

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS

INSTITUTO DE PESCA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

DENSIDADES DE ESTOCAGEM PARA SISTEMA INTENSIVO COM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931)

Orlando Couto Junior

Orientador: Prof. Dr. Julio Vicente Lombardi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aqüicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura e Pesca.

São Paulo
Setembro - 2007

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS

INSTITUTO DE PESCA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

DENSIDADES DE ESTOCAGEM PARA SISTEMA INTENSIVO COM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931)

Orlando Couto Junior

Orientador: Prof. Dr. Julio Vicente Lombardi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aqüicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura e Pesca.

São Paulo
Setembro – 2007

693.3 Couto Junior, Orlando

Densidades de Estocagem para Sistema Intensivo com Recirculação de Água na Criação do Camarão *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931), São Paulo, Brasil / Orlando Couto Junior – 2007

Dissertação (mestrado) – Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento. - São Paulo, 2007.

Orientador: Julio Vicente Lombardi

Bibliografia f39 - 46

1. Camarão, *Litopenaeus vannamei*, sistema de recirculação, filtro biológico, densidades de estocagem

C871d

Dedico esse trabalho à minha esposa Patricia da Silva Sessa pela paciência, apoio e carinho destinados nestes dois anos de trabalho, e aos meus pais Orlando Couto e Neide de Almeida Couto por todo carinho e atenção dedicados a mim.

“Um dia é preciso parar de sonhar e, de algum modo, partir”.

Amir Klink, 1992

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Julio Vicente Lombardi pela orientação desta pesquisa, pelo profissionalismo demonstrado ao longo dos trabalhos, pelas valiosas sugestões que contribuíram para a minha formação científica, pela paciência e amizade construída ao longo deste trabalho.

Ao Instituto de Pesca pela iniciativa de realizar o curso de Mestrado.

À Universidade Santa Cecília (UNISANTA) pela fundamental ajuda através da concessão de uma bolsa de aperfeiçoamento, durante o período do curso.

À Marina D. Rosa, na pessoa da Lirian que possibilitou a realização deste experimento e o apoio logístico a todo projeto.

Ao Prof. Roberto Patella pelo incentivo e apoio durante a realização do projeto, bem como para o desenvolvimento de minha carreira acadêmica.

Ao amigo Prof. Msc. João Marcos Miragaia Schmiegelow um grande colaborador e incentivador para a realização deste mestrado.

Ao amigo Prof. Dr. Roberto Borges pela ajuda na reta final e sua valiosa colaboração nesta pesquisa.

Ao amigo Prof Fábio Giordano pelo incentivo e apoio nesses anos todos para a realização do mestrado.

Aos alunos do curso de Ciências Biológicas que participaram de todo o processo de campo ao longo de 2006: mais uma vez muito obrigado.

Aos amigos biólogos João Alberto, Lucilene Mendes e aos monitores do IX Simpósio de Biologia Marinha, que entenderam minhas ausências durante o ano de 2006.

A bióloga Laís Macedo Cordeiro pela ajuda na elaboração do esquema do sistema de tanque e filtro.

Ao corpo de professores, em especial ao Prof. Cyro Ottoni, e aos funcionários da Unisanta que contribuíram para a realização de todos os créditos durante o ano letivo.

Aos meus amigos mestrandos, pois dividimos vários momentos de alegrias durante o curso.

Aos meus familiares, que sempre apoiaram meu desenvolvimento profissional.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desta etapa em minha carreira profissional.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	05
2.1 Panorama da Aqüicultura Mundial e Nacional	05
2.2 Histórico da Carcinicultura no Brasil	07
2.2.1 Primeira Etapa	07
2.2.2 Segunda Etapa	08
2.2.3 Terceira Etapa	08
2.3 Sistemas de Cultivos adotados na Carcinicultura	09
2.3.1 Sistema Tradicional (Semi Intensivo)	09
2.3.2 Sistemas Alternativos	10
2.3.2.1 Tanques Rede	10
2.3.2.2. Sistemas Fechados com Recirculação de Água	11
2.4 Qualidade da Água em Sistemas de Cultivo	12
2.4.1 Oxigênio Dissolvido	12
2.4.2 pH	13
2.4.3 Amônia	14
2.4.4 Nitrito e Nitrato	15
2.4.5 Salinidade	16
2.4.6 Temperatura	17
3. METODOLOGIA	18
3.1 Caracterização do local de realização do experimento	18
3.2 Estrutura física	19
3.3 Aclimação dos Organismos	23
3.4 Delineamento experimental	23
3.5 Alimentação	24
3.6 Tomada de Dados biométricos de Sobrevivência	25
3.7 Monitoramento das Variáveis Hidrológicas	26
3.8 Tratamento Estatístico dos Dados	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5 CONCLUSÕES	38
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Densidades de estocagem utilizadas no experimento com <i>L.vannamei</i>	23
Tabela 2	Variáveis físicas e químicas monitoradas durante o experimento – Fase 01	29
Tabela 3	Variáveis físicas e químicas monitoradas durante o experimento – Fase 02	29
Tabela 4	Médias do peso final para a Fase 01(90 dias de cultivo em sistema fechado com <i>L. vannamei</i>)	32
Tabela 5	Médias do peso final para a Fase 02 (90 dias de cultivo em sistema fechado com <i>L. vannamei</i>)	33
Tabela 6	Valores de sobrevivência (%) obtida no experimento (cultivo em sistema fechado com <i>L. vannamei</i>)	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Bateria de tanques experimentais	19
Figura 2	Vista dos tanques experimentais com cobertura de tela de nylon	20
Figura 3	Disposição das telas de nylon “surfaces” dentro dos tanques experimentais	20
Figura 4	Estufa tipo “green-house” construída para abrigo dos tanques experimentais	21
Figura 5	Configuração esquemática do sistema de filtração biológica	22
Figura 6	Vista do filtro biológico em funcionamento	22
Figura 7	Contagem das pós-larvas	24
Figura 8	Cobertura e “surfaces” afastadas durante os procedimentos de biometrias	25
Figura 9	Tomada de peso de camarões de forma agrupada	26
Figura 10	Tomada de peso de camarões de forma individual	26
Figura 11	Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento de <i>L. vannamei</i> em sistema de recirculação fechada	34
Figura 12	Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento de <i>L. vannamei</i> em sistema de recirculação fechada	35

