização de sistemas com intensa renovação de água (Chamberlain et al. 2001). A redução da liberação de água ao ambiente durante a produção intensiva de camarões tem

sido conseguida através de sistemas fechados de recirculação (Reid & Arnold, 1992; Mishra et al. 2008). Entretanto, tais sistemas possuem altos custos de instalação, de manutenção e de operação (Ebeling & Timmons, 2007). O sistema sem renovação de água que utiliza a adição de matéria orgânica contendo uma razão balanceada de carbono e nitrogênio pode ser uma alternativa. O conceito é simples: compostos nitrogenados potencialmente tóxicos são convertidos em proteína bacteriana, que fica disponível para os organismos detritívoros. O sistema necessita de forte aeração e mistura de água para manter a matéria orgânica sempre em suspensão na coluna da água, para a digestão pelas bactérias. As bactérias colonizam as partículas de matéria orgânica e absorvem o nitrogênio, fósforo e outros nutrientes da água. Este processo melhora a qualidade da água e recicla os resíduos, tornando-os detritos ricos em bactéria. Tipicamente, não são requeridas filtrações externas e pouca ou nenhuma remoção de sólidos (McIntosh, 2000; Chamberlain et al. 2001; Burford et al. 2004b; Wasielesky et al. 2006).

No presente estudo, devido o procedimento de inoculação de água de um cultivo em andamento contendo flocos microbianos (10 % do volume total), a amônia foi mantida em concentração baixa, Ainda, as tendências das variações deste composto ao longo do experimento foram semelhantes entre si, porém os tratamentos com maiores densidades apresentaram as maiores concentrações (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D, 3E).

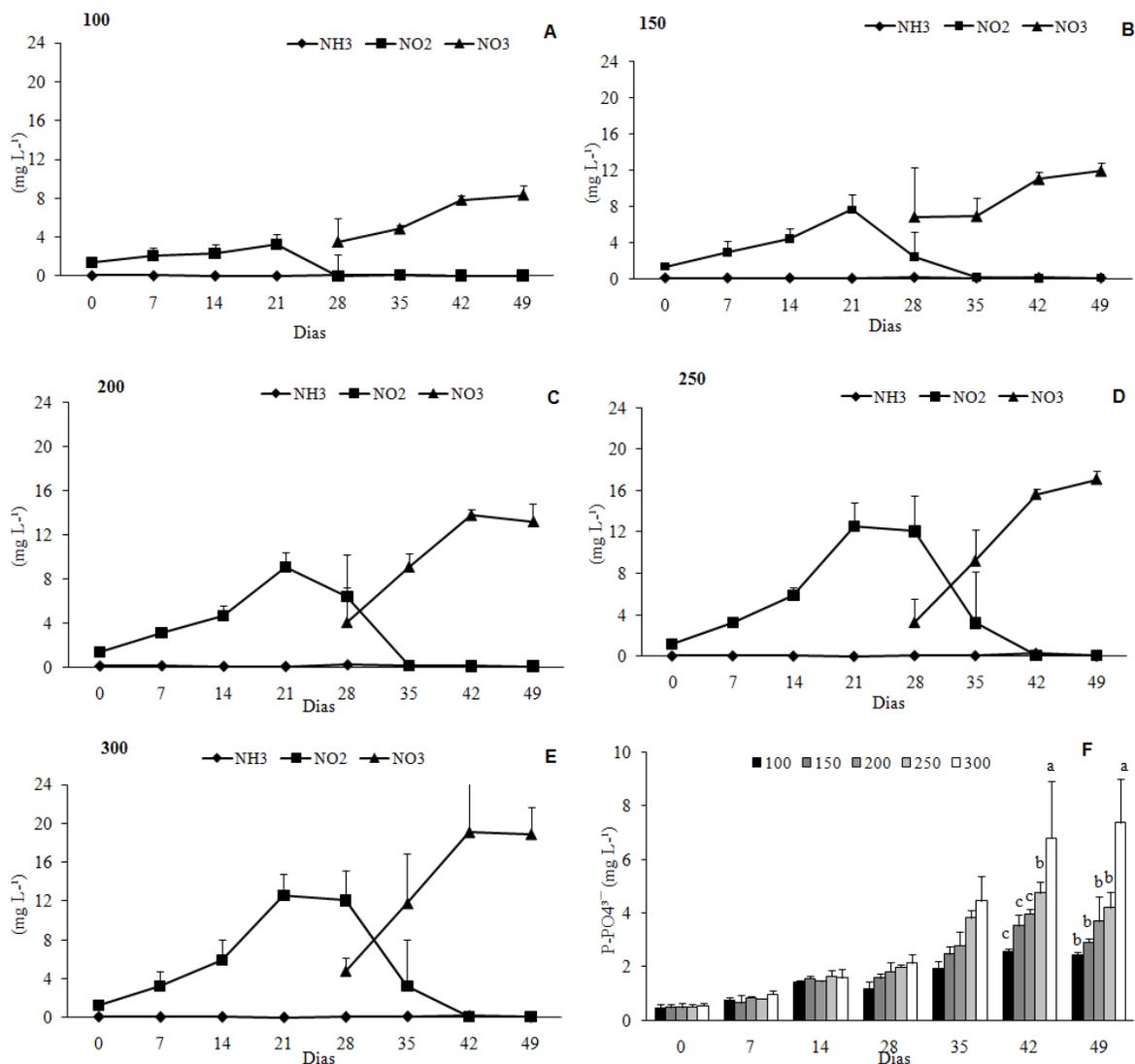


Figura 3. Concentração dos compostos nitrogenados (N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (mg L<sup>-1</sup>) durante o experimento. (A) Tratamento 100 cam m<sup>-2</sup>. (B) Tratamento 150 cam m<sup>-2</sup>. (C) Tratamento 200 cam m<sup>-2</sup>. (D) Tratamento 250 cam m<sup>-2</sup>. (E) Tratamento 300 cam m<sup>-2</sup>. (F) Concentração de fosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) (mg L<sup>-1</sup>) durante o experimento, entre os tratamentos. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas significativas (p < 0,05).

O valor médio da amônia em todos os tratamentos foi 0,08 mg L<sup>-1</sup>, sendo 0,31 mg L<sup>-1</sup> o maior valor registrado, no tratamento 250 cam m<sup>-2</sup>. Wasielesky et al. (1994)

sugeriram um nível de segurança de até  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  de amônia total para *F. paulensis*. No presente estudo, o objetivo inicial seria adicionar uma fonte de carbono (melaço de cana) quando a concentração de amônia total alcançasse o valor de  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ , para neutralizar este composto, seguindo metodologia de Avnimelech (1999). Entretanto, devido à prática recomendada de colocação de um inóculo de água com bioflocos já formados (10 % do volume total das unidades experimentais) (Wasielisky, comunicação pessoal), os valores de amônia mantiveram-se baixos durante todo o experimento, não sendo necessária nenhuma aplicação de melaço.

O acúmulo de nitrito em viveiros pode deteriorar a qualidade da água, reduzir o crescimento, aumentar o consumo de oxigênio e excreção da amônia, causando mortalidade elevada dos camarões (Lin & Chen, 2003). Esses autores, comparando a toxicidade aguda do nitrito para *L. vannamei* em diferentes salinidades, determinaram o valor de LC-50 para 96 h igual a  $95 \text{ mg L}^{-1}$  na salinidade 35. Apesar de vários relatos sobre a relativa tolerância de alguns peneídeos a concentrações elevadas de nitrito [Lin & Chen, 2003 ( $27,4 \text{ mg L}^{-1}$ ), Handy et al., 2004 ( $29,0 \text{ mg L}^{-1}$ ), Cohen et al., 2005 ( $26,4 \text{ mg L}^{-1}$ )], Vinatea et al. (2010) sugerem que concentrações entre  $0,72\text{--}9,49 \text{ mg L}^{-1}$  são suficientes para reduzir significativamente as taxas de crescimento dos camarões. Cavalli et al. (1996) propuseram o valor de  $10,9 \text{ mg L}^{-1}$  como nível de segurança para *F. paulensis*. No presente trabalho, as concentrações de nitrito chegaram ao valor máximo entre os dias 21 e 28, diminuindo a valores próximos à zero no final do experimento. A média dos valores foi  $3,02 \pm 4,51 \text{ mg L}^{-1}$ . O valor máximo

registrado foi 20,36 mg L<sup>-1</sup> no tratamento 300 cam m<sup>-2</sup>. O nitrito é um dos parâmetros de qualidade de água que possui as maiores correlações inversas com a taxa de crescimento e pode ter sido um dos parâmetros responsáveis pelo baixo crescimento dos camarões nos tratamentos. As concentrações mais elevadas ocorreram nos tratamentos com maiores densidades, os quais também tiveram os menores valores de crescimento.

O nitrato é considerado um composto com baixo poder tóxico, mas por ser o produto final da nitrificação, pode acumular-se em grandes quantidades, principalmente em sistemas fechados de cultivo (Wasielesky, 2000). Níveis de nitrato acima de 450 mg L<sup>-1</sup> já foram reportados em RAS (recirculating aquaculture systems) (Kuhn et al. 2010). Os mesmos autores demonstraram que *L. vannamei* pode ser cultivado em concentrações de 220 mg L<sup>-1</sup>, em salinidade 11 em um período de seis semanas. Tsai & Chen (2002) realizaram estudo sobre toxicidade aguda do nitrato para juvenis de *Penaeus monodon*, determinando a concentração de 435 mg L<sup>-1</sup> como insegura ou nociva para cultivo a espécie. No presente estudo, os valores aumentaram até o final do experimento. O valor médio encontrado foi 10,1 mg L<sup>-1</sup> e o máximo foi 19,1 mg L<sup>-1</sup> no tratamento 300 camarões m<sup>-2</sup>. As maiores concentrações de nitrato foram registadas nos tratamentos com maiores densidades.

As concentrações de fosfato aumentaram durante o experimento e também aumentaram em relação ao aumento de densidade (Figura 3F). Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no tratamento 300 cam m<sup>-2</sup> em relação aos outros na última semana do experimento. A média dos valores em todos os tratamentos

foi  $2,30 \pm 0,73 \text{ mg L}^{-1}$ . O valor máximo de fosfato foi de  $7,37 \text{ mg L}^{-1}$ . A maior parte das rações de camarões marinhos é produzida utilizando a farinha de peixe como principal fonte proteica animal. Entretanto, este ingrediente apresenta elevada quantidade de fósforo, contido nos ossos e escamas dos peixes. Neste estudo, as concentrações elevadas podem ser resultado também da não presença de sedimento, que absorve grande parte deste nutriente (Burford et al. 2003b). Além disso, Rios (2009), em um estudo sobre dinâmica de N e P no sistema de bioflocos, encontrou percentagens de retenção de fósforo em *F. paulensis* de apenas 16 % e de 35 % para *L. vannamei*. A excreção de fósforo pelos camarões não depende só da quantidade, mas também pela forma na qual este elemento é oferecido nas rações (Hua et al. 2006). Cavalli et al. (2004) mostraram que a farinha de peixe não é a melhor fonte de proteína para *F. paulensis*, tendo esse apresentado a menor taxa de crescimento quando alimentado com esta fonte protéica, em comparação com rações formuladas com farinhas de lula e mexilhão. A toxicidade deste elemento é praticamente nula, entretanto altas concentrações devem ser evitadas devido a outros fatores como a proliferação de cianobactérias (Anderson et al. 2002).

Os valores de clorofila *a* aumentaram do início até o 40º dia, diminuindo nos últimos 10 dias. Este comportamento ocorreu em todos os tratamentos. A concentração média dos tratamentos foi  $120,8 \pm 71,4 \mu\text{g L}^{-1}$ . O valor máximo registrado foi  $225,7 \mu\text{g L}^{-1}$  no tratamento 250 camarões  $\text{m}^{-2}$ . Esses valores foram devidos aos nutrientes principais para crescimento fitoplantônico (N e P) que estavam presentes em concentrações elevadas. Adicionalmente, a alta taxa de

aeração misturando fortemente a coluna da água garantiu que a luz e o dióxido de carbono não fossem fatores limitantes.

Houve crescimento dos sólidos suspensos totais (TSS) do início até a metade do experimento, e posterior estabilização até o final. Não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). A concentração média dos sólidos suspensos totais (SST) foi  $453 \text{ mg L}^{-1}$ . O valor máximo foi de  $893 \text{ mg L}^{-1}$  e o mínimo foi de  $160 \text{ mg L}^{-1}$ . Samocha et al. (2007) recomendaram valores abaixo de  $500 \text{ mg L}^{-1}$  para camarões marinhos, pois em excesso, geram condições estressantes aos organismos, podendo ocasionar oclusão das brânquias das espécies cultivadas e também aumentar a demanda bioquímica de oxigênio (Hargreaves, 2006). Diferenças nos valores de TSS entre estudos podem ser devido às espécies cultivadas, fase de crescimento, densidade de estocagem, design da unidade experimental, tipo de aeração, comunidade microbiana e sucessão ecológica dos microorganismos em cada situação (Emerenciano et al. 2011).

Diatomáceas cêntricas e diatomáceas penadas foram observadas durante o experimento e suas concentrações podem ser visualizadas na Figura 5.

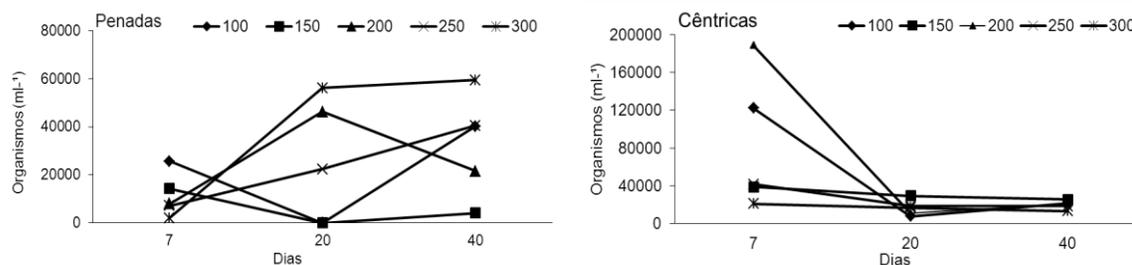


Figura 5. Concentrações de diatomáceas penadas e diatomáceas cêntricas durante o período experimental.

Houve uma preferência dos camarões pelo consumo de diatomáceas cêntricas, pois as concentrações de células que na primeira observação estavam elevadas diminuíram na segunda observação (20 dias) em todos os tratamentos e permaneceram baixas até o final do experimento. Preto et al. (2005) e Ballester et al. (2007) apresentaram evidências que *F. paulensis* consomem diatomáceas cêntricas de forma seletiva. É possível que a preferência por diatomáceas cêntricas justifique-se pela maior relação volume/área destas células, significando maior conteúdo intracelular (Preto et al. 2005). Em relação às diatomáceas penadas, os valores aumentaram do início até o final, principalmente nas densidades mais elevadas. Fernandes da Silva et al. (2008) demonstraram que o decréscimo da abundância de grandes diatomáceas cêntricas resulta no incremento em número de pequenas diatomáceas penadas que rapidamente ocupam os nichos disponíveis, numa via característica das espécies *r*-estrategistas.

A comunidade microbiana pode afetar a qualidade da água, particularmente as concentrações de nitrogênio, em dois caminhos chaves. Primeiramente, bactérias e algas podem utilizar o nitrogênio dissolvido, como amônia e nitrato, para crescimento. Neste caso, o nitrogênio se converte em biomassa fitoplantônica e bacteriana. Alternativamente, as bactérias nitrificantes são capazes de converter amônia até nitrato, e de nitrato até gás N<sub>2</sub>. Neste caso, há remoção de N do sistema de cultivo (Burford et al. 2003b). Além disso, os microorganismos nos viveiros podem suprir os camarões nos viveiros com elementos essenciais, tais como ácidos graxos, esteróis, amino ácidos, vitaminas

e carotenóides (Thompson et al. 2002). As bactérias são responsáveis por grande parte da incorporação do nitrogênio e fósforo em ambientes tanto de água doce como salgada, e estas levam vantagem na competição por nutrientes com o fitoplâncton e cianobactérias, pois possuem maior capacidade de assimilação de nutrientes devido a sua maior relação superfície/volume (Kirchman et al. 2000). Microorganismos presentes na água e nos flocos microbianos podem ser observados na Figura 6.

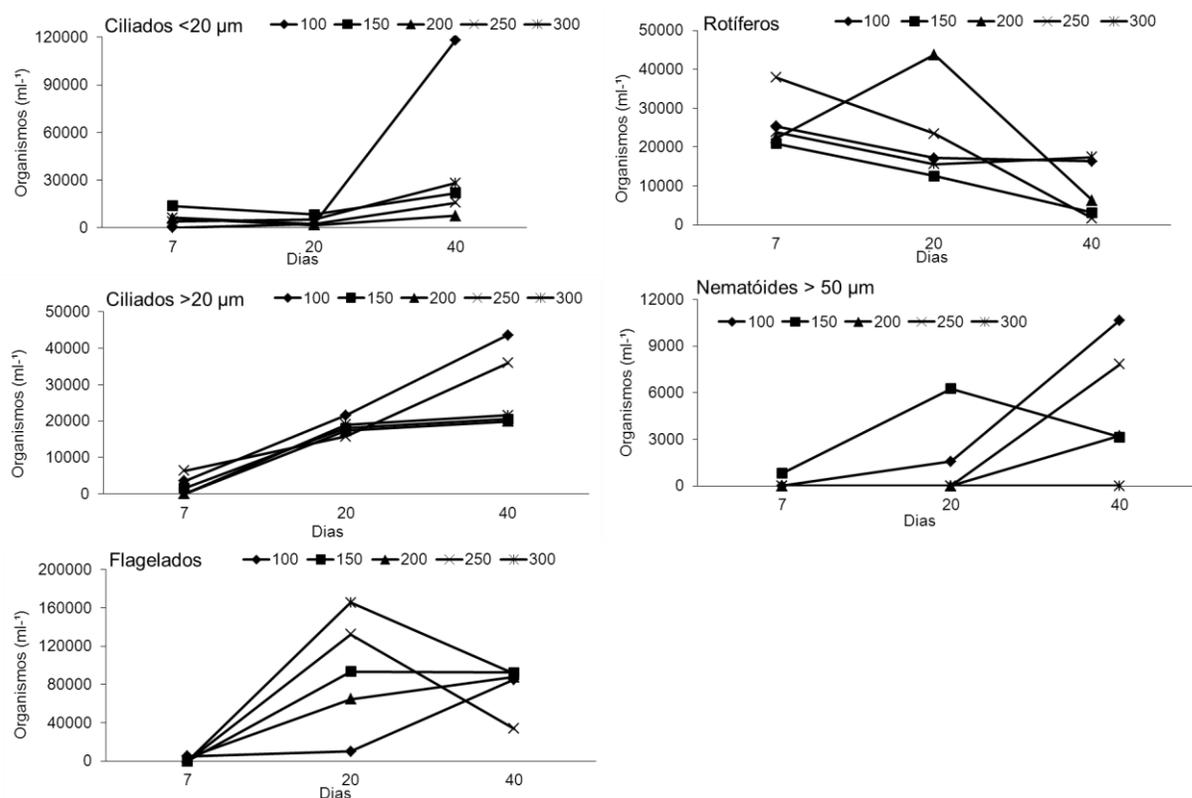


Figura 6. Concentrações de microorganismos presentes na água e nos flocos microbianos durante experimento de densidade de *F. paulensis* em sistema BFT.

Nos gráficos acima, podem ser observadas relações ecológicas chamadas de cascatas tróficas. A cascata trófica pode ser definida como os efeitos indiretos

que o predador causa em níveis tróficos inferiores atuando diretamente em níveis tróficos intermediários (Guariento, 2007). Observamos que as concentrações baixas e constantes dos ciliados  $<20 \mu\text{m}$ , com exceção do tratamento  $100 \text{ cam m}^{-2}$ , podem ser devidas à predação por ciliados maiores e também por rotíferos. O aumento dos ciliados  $>20 \mu\text{m}$  pode estar relacionado com a diminuição do número de rotíferos, os quais predam estes ciliados. O maior número de ciliados pode também estar relacionado com a redução dos flagelados, que também são predadores de ciliados, ficando mais evidente no tratamento  $100 \text{ cam m}^{-2}$ . Thompson et al. (2002) em experimento sobre importância do biofilme na nutrição de *F. paulensis* também observaram diminuição de flagelados e abundância de ciliados, resultado possivelmente da pressão de predação exercida por juvenis de camarões, ou rotíferos e nematóides presentes no biofilme. A baixa densidade de nematóides, principalmente no tratamento  $300 \text{ cam m}^{-2}$  pode estar relacionada com a predação pelos camarões. Estudos indicam que nematóides podem ser importantes itens alimentares para *F. paulensis* também em tanques redes e cercados. Em tanques rede, Pissetti (2005) relatou elevadas taxas de crescimento em biofilmes pesadamente colonizados por nematóides. Da mesma forma, Ballester et al. (2007) demonstraram que a presença de *F. paulensis* em cercados resultou no decréscimo da abundância de nematóides em comparação com o tratamento sem camarões. No presente trabalho, mesmo não havendo uma relação definida, os nematóides aparentemente se beneficiaram da presença dos flocos microbianos, havendo uma tendência de crescimento ao longo do experimento em quase todos os tratamentos.

Os resultados dos parâmetros zootécnicos no experimento podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros zootécnicos do experimento de comparação de densidade para *F. paulensis* em sistema de bioflocos (BFT). Peso inicial, peso final, sobrevivência, crescimento semanal, taxa específica de crescimento (TEC), conversão alimentar aparente (CAA) e produtividade. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

|                                     | Densidade (cam m <sup>-2</sup> ) |                           |                           |                           |                          |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                     | 100                              | 150                       | 200                       | 250                       | 300                      |
| Peso inicial (g)                    | 0,30 ± 0,07                      | 0,30 ± 0,07               | 0,30 ± 0,07               | 0,30 ± 0,07               | 0,30 ± 0,07              |
| Peso final (g)                      | 2,25 ± 0,82 <sup>a</sup>         | 2,27 ± 0,28 <sup>a</sup>  | 1,95 ± 0,24 <sup>b</sup>  | 1,86 ± 0,22 <sup>bc</sup> | 1,82 ± 0,22 <sup>c</sup> |
| Sobrevivência (%)                   | 58,0 ± 7,0                       | 63,0 ± 11,0               | 57,1 ± 11,1               | 62,3 ± 15,9               | 63,1 ± 7,5               |
| Cresc. Semanal (g)                  | 0,28 ± 0,04                      | 0,28 ± 0,01               | 0,24 ± 0,02               | 0,22 ± 0,03               | 0,22 ± 0,03              |
| TEC (% dia <sup>-1</sup> )          | 4,02 ± 0,24                      | 4,05 ± 0,04               | 3,71 ± 0,14               | 3,71 ± 0,24               | 3,61 ± 0,19              |
| CAA                                 | 1,70 ± 0,39                      | 1,57 ± 0,28               | 1,97 ± 0,29               | 1,80 ± 0,40               | 1,83 ± 0,38              |
| Produtividade (kg m <sup>-2</sup> ) | 0,13 ± 0,11 <sup>b</sup>         | 0,22 ± 0,04 <sup>ab</sup> | 0,22 ± 0,04 <sup>ab</sup> | 0,30 ± 0,07 <sup>a</sup>  | 0,35 ± 0,08 <sup>a</sup> |

Os resultados demonstraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os pesos médios finais dos tratamentos. Indicam assim, que o crescimento de *F. paulensis* é dependente da densidade durante o período de engorda em sistema de flocos microbianos. Camarões que foram estocados nas densidades de 100 m<sup>-2</sup> e 150 m<sup>-2</sup> não apresentaram diferença de peso entre si, porém foram 24 % maiores que os camarões estocados na densidade de 300 m<sup>-2</sup>, 22 % maiores que os estocados na densidade de 250 m<sup>-2</sup> e 16 % maiores que na densidade de 200 m<sup>-2</sup>. Para esta espécie, resultados similares em relação à densidade foram encontrados por Wasielesky et al. (2001), Krummenauer et al. (2006) e Fóes et al. (2011).

Sobrevivência, crescimento semanal, taxa específica de crescimento não tiveram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. As sobrevivências conseguidas podem ser consideradas elevadas, considerando principalmente as densidades de cultivo empregadas para esta espécie. Ostrensky & Pestana (2000) analisando dados de cultivos comerciais de *F. paulensis* registraram sobrevivências entre 31,5 % até 79,5 % em densidades médias de 7,2 cam  $m^{-2}$ . Preto et al. (2005), em estudo com tanques redes nas densidades de 50, 100 e 200 camarões  $m^{-2}$  conseguiram sobrevivências de 94,1, 94,6 e 59,2 %, respectivamente. Ballester et al. (2003) conseguiram excelentes resultados utilizando tanques redes como berçário na densidade de 300 camarões  $m^{-2}$ , alcançando após 30 dias de experimento, sobrevivência de 96 % e peso final de 0,58 g. Cavalli & Wasielesky (2003) utilizando tanques redes, povoaram juvenis com peso inicial de 0,44 g nas densidades de 15, 30, 60 e 90  $m^{-2}$ . Após 56 dias, alcançaram sobrevivência de 78 % e peso final de 3,4 g na maior densidade testada. Ostrensky & Pestana (2000), em experimento mencionado acima, encontraram valores de crescimento que variaram entre 0,32 e 1,10  $g\ semana^{-1}$ . Entretanto, estes resultados foram obtidos em baixas densidades, enquanto no presente trabalho as densidades foram de 100 a 300 camarões  $m^{-2}$ . Os valores de conversão alimentar aparente (CAA) não tiveram diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) e não demonstraram ter relação entre as densidades.

A taxa de crescimento específico (TEC) teve comportamento característico que é a redução conforme o crescimento dos camarões. Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. No presente trabalho, não houve

colocação de sedimento no fundo das unidades experimentais. A espécie é conhecida por passar a maior parte do tempo enterrada no sedimento (Iwai, 1978) como uma estratégia para evitar potenciais predadores (Dall et al. 1990). A ausência de sedimento tem demonstrado afetar negativamente o crescimento de camarões desta espécie, principalmente em tanques redes (Wasieliesky et al. 1999; Vaz et al. 2004). Também, foi utilizada uma ração comercial fabricada especificamente para *L. vannamei*, pois não existe ração para outras espécies no Brasil. Isto pode também ter contribuído para o baixo crescimento dos juvenis de *F. paulensis*. Fróes et al. (2007) recomendam utilização de rações com 45 % de proteína bruta para o cultivo de juvenis de *F. paulensis*. Entretanto, Ballester et al. (2010) analisando diferentes percentagens de inclusão de proteína em ração para *F. paulensis* em sistema de flocos microbianos, detectaram não haver diferença de crescimento utilizando ração contendo 35 % de proteína bruta em comparação com rações contendo maiores percentagens de proteína. A análise da composição proximal dos flocos microbianos naquele estudo mostrou valores de 30,4 % de proteína bruta. Os flocos microbianos acabaram tornando um complemento alimentar para os camarões. Paralelamente à redução dos custos de produção, a utilização de menor quantidade de proteína animal faz parte do manejo responsável na aquicultura, causando menor liberação de compostos nitrogenados, diminuindo o risco de eutrofização nas zonas costeiras adjacentes, assim como redução da utilização de farinha de peixe como componente da dieta (Martinez-Cordova et al. 2003). Nesse estudo, os microorganismos tiveram desempenho importante na manutenção da qualidade de água, pois mantiveram

as concentrações dos compostos nitrogenados em níveis adequados, mas provavelmente não tiveram papel importante na nutrição dos camarões. O valor nutricional dos bioflocos para animais aquáticos é dependente de vários fatores, tais como: preferência alimentar, capacidade de ingestão dos flocos e principalmente de digestão de seus nutrientes e também a densidade dos flocos em suspensão (Hargreaves, 2006).

As produtividades tiveram diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos e relacionaram-se diretamente com as densidades, tendo as maiores densidades as produtividades mais elevadas. Mesmo com o baixo crescimento, os valores de produtividade foram elevados, devido às densidades utilizadas. E em relação ao crescimento, Ostrensky & Pestana (2000) relataram que o tempo de cultivo para os camarões chegarem a 2,0 g foi de 50 dias, na mesma temperatura que o presente estudo. Para que o cultivo comercial de *F. paulensis* se torne realidade é necessário o aprimoramento das técnicas de reprodução e produção de pós larvas, assim como a determinação das necessidades nutricionais desta espécie (Soares, 2004).

### **Conclusões**

O estudo demonstra que o sistema de cultivo com utilização de flocos microbianos (bioflocos) possui a capacidade de manter a qualidade de água favorável ao crescimento e sobrevivência de juvenis do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*, mesmo sem nenhuma renovação de água durante o experimento. Também demonstra que o crescimento dos camarões é dependente

da densidade estocagem utilizada. Os resultados demonstram que os bioflocos provavelmente não foram muito utilizados como complemento nutricional aos camarões, devido ao baixo crescimento mesmo nas menores densidades de estocagem testadas. Entretanto, as sobrevivências observadas também confirmam que a espécie pode ser cultivada em densidades de estocagem relativamente altas. Provavelmente as mesmas deveriam ser menores que estas aqui testadas. Experimentos ainda devem ser realizados em densidades de estocagem um pouco mais baixas para estimar as densidades ideais de cultivo

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Ao Laboratório de Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos/IO/FURG, pela análise das comunidades microbianas.

### **Referências bibliográficas**

- ANDERSON, D.M., GILBERT, P.M., BURKHOLDER, J.M. Harmful algal blooms and eutrophication nutrient sources, composition, and consequences. **Estuaries**, v.25: p.704-726, 2002.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of AOAC**, 16 ed., CUNIFF, P. (Ed.), Washington, DC, 2000.
- ARANA, L.V. Fundamentos de Aquicultura. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 2004, 349 p.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.176, p. 227–235, 1999.

- AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology - A practical guide book**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 2009, 181 p.
- AZIM, M.E.; LITTLE, D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.283, p.29–35, 2008.
- BAGENAL, T.B.; TESCH, F.W. Age and growth. In: BAGENAL, T.B. (ed.). **Methods for the assessment of fish production in fresh waters**. IBP Handbook 3, Blackwell Scientific Publications, Oxford, England, 1978. p.101–136.
- BALLESTER, E.L.C.; WASIELESKY, W.J.; CAVALLI, R.O.; et al. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário. **Atlântica**, v.25, n.2, p.117–122, 2003.
- BALLESTER, E.L.C.; WASIELESKY, W.; CAVALLI, R.O.; et al. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. **Aquaculture**, v.269, p.355–362, 2007.
- BALLESTER, E.L.C.; ABREU, P.C.; CAVALLI, R.O.; et al. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v.16, p.163–172, 2010.
- BOYD, C.E. ACC updates effluent standard. **Global Aquaculture Advocate**, 5 (6), 10–12, 2002.
- BROWDY, C.L.; BRATVOLD, D.; STOKES, A.D.; et al. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: BROWDY, C.L. & JORY, D.E. (Eds.). **The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture**, Aquaculture 2001. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, 2001, p.20–34.
- BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; McINTOSH, R.P.; et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, v.219, p.393–411, 2003a.
- BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; BAUMAN, H.; et al. Microbial communities affect water quality, shrimp performance at Belize Aquaculture. **Global Aquaculture Advocate**, August, 64-65, 2003b.
- BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; McINTOSH, R.P.; et al. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v.232, p.525–537, 2004a.
- BURFORD, M.A., SELLARS, M.J.; ARNOLD, S.J.; et al. Contribution of the natural biota associated with substrates to the nutritional requirements of the post-larval shrimp, *Penaeus esculentus* (Haswell), in high density rearing systems. **Aquaculture Research**, v.35, p.508–515, 2004b.

- CAVALLI, R.O.; WASIELESKY, W.J.; FRANCO, C.S.; et al. Evaluation of the short-term toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to *Penaeus paulensis* (Crustacea, Decapoda) broodstock. **Brazilian Archives Biology and Technology**, v.39, n.3, p.567–575, 1996.
- CAVALLI, R.O.; WASIELESKY, W.J. Production of *Farfantepenaeus paulensis* as bait shrimp in cages: the influence of stocking density. In: ANNUAL MEETING OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY, Salvador, Brazil. 1-4/may/2003. **Proceedings**...v.1, p. 164. 2003.
- CAVALLI, R.O.; ZIMMERMANN, S.; SPECK, R.C. Growth and feed utilization of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* fed diets containing different marine protein sources. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.891-896, 2004.
- CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; McINTOSH, R.; et al. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems with Balanced C:N. I: Nutrient transformation and water quality benefits. **The Advocate** (Global Aquaculture Alliance), April, p.53-56, 2001.
- DALL, W.; HILL, B.J.; ROTHLSBERG, P.C.; et al. The Biology of the Penaeidae. **Advances in Marine Biology**. Academic Press, London. 489f. 1990.
- DECAMP, O.; CONQUEST, L.; FORSTER, I.; et al. The nutrition and feeding of marine shrimp within zero-water exchange aquaculture production systems: role of eukaryotic microorganisms. In: **Microbial Approaches to Aquatic Nutrition within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems** (ed. C-S., LEE & O'BRYEN, P.), The World Aquaculture Society, Baton Rouge, FL, USA, p.79–86, 2002.
- DECAMP, O.; CODY, J.; CONQUEST, L.; et al. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone), within experimental zero-water exchange culture systems. **Aquaculture Research**. v.34, n.4, p.345–355, 2003.
- EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B. Stoichiometry of ammonia–nitrogen removal in zero-exchange systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.38, n.2, p.22–27, 2007.
- EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E.L.C.; CAVALLI, R.O.; et al. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. **Aquaculture International**, v.19, p.891-901, 2011.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2009. **El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2008**. Disponível na internet no endereço: [HTTP://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm](http://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm). Acessado em 25/08/2011.

- FERNANDES DA SILVA, C.; BALLESTER, E.C.; MONTSERRAT, J.; et al. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.507–514, 2008.
- FÓES, G.K.; FRÓES, C.; KRUMMENAUER, D.; et al. Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different Stocking densities. **Journal of Shellfish Research**, v.30, n.2, p.1–7, 2011.
- FRÓES, C.N.; ABE, M.P.; WASIELESKY, W.J.; et al. Efeitos de dietas práticas com diferentes níveis de proteína bruta na sobrevivência e crescimento do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). **Atlântica**, v.29, n.1, p.25-34, 2007.
- GROSS, A.; BOYD, C.E.; WOOD, C.W. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. **Aquacultural Engineering**, v.24, p.1–14, 2000.
- GUARIENTO, R.D. O papel do comportamento na ocorrência de cascatas tróficas. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.4, p.590-600, 2007.
- HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.344–363, 2006.
- IWAI, M. **Desenvolvimento larval e pós-larval de *Penaeus (Melicertus) paulensis* Pérez-Farfante, 1967 (Crustacea, Decapoda) e o ciclo de vida dos camarões do gênero *Penaeus* da região centro-sul do Brasil**. São Paulo, 1978, 137 p. (Tese de doutorado em Zoologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KIRCHMAN, D.L.; MEON, B.; COTTRELL, M.T.; et al. Carbon versus iron limitation of bacterial growth in the California upwelling regime. **Limnology and Oceanography**, v.45, p.1681–1688, 2000.
- KUHN, D.D.; SMITH, S.A.; BOARDMAN, G.D.; et al. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aquaculture**, v.309, p.109-114, 2010.
- KRUMMENAUER, D.; WASIELESKY, W.J.; CAVALLI, R.O.; et al. Viabilidade do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustácea, Decapoda) em gaiolas sob diferentes densidades durante o outono no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.252-257, 2006.
- KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R.O.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W.J. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.42, n.5, 2011.
- LEMOS, D.; PHAN, V.N.; ALVAREZ, G. Growth, oxygen consumption, ammonia-N excretion, biochemical composition and energy content of *Farfantepenaeus paulensis* Pérez-Farfante (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) early postlarvae in

- different salinities. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.261, p.55–74, 2001.
- LIN, Y-C.; CHEN J-C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, v.224, p.193–201, 2003.
- MARCHIORI, M.A. **Guia ilustrado de maturação e larvicultura do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* Pérez Farfante, 1967**. Rio Grande, Brasil: Editora da FURG. 79 p, 1996.
- MARTINEZ-CORDOVA, L.R.; CAMPAÑA TORRES, A.; PORCHAS-CORNEJO, M.A. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. **Aquaculture Nutrition**, v.9, p.155-160, 2003.
- McINTOSH, R. Changing paradigms in shrimp farming: V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. **The Advocate (Global Aquaculture Alliance)**, December, p.52-54, 2000.
- McINTOSH, R, SAMOCHA, T.M.; JONES, E.R.; et al. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet in outdoor tank system and no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v.21, p.215–227, 2000.
- MISHRA, J.K.; SAMOCHA, T.M.; PATNAIK, S.; et al. Performance of an intensive nursery system for the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. **Aquacultural Engineering**, v.38, p.2–15, 2008.
- MORIARTY, D.J.W. Methodology for determining biomass and productivity of microorganisms in detrital food webs. In: MORIARTY, D.J.W. & PULLIN, R.S.V. (Eds.). **Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture, ICLARM Conference Proceedings**, 13<sup>o</sup> International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, p.4–31, 1997.
- MOSS, S.M. Dietary importance of microbes and detritus in Penaeid shrimp aquaculture. In: LEE, C.S. & O'BRYEN, P. (Eds.). **Microbial Approaches to Aquatic Nutrition within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems**. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, p.1–18, 2002.
- MOSS, K.R.K.; MOSS S.M. Effects of Artificial Substrate and Stocking Density on the Nursery Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.35, n.4, p.536–542, 2004.
- OSTRENSKY, A.; PESTANA, D. Avaliação das taxas de crescimento de *Farfantepenaeus Paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em viveiros de cultivo. **Archives of Veterinary Science**, v.5, p.5–15, 2000.
- PISSETTI, T.L. 2005. Efeitos da densidade de estocagem e do substrato artificial no cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em cercados. Rio Grande, 2005, 48 p. (Dissertação de mestrado em Aquicultura), Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.

- POERSCH, L.H.; MARCHIORI, M.A. Efeito do oxigênio no camarão rosa *Penaeus paulensis*. 1992. In: ENCONTRO NACIONAL DE AQUICULTURA (Simpósio Brasileiro de Aquicultura, Encontro Brasileiro de Patologistas de Organismos Aquáticos, 1992), Peruíbe, SP. **Anais...** p.115, 1992.
- PRETO, A.L.; CAVALLI, R.; PISSETTI, T.; et al. Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivadas em gaiolas. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1417-1423, 2005.
- REID, B.; ARNOLD, C.R. The intensive culture of the penaeid shrimp *Penaeus vannamei* (Boone) in a recirculating raceway system. **Journal of the WAS**, v.23, p.146–153, 1992.
- SAMOCHA, T.M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v.36, p.184–191, 2007.
- SANDIFER, P. A. et al. Preliminary comparison of the native *Penaeus setiferus* and the pacific white shrimp *Penaeus vannamei* for pond culture in South Carolina, USA. **Journal of World Aquaculture Society**, v.24, p.295-303, 1993.
- SOARES, R.B. 2004. **Comportamento alimentar de pós larvas e juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967) em sistemas de cultivo**. Rio Grande, Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 137p.
- SCHRYVER P.D.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v.277, p.125-137, 2008.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry. Principle and practices of statistics in biological research**. WH Freeman & Co., San Francisco, USA, 776 p, 1969.
- STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. **A practical handbook of seawater analysis**. Ottawa: Fishery Research Board Canada, 310 p, 1972.
- SUBASINGHE, R.P.; BARG, U.; PHILLIPS, M.J.; BARTLEY, D.; TACON, A. Aquatic animal health management: investment opportunities within developing countries. **Journal of Applied Ichthyology**, v.14, p.123–129, 1998.
- THOMPSON, F.L.; ABREU, P.C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, v.203, p.263–278, 2002.
- TSAI, S.-J.; CHEN J.-C., Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, v.213, p.163–170, 2002.
- UNESCO. **Chemical methods for use in marine environmental monitoring**. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France, 1983.

- USUKI, T. Japanese Passion for Shrimp. Culture Affects Consumption. **Global Aquaculture Advocate**, February, p.95-96, 2001.
- UTERMÖHL, H. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton metthodik. **Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen**, v.9, p.1–38, 1958.
- VAN WYK, P.; SCARPA, J. Water Quality and Management. In: VAN WYK, P. et al. (Eds.). **Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems**. Tallahassee, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, p.128–138, 1999.
- VAZ, L.J.; WASIELESKY, W.J.; CAVALLI, R.O. Growth and survival of pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) postlarvae in cages and pen enclosures. **Scientia Agricola**, v.61, p.332-335, 2004.
- VINATEA, L.; GALVEZ, A.O.; BROWDY, C.L.; et al. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, v.42, p.17–24, 2010.
- WASIELESKY, W. **Produção do camarão marinho *Penaeus paulensis* no sul do Brasil: cultivo em estruturas alternativas**. In: CNPq (Ed.) Prêmio Jovem Cientista 1997: publicação resumida dos trabalhos vencedores. CNPq, Fundação Roberto Marinho, Grupo Gerdau, Rio de Janeiro, Brasil, p.53–106, 1999.
- WASIELESKY, W.J. **Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos de parâmetros ambientais e manejo de cultivo**. 2000. 199f. (Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica). Fundação Universidade de Rio Grande, Rio Grande, RS.
- WASIELESKY, W.J.; MARCHIORI, M.A.; SANTOS, M.H.S. Efeito da amônia no crescimento de pós-larvas do camarão rosa, *Penaeus paulensis*, Pérez-Farfante, 1967 (Decapoda, Penaeidae). **Nauplius**, v.2, p.99–105, 1994.
- WASIELESKY, W.J.; POERSCH, L.H.; BIANCHINI, A. Comparação entre a sobrevivência e o crescimento do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em gaiolas e cercados. **Nauplius**, v.7, p.173-177, 1999.
- WASIELESKY, W.J.; POERSCH, L.H.; JENSEN, L.; et al. Effect of stocking density on pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda, Penaeidae). **Nauplius**, v.9, n.2, p.163-167, 2001.
- WASIELESKY, W.J.; ATWOOD, H.; STOKES, A.L.; et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.258, p.396–403, 2006.

WELSCHMEYER, N.A. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and pheopigments. **Limnology and Oceanography**, v.39, p.1985–1992, 1994.

WYBAN, J.A.; SWEENEY, J.N. Intensive shrimp growout trials in a round pond. **Aquaculture**, v.76, p.215–225, 1989.

## ANEXO V

---

### Declínio da temperatura durante o cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* e sua influência em diferentes densidades de estocagem.



PÁGINA INICIAL   SOBRE   PÁGINA DO USUÁRIO   PESQUISA   ATUAL   ARQUIVOS   NOTÍCIAS

Página inicial > Usuário > Autor > Submissões > #11215 > **Resumo**

### #11215 Sumário

**RESUMO**   AVALIAÇÃO   EDIÇÃO

#### Submissão

|                      |  |
|----------------------|--|
| Autores              | Geraldo Kipper Fóes, Eduardo Ballester, Luis Poersch, Wilson Wasielesky  |
| Título               | Produção do camarão rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> em diferentes densidades durante período de declínio de temperatura. |
| Documento Original   | <a href="#">11215-43730-1-SM.DOC</a> 2011-07-31  |
| Doc. Sup.            | <a href="#">11215-43731-1-SP.DOCX</a> 2011-07-31 <a href="#">INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR</a>                                 |
| Submetido por        | Geraldo Kipper Fóes                         |
| Data de submissão    | July 31, 2011 - 12:46 PM   |
| Seção                | AQUACULTURA  |
| Editor               | Nenhum(a) designado(a)   |
| Comentários do Autor | Prezado Editor,<br><br>Agradecemos a oportunidade de submeter um artigo neste capítulo especial sobre Aquicultura da PAB.      |

Artigo submetido para a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).

**Influência do declínio da temperatura na produção do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* em diferentes densidades de estocagem**

**Influence of temperature decline in the production of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in different stocking densities.**

Fóes et al.

**Resumo** - A distribuição geográfica tropical e subtropical do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* indica que essa espécie seja uma interessante opção para os sistemas de cultivos no sul do Brasil, devido principalmente sua capacidade de sobrevivência em baixas temperaturas. Este trabalho teve como objetivos analisar os efeitos da densidade de estocagem sobre o desempenho de juvenis de *F. paulensis* cultivados em um período de redução da temperatura. O experimento foi realizado em um viveiro escavado na Estação Marinha de Aquicultura/IO, Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Foram montadas 12 unidades experimentais (cercados) com área de 4,0 m<sup>2</sup> e testadas quatro densidades de estocagem: 10, 20, 30 e 40 camarões m<sup>-2</sup>. O experimento teve duração de 80 dias. Os resultados indicam maior crescimento nos camarões cultivados na menor densidade, porém havendo maior produtividade nos tratamentos com maior densidade. O principal resultado é a constatação da redução do ritmo de crescimento em todos os tratamentos a partir da diminuição gradativa da temperatura, mas sem ocorrer diferença de crescimento entre os tratamentos. A produção de juvenis em períodos de diminuição de temperatura é viável, principalmente se os objetivos finais sejam fornecimento de camarões na

época de defeso da espécie, produção de isca viva ou manutenção de estoques de reprodutores.

Termos para indexação: *Farfantepenaeus paulensis*, temperatura, densidade de estocagem, crescimento, sobrevivência.

### **Abstract**

The pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* is cold tolerance species distributed through the subtropical zone in Brazil. Due to its capacity of survival and growth at low temperatures this penaeid shrimp is an interesting option for semi-intensive culture systems located in colder regions. This study analyzed the performance of *F. paulensis* juveniles reared in lined ponds at different stocking densities during a period of temperature decrease in Southern Brazil. The experiment was conducted at the Marine Aquaculture Station/IO, Federal University of Rio Grande (FURG). Twelve experimental units (pens) were assembled in a lined pond and four densities were tested: 10, 20, 30 and 40 shrimp m<sup>-2</sup>. Results showed a decreased growth rate in all units associated with the gradual decrease in temperature, however no significant difference in growth between treatments. The results also indicate greater growth in shrimp reared in lower densities, but higher yield in treatments with higher densities.

Index terms: *Farfantepenaeus paulensis*, temperature, density, growth, survival.

## Introdução

Um importante fator que pode interferir na busca de maiores produtividades nos ambientes de cultivo é a temperatura. Esta influencia diretamente no crescimento e na sobrevivência dos camarões, tanto em ambiente natural quanto nos sistemas de cultivo. A temperatura da água é considerada uma das variáveis ambientais mais importantes por afetar diretamente o metabolismo, o consumo de oxigênio, o crescimento e a sobrevivência de organismos aquáticos (Jian et al., 2003). Conhecer o desempenho dos camarões cultivados, em função da época de povoamento dos viveiros tem grande importância na melhoria do planejamento e gerenciamento de uma fazenda de cultivo de camarões marinhos (Ostrensky & Pestana, 2000).

A região sul do Brasil possui grande sazonalidade de temperatura, havendo diminuição acentuada da temperatura no outono/inverno, podendo afetar o crescimento e a sobrevivência dos camarões (Wasielesky, 2000). Nesta região, em função das temperaturas mais baixas, o cultivo de camarões marinhos esteve direcionado para espécies nativas (*Farfantepenaeus paulensis* e *Litopenaeus schimitti*), mais adaptadas a estas condições. Entretanto, a falta de um pacote tecnológico específico para estas espécies acabou impossibilitando a viabilidade econômica da produção destes camarões.

O camarão rosa *F. paulensis* é distribuído na costa sudoeste do oceano Atlântico, entre as latitudes 14 °S até 38 °S e possui importante captura artesanal e industrial na costa sudeste e sul do Brasil. Entretanto, o estado de sobrepesca foi caracterizado por D'Incao et al. (2002). Esse fato foi causado provavelmente

pelo crescimento desordenado da frota industrial, incremento da pesca artesanal nas áreas de criadouro, associada à ineficiência de fiscalização. O cultivo do camarão rosa *F. paulensis* pode ser lucrativo e vantajoso, pois esta espécie é relativamente mais tolerante às baixas temperaturas, possibilitando um período de cultivo mais prolongado, além de possuir atraente valor no mercado internacional (Emerenciano et al. 2007). Peixoto et al. (2003) observaram que, durante o cultivo de *F. paulensis* em viveiros, o crescimento não foi afetado por temperaturas relativamente baixas (19 °C) durante o outono no sul do Brasil. Neste contexto, o cultivo de *F. paulensis*, mesmo fora das condições ideais de temperatura pode ser justificado pela disponibilidade de camarão após o encerramento da temporada de pesca da espécie (final do verão), usualmente resultando em melhores preços de mercado (Krummenauer et al. 2006, 2010).

A determinação das densidades ideais de estocagem possui extrema importância nos estudos de gerenciamento das instalações de cultivo, pois representa um dos principais fatores que determinam a sobrevivência, o crescimento, a produtividade e também a quantidade de efluentes liberados em um sistema de cultivo (Wyban & Sweeney, 1989). A densidade de estocagem ideal pode variar em função da espécie, das estratégias de cultivo ou de parâmetros ambientais (Wasiolesky, 2000). A intensificação pode aumentar a segurança ambiental e econômica, pois maior produtividade pode ser alcançada utilizando as mesmas instalações, evitando assim o custo econômico e também o impacto ambiental da construção de maior número de viveiros. Entretanto, poucas espécies são capazes de sobreviver em altas densidades de estocagem e

geralmente as espécies nativas não são utilizadas, resultando em riscos ambientais para os ecossistemas locais e para a biodiversidade (Myrick, 2002).

O objetivo do presente trabalho foi analisar o crescimento e a sobrevivência de juvenis do camarão rosa *F. paulensis* estocados em diferentes densidades de estocagem em viveiros escavados no extremo sul do Brasil durante um período de declínio de temperatura.

### **Material e métodos**

Os camarões utilizados durante o experimento foram obtidos através de desovas de fêmeas matrizes capturadas no litoral de Santa Catarina. Estes animais foram transportados para a Estação Marinha de Aquicultura (EMA), do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), em Rio Grande, RS. Depois de um período de aclimação às condições de laboratório, fêmeas foram induzidas a maturação segundo Marchiori (1996). Após a desova, os ovos fertilizados foram selecionados e incubados. As larvas eclodidas foram transportadas para sala de larvicultura, sendo mantidas até o estágio de pós larvas de 20 dias. Foram então transferidas para um berçário (densidade de estocagem de 300 camarões  $m^{-2}$ ) onde atingiram um peso médio de  $0,11 g \pm 0,06$ , sendo posteriormente transportadas para as unidades experimentais.

O experimento teve duração de 80 dias, de 20/02 até 11/05, em um viveiro escavado com área de 500  $m^2$  e profundidade média de 1,1 m, tendo o fundo recoberto com mantas de polietileno de alta densidade (PEAD), cuja principal função foi evitar a perda da água por percolação. Dentro do viveiro foram

montadas 12 unidades experimentais (cercados), confeccionadas com panagens de poliéster revestidas de PVC (Sansuy<sup>®</sup>) e malha com abertura de cinco (5) mm. Cada unidade possuía área de fundo de quatro (4) m<sup>2</sup> e altura de 1,2 m. Dentro de cada unidade foi colocada uma camada de sedimento com 10 cm de espessura, pois em ambiente natural a espécie vive em fundos de areia lodosa ou cascalho, pois a espécie apresenta hábito sedentário e atividade predominantemente noturna, enterrando-se durante o dia (Iwai, 1978). O delineamento experimental foi constituído por quatro tratamentos (10, 20, 30 e 40 camarões m<sup>-2</sup>), com três repetições cada, distribuídas aleatoriamente no viveiro. Após o enchimento do viveiro, não houve necessidade de renovação de água nem de aeração artificial suplementar.

Durante o experimento, os seguintes parâmetros de qualidade de água foram monitorados duas vezes ao dia, pela manhã e tarde: temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade foram determinados utilizando aparelho multiparâmetros YSI 556 (Yellow Springs Instruments, EUA). A transparência foi medida uma vez por dia, utilizando um “disco de Secchi”. Os valores de amônia, nitrito, nitrato e fosfato foram monitorados a cada 10 dias. As concentrações de amônia foram analisadas de acordo com o método descrito em UNESCO (1983) e as análises de nitrito, nitrato e fosfato seguiram as metodologias descritas em Strickland & Parsons (1972).

Os juvenis foram alimentados uma vez por dia em bandejas de alimentação com ração comercial extrusada (Guabi–Potymar 35), contendo 35 % de proteína bruta. A taxa de arraçoamento inicialmente foi equivalente a 5 % do

peso total da biomassa, enquanto as temperaturas permaneceram acima de 25 °C. Quando as temperaturas abaixo desse valor foram registradas, as quantidades fornecidas foram reduzidas de acordo com as sobras na bandeja de controle. A biomassa estimada para as unidades experimentais foi baseada nos pesos médios dos indivíduos obtidos nas amostragens e assumindo mortalidade semanal de 1 % da população.

Foram realizadas biometrias a cada 20 dias, quando foram coletados aleatoriamente 50 % dos camarões de cada unidade experimental. Os indivíduos foram transferidos para bandejas contendo papel absorvente para remover o excesso de umidade. Posteriormente foram pesados individualmente em balança digital com precisão de 0,01 g e devolvidos às respectivas unidades. Todo o procedimento foi conduzido com extremo cuidado para evitar mortalidades induzidas pela manipulação. Ao final de 80 dias de cultivo, o viveiro foi drenado e todos os camarões foram contados e pesados individualmente.

Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) na sobrevivência, crescimento e biomassa final foram determinadas utilizando ANOVA de uma via. Para análise de crescimento em função da temperatura e da densidade foi utilizada ANOVA de duas vias. Sendo detectadas diferenças significativas foi aplicado o teste de Tukey para separação de médias. Antes da análise da sobrevivência dos camarões, os dados percentuais foram transformados matematicamente pelo arco seno da raiz quadrada. Todos os testes foram conduzidos após a confirmação da homogeneidade das variâncias (teste de Lévene's) e normalidade da distribuição dos dados (teste de Kolmogorov–Smirnov's) (Sokal & Rohlf 1969).

## Resultados e discussão

Os valores dos parâmetros de qualidade de água podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1.

Todas as variáveis monitoradas estiveram dentro dos limites considerados aceitáveis para a produção de camarões marinhos (Van Wyk & Scarpa, 1999).

Os resultados dos principais parâmetros zootécnicos do experimento podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2.

Após 80 dias de experimento, a sobrevivência do tratamento 40 cam m<sup>-2</sup> foi significativamente menor. Ostrensky & Pestana (2000) analisando resultados de ciclos de cultivo em viveiros comerciais no estado do Paraná, encontraram resultados de sobrevivência variando entre 31,5 % até 79,5 % em períodos de cultivo entre 112 e 171 dias, e densidades de 7 a 10 camarões m<sup>-2</sup>. Cavalli & Wasielesky (2003), em estudo visando produção de iscas vivas de *F. paulensis*, cultivaram juvenis com peso inicial de 0,44 g nas densidades de 15, 30, 60 e 90 camarões m<sup>-2</sup>. Após 56 dias, constataram sobrevivência de 78 % e peso final de 3,4 g na maior densidade. Peixoto et al. (2003) comparando o desenvolvimento de *F. paulensis* e *L. vannamei*, no período de verão, em densidade de 15 camarões

$m^{-2}$ , obtiveram crescimento semanal de 0,78 e 0,84  $g\ sem^{-1}$ , e sobrevivências de 88 e 96 %, respectivamente. Entretanto, houve fornecimento de alimentos frescos (peixes, siris e camarões) como suplemento alimentar. No presente trabalho, os valores de sobrevivência alcançados foram elevados, considerando as densidades utilizadas e principalmente o fornecimento de ração com níveis proteicos abaixo do recomendado para a espécie (Fróes et al., 2007). A conversão alimentar aparente (CAA) diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) no tratamento 40 camarões  $m^{-2}$ , em relação aos outros tratamentos (Tabela 2). A falta de uma ração comercial específica pode ser considerada um problema por aqueles que tentam investir em espécies de camarões não utilizadas comercialmente. Fróes et al. (2007) estudando dietas práticas para alimentação de *F. paulensis* detectaram os melhores desempenhos nos camarões alimentados com ração experimental contendo 45 % de proteína bruta. A ração comercial utilizada no presente experimento possuía 35 % de proteína bruta, sendo grande parte de origem vegetal. As produtividades tiveram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). A produtividade foi maior no tratamento 30 camarões  $m^{-2}$ , mas sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) com o tratamento 40 camarões  $m^{-2}$ . Este é um importante resultado principalmente se o objetivo do cultivo for a produção de camarões para isca viva, pois não precisam atingir um peso médio mais elevado para comercialização.

Os pesos médios não tiveram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos durante a primeira metade do experimento (Figura 1). Entretanto, na

metade final do experimento houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) tendo o tratamento com menor densidade o maior peso.

Figura 1.

Reduções de crescimento e de sobrevivência devido o aumento da densidade de estocagem são encontrados na bibliografia para *F. paulensis* (Krummenauer et al., 2006; Preto et al., 2005, 2009; Wasielesky et al., 2001).

A temperatura esteve em constante declínio durante o período experimental (Figura 2A). A temperatura máxima foi 33,6 °C, a mínima foi 14,9 °C. Durante os primeiros 40 dias de experimento a temperatura média foi de 26,8 °C, nos últimos 40 dias foi de 21,9 °C, sendo que nos 20 dias finais foi de 19 °C.

Figura 2.

Boff & Marchiori (1984) definiram que *F. paulensis* apresenta uma faixa de tolerância entre oito (8) e 36 °C, sendo a temperatura de 25 °C considerada a ideal para sobrevivência nas fases larvais e entre 20 e 30 °C ideal para a fase juvenil. Henning & Andreatta (1998) analisaram o efeito da temperatura (18, 23 e 28 °C) nas taxas de crescimento e sobrevivência em berçários de *F. paulensis* durante 25 dias e encontraram menor taxa de sobrevivência na temperatura de 18 °C. Além disso, o peso final foi maior com o aumento da temperatura, sendo o peso médio dos camarões cultivados a 28 °C significativamente maior que nas outras temperaturas. Peixoto et al. (2003) compararam o cultivo de *F. paulensis* e *L. vannamei* em

viveiros no extremo sul do Brasil. Os resultados indicaram que, apesar das taxas de crescimento e conversão alimentar terem sido melhores para *L. vannamei*, o período de cultivo de *F. paulensis* pode ser maior, pois seu crescimento não foi afetado por baixas temperaturas (19 °C) ocorridas durante a fase final do experimento. Krummenauer et al. (2006) observaram taxas de crescimento praticamente nulas após a diminuição da temperatura abaixo de 18 °C.

No presente trabalho, na época favorável ao crescimento, com temperaturas mais elevadas, os camarões chegaram a crescer 0,7 g sem<sup>-1</sup> na menor densidade, diminuindo o crescimento conforme o aumento de densidade. Entretanto, com a diminuição de temperatura no período final do experimento, os crescimentos de todos os tratamentos foram afetados, anulando também a diferença de crescimento entre os tratamentos (Figura 2B). Foi executada uma ANOVA de duas vias, relacionando o crescimento entre os tratamentos em cada biometria e os crescimentos de cada tratamento ao longo do período experimental. Os resultados demonstraram que no tratamento 10 camarões m<sup>-2</sup> houve diferença positiva significativa de crescimento na biometria do dia 60 em relação às demais densidades e entre as biometrias anteriores e a biometria final do mesmo tratamento. No tratamento 20 camarões m<sup>-2</sup>, houve diferença positiva significativa de crescimento ( $p < 0,05$ ) na biometria do dia 60 em relação às demais densidades e entre as biometrias anteriores, e na biometria final houve crescimento menor que na biometria anterior, entretanto o crescimento foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) que nas primeiras biometrias. No tratamento 30 camarões m<sup>-2</sup>, houve diferença positiva significativa de crescimento ( $p < 0,05$ ) na biometria do dia 60 em

relação às demais densidades e entre as biometrias anteriores, e na biometria final houve crescimento semelhante ( $p>0,05$ ) à biometria anterior. Finalmente, no tratamento 40 camarões  $m^{-2}$  o crescimento não teve diferença ao longo do tempo, sendo significativamente menor ( $p<0,05$ ) que os outros tratamentos apenas na biometria do dia 60. Krummenauer et al. (2006) em experimento de diferentes densidades de *F. paulensis* em cercados, encontraram crescimento similar entre os tratamentos quando as temperaturas diminuíram.

Os resultados do experimento demonstraram que houve redução de crescimento devido à diminuição de temperatura, entretanto, não houve diferença de crescimento entre os tratamentos. Isto significa que, quando o cultivo é realizado em períodos mais frios é possível aumentar a densidade de estocagem sem prejudicar o desempenho, pois o fator mais importante que atua sobre o crescimento é a temperatura. O cultivo de *F. paulensis* sob condições de temperatura abaixo das ideais para a espécie pode ser justificado por vários motivos: disponibilidade do produto após o encerramento da temporada de pesca da espécie (início do outono), resultando em melhores preços de mercado; manutenção de estoque de reprodutores em ambientes externos sem mortalidade significativa; manutenção de estoque de juvenis para utilização como iscas vivas para pesca amadora e em potenciais programas de repovoamento na região sul do Brasil.

## **Conclusões**

1. Os resultados do experimento demonstram a influência negativa do decréscimo de temperatura sobre as taxas de crescimento dos camarões.
2. Demonstram a influência negativa no aumento de densidade sobre a taxa de crescimento e sobrevivência dos camarões.
3. A redução da influência da densidade de estocagem, com a queda da temperatura.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Wilson Wasielesky e Luis Poersch são pesquisadores do CNPq, Geraldo Kipper Fóes é bolsista da CAPES.

### **Referências**

- BOFF, M.H.; MARCHIORI, M.A. The effect of temperature on larval development of the pink shrimp *Penaeus paulensis*, Rio Grande, RS, Brazil. **Atlântica**, v.7, p.7–13, 1984.
- CAVALLI, R.O.; WASIELESKY, W.J. Production of *Farfantepenaeus paulensis* as bait shrimp in cages: the influence of stocking density. In: **Annual Meeting of the World Aquaculture Society**, 2003, Salvador. Proceedings ... Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2003. p.164.

- D'INCAO F.; VALENTINI, H.; RODRIGUES, L.F. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil (1965-1999). **Atlântica**, v.24(2), p.103–116, 2002.
- EMERENCIANO, M.G.C.; WASIELESKY, W.J.; SOARES, R.B.; BALLESTER, E.C.; IZEPPPI, E.M.; CAVALLI, R.O. Crescimento e sobrevivência do camarão rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientiarum Biological Science**. v.29(1), p.1–7, 2007
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2010**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e00.htm>. Acessado em 25/03/2011.
- FRÓES, C.N.; ABE, M.P.; WASIELESKY, W.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; CAVALLI, R.O. Efeitos de dietas práticas com diferentes níveis de proteína bruta na sobrevivência e crescimento do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). **Atlântica**, v.29(1), p.25–34, 2007.
- IWAI, M. **Desenvolvimento larval e pós-larval de *Penaeus (Melicertus) paulensis*, 1967 (Crustácea, Decapoda) e o ciclo de vida dos camarões do gênero *Penaeus* da região centro-sul do Brasil**. 1978. 137 p. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo.
- JIAN, C-Y.; CHENG, S.Y.; CHEN, J.C. Temperature and salinity tolerances of yellow fin sea bream, *Acanthopagrus lotus*, at different salinity and temperature levels. **Aquaculture Research**, v.34, p.175–185, 2003.

KRUMMENAUER, D.; WASIELESKY, W.; CAVALLI, R.O.; PEIXOTO, S.; ZOGBI, P.R. Viabilidade do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea, Decapoda) em gaiolas sob diferentes densidades durante o outono no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.36(1), p.252–257, 2006.

KRUMMENAUER, D.; CAVALLI, R.O.; BALLESTER, E.L.C.; WASIELESKY, W. Feasibility of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or a double CROP management strategy in earthen ponds. **Aquaculture Research**, v.41, p.240–248, 2010.

MARCHIORI, M.A. **Guia Ilustrado de Maturação e Larvicultura do Camarão Rosa *Farfantepenaeus paulensis* Pérez Farfante**. Editora da FURG, 1996, 79 p.

MYRICK, C.A. **Ecological impact of escaped organisms**. In: TOMASO, J.R., Ed. Aquaculture and the environment in the United States. U.S. Aquaculture Society. A Chapter of the World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 2002. p.225–246.

OSTRENSKY, A.; WASIELESKY, W. Acute toxicity of ammonia to various life stages of São Paulo shrimp, *Penaeus paulensis* Pérez Farfante, 1967. **Aquaculture**, v.132, p.339–347, 1995.

OSTRENSKY, A.; PESTANA, D. Avaliação das taxas de crescimento de *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em viveiros de cultivo. **Archives of Veterinary Science**, v.5, p.5–15, 2000.

PEIXOTO S.; WASIELESKY, W.; LOUZADA, L. Comparative analysis of pink shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, culture in extreme southern Brazil. **Journal of Applied Aquaculture**, v.14, p.101–111, 2003.

POERSCH, L.H.; MARCHIORI, M.A. Efeito do oxigênio no camarão rosa *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. In: ABRAq (Ed.), **7° Simpósio Brasileiro de Aquicultura**, Peruíbe, 1992. Conference Proceedings, v.1, p.115.

POERSCH, L.; CAVALLI, R.O.; WASIELESKY W.J.; CASTELLO, J.P.; PEIXOTO, S.R. Perspectivas para o desenvolvimento dos cultivos de camarões marinhos no estuário da Lagoa dos Patos, RS. **Ciência Rural**, v.36(4), p.1337–1443, 2006.

PRETO, A.L.; CAVALLI, R.O.; PISSETTI, T.; ABREU, P.C.; WASIELESKY, W. Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós larvas do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivadas em gaiolas. **Ciência Rural**, v.35(6), p.1417–1423, 2005.

PRETO, A.L.; PISSETTI, T.; WASIELESKY, W.; POERSCH, L.H.; CAVALLI, R.O. Production of live bait-shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) in cages at varying stocking densities. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.35(1), p.39–45, 2009.

SANTOS, M.H.; MARCHIORI, M.A.; WASIELESKY, W.J. Efeito do pH no desenvolvimento do camarão rosa *Penaeus paulensis*, Perez-Farfante, 1967. **Anais**. 4° Encontro Riograndense de Técnicos em Aquicultura, Porto alegre, 1993.

- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry. Principle and practices of statistics in biological research.** WH Freeman & Co., San Francisco, USA, 776 p, 1969.
- STRICKLAND, JDH & TR PARSONS. 1972. **A practical handbook of seawater analysis.** Ottawa: Fishery Research Board Canada, 310 p.
- UNESCO. **Chemical methods for use in marine environmental monitoring.** Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France, 1983.
- VAN WYK, P. & SCARPA, J. **Water quality requirements and management.** *In:* VAN WYK, P.; HODGKINS, M.D.; LARAMORE, R.; MAIN, K.L.; MOUNTAIN, J.; SCARPA, J. (Eds.). *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems.* Tallahassee, Florida, USA. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, 1999, p.141–162.
- VINATEA, L. 2003. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura.** Florianópolis, Editora da UFSC. 166p.
- WASIELESKY, W. **Cultivo de juvenis do camarão-rosa *F. paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos dos parâmetros ambientais.** 2000. 199p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande.
- WASIELESKY, W.J.; POERSCH, L.H.; PEIXOTO, S.; JENSEN, L.V.; BIANCHINI, A. Effect of stocking density on pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus*

paulensis (Perez-Farfante, 1967) (Decapoda, Penaeidae). **Nauplius**, v.9(2), p.163–167, 2001.

WYBAN, J.A.; SWEENEY, J.N. Intensive Shrimp Growout Trials in a Round Pond. **Aquaculture**, v.76, p.215–225, 1989.

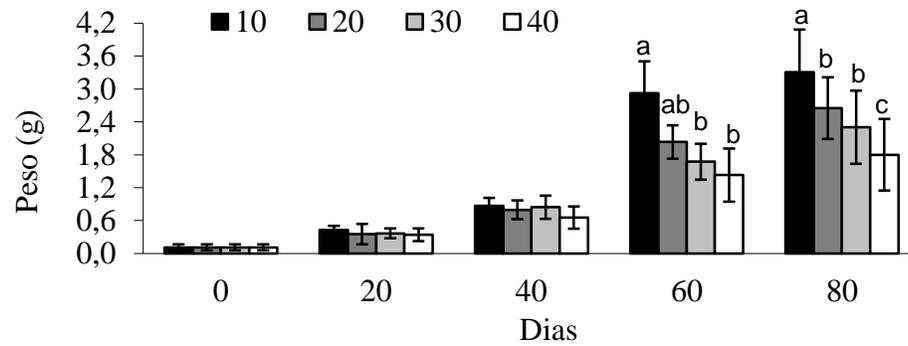
**Tabela 1.** Valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros físico químicos do viveiro no experimento de crescimento e sobrevivência de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em diferentes densidades de estocagem em período de declínio de temperatura no sul do Brasil.

| Parâmetros   | Média       | Mín. | Máx.  |
|--|-------------|------|-------|
| O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> )                 | 7,98 ± 1,87 | 3,34 | 13,04 |
| pH   | 8,39 ± 0,18 | 8,11 | 8,83  |
| Salinidade   | 32,3 ± 3,4  | 25   | 37    |
| AT-N (mg L <sup>-1</sup> )                             | 0,11 ± 0,05 | 0,10 | 0,16  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg L <sup>-1</sup> )  | 0,02 ± 0,01 | 0,00 | 0,05  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg L <sup>-1</sup> )  | 0,02 ± 0,02 | 0,00 | 0,06  |
| PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P (mg L <sup>-1</sup> ) | 0,05 ± 0,02 | 0,02 | 0,09  |

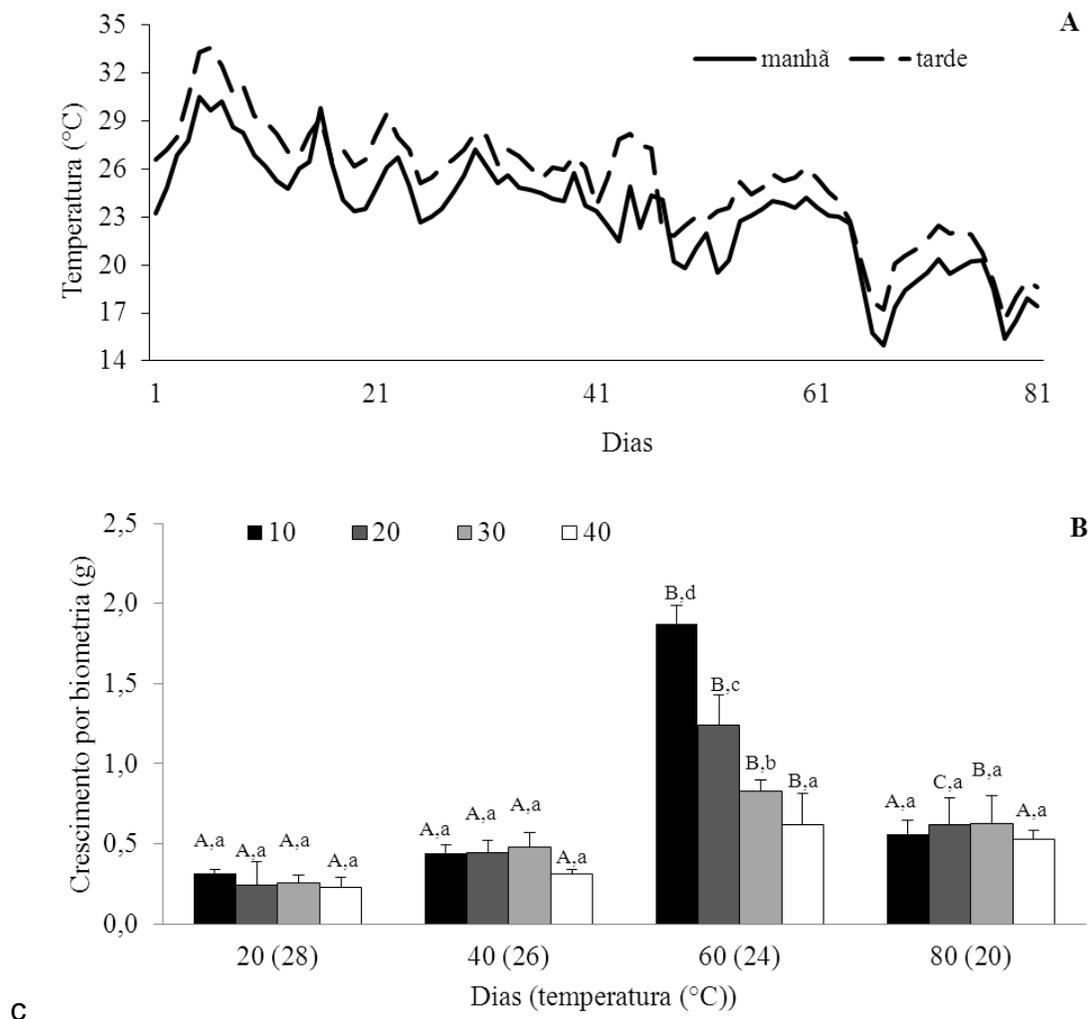
**Tabela 2.** Parâmetros zootécnicos de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* produzidos em diferentes densidades em período de declínio de temperatura: Pesos médios iniciais e finais, sobrevivência, conversão alimentar aparente (CAA) e produtividade dos tratamentos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

|                                       | Densidade (camarões $\text{m}^{-2}$ ) |                              |                              |                              |
|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                       | 10                                    | 20                           | 30                           | 40                           |
| Peso inicial (g)                      | 0,11 $\pm$ 0,01                       | 0,11 $\pm$ 0,01              | 0,11 $\pm$ 0,01              | 0,11 $\pm$ 0,01              |
| Peso final (g)                        | 3,31 <sup>a</sup> $\pm$ 0,32          | 2,64 <sup>b</sup> $\pm$ 0,17 | 2,30 <sup>b</sup> $\pm$ 0,08 | 1,80 <sup>c</sup> $\pm$ 0,15 |
| Sobrevivência (%)                     | 88,3 <sup>a</sup> $\pm$ 2,9           | 87,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5  | 88,9 <sup>a</sup> $\pm$ 3,4  | 82,3 <sup>b</sup> $\pm$ 0,9  |
| CAA                                   | 1,86 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04          | 1,89 <sup>a</sup> $\pm$ 0,05 | 1,95 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08 | 2,12 <sup>b</sup> $\pm$ 0,05 |
| Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | 292 <sup>c</sup> $\pm$ 14             | 462 <sup>b</sup> $\pm$ 53    | 616 <sup>a</sup> $\pm$ 14    | 592 <sup>a</sup> $\pm$ 52    |

Letras sobrescritas diferentes em uma mesma linha demonstram diferença estatística ( $p < 0,05$ ) (teste de Tukey).



**Figura 1.** Variação dos pesos médios entre as biometrias durante o experimento de análise do declínio de temperatura no crescimento e sobrevivência de *F. paulensis* em diferentes densidades. \* Letras diferentes significam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (teste de Tukey).



**Figura 2. A.** Valores de temperatura nos períodos da manhã e tarde durante o experimento de análise do declínio de temperatura no crescimento e sobrevivência de *F. paulensis* em diferentes densidades. **B.** Valores de crescimento entre as biometrias. \* Letras diferentes significam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Letras maiúsculas mostram diferenças ao longo do tempo no mesmo tratamento, letras minúsculas mostram diferenças entre os tratamentos (teste de Tukey). \*\* Entre parênteses no eixo horizontal são mostrados os valores médios de temperatura entre cada biometria.