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo testar o cultivo de camarões *Litopenaeus vannamei*, em sistema intensivo, contendo recirculação e filtração biológica da água. O experimento foi dividido em duas etapas: Fase 01 (temperaturas amenas) e Fase 02 (temperaturas mais elevadas), com 90 dias de duração para cada etapa. Antes da realização dos testes com densidades de estocagem, uma fase preliminar de aclimação foi realizada, consistindo na manutenção de 5000 pós-larvas (PL₁₁), em um tanque berçário de 310 litros, por um período de 15 dias. Após esse período de adaptação, as pós-larvas foram transferidas para os tanques experimentais, contendo 100 litros de água do mar, respeitando-se as densidades de estocagem experimentais de 500, 1000 e 2000 camarões/m³ (Fase 01) e 1000, 2000 e 4000 camarões/m³ (Fase 02). O experimento foi conduzido com 4 réplicas simultâneas para cada densidade testada. Os organismos foram alimentados com ração comercial peletizada (40% de proteína bruta), oferecida três vezes ao dia, com base na proporção corporal. Os dados de crescimento em peso foram registrados quinzenalmente e, ao final dos 90 dias, os índices de sobrevivência foram calculados. Os resultados da primeira fase revelaram pesos médios finais de 0,70g – 0,90g - 0,80g e sobrevivências de 82,00% – 71,25% - 71,62%, respectivamente para as densidades de 500 - 1000 - 2000 camarões/m³. Na segunda fase, os resultados foram os seguintes: pesos médios finais de 1,37g – 1,38g – 1,16g e sobrevivências de 64,00% – 71,37% – 60,56%, respectivamente para as densidades de 1000 - 2000 - 4000 camarões/m³. Em conclusão, o uso de filtração biológica mostrou ser eficiente para a manutenção da boa qualidade da água no sistema de recirculação. Além disso, a densidade de 4000 camarões/m³ pareceu ser a mais adequada para a produção de camarões de pequeno porte, nas mesmas condições do presente estudo, levando-se em consideração os dados de crescimento, sobrevivência e número de organismos teoricamente produzidos.

Palavras-chaves: Camarão, *Litopenaeus vannamei*, sistema de recirculação, filtro biológico, densidades de estocagem

ABSTRACT

The aim of the present study was to test rearing the shrimp *Litopenaeus vannamei*, in closed system, with recirculation and biological filtration of water. The experiment were carried out in two phases: Phase 01 (lower temperatures), and Phase 02 (higher temperatures), during the period of 90 days for each phase. Before testing stocking densities, a previous phase was developed for acclimation shrimp, consisting of keeping 5000 postlarvae (PL₁₁) in a nursery tank of 310 liters, for a period of 15 days. Afterwards, postlarvae were transferred for experimental tanks, with 100 liters of sea water, according to experimental stocking densities of 500, 1000 and 2000 shrimp/m³ (Phase 01), and 1000, 2000 and 4000 shrimp/m³ (Phase 02). The experiment was carried out with 4 simultaneous replicates for each treatment of stocking density. Shrimp were fed with commercial pellets (40% crude protein), supplied three times a day, based on body proportion. Data of body weight were registered every fortnight, and survivals were calculated at the end of the 90 days. The results of the first phase showed final mean weights of 0.70g – 0.90g – 0.80g, and survivals of 82.00% – 71.25% - 71.62%, for the stocking densities of 500 - 1000 - 2000 shrimp/m³, respectively. For the second phase, results were as follow: final mean weights of 1.37g – 1.38g – 1.16g, and survivals of 64.00% – 71.37% – 60.56%, for the stocking densities of 1000 - 2000 - 4000 shrimp/m³, respectively. In conclusion, the use of biological filtration showed being efficient for the maintenance of good quality of water inside the recirculation system. In addition, the stocking density of 4000 shrimp/m³ seemed to be more suitable for producing small shrimp, in the same conditions of the present study, taking into account data of weight, survival and number of organisms theoretically produced.

Key-words: shrimp, *Litopenaeus vannamei*, recirculating system, biological filter, stocking densities

1. INTRODUÇÃO

Aqüicultura é o processo de produção, em cativeiro, de organismos que dependem da água para a realização total ou parcial de seu ciclo de vida, em qualquer estágio de desenvolvimento. De acordo com a FAO (Food and Agriculture Organization), três fatores caracterizam essa atividade: o organismo produzido é aquícola, existe um manejo visando à produção e a criação possui um proprietário, isto é, não é um bem coletivo como são as populações exploradas pela pesca (RANA, 1997). Nos últimos anos, essa atividade adquiriu considerável crescimento nos países do 3º mundo, merecendo especial destaque os empreendimentos que se dedicam ao cultivo de camarões (carcinicultura).

Dentre as atividades de maricultura, a carcinicultura marinha ou cultivo de camarões vem se expandindo de forma bastante acelerada em diversos países litorâneos do Ocidente e do Oriente. Os camarões são responsáveis pelo maior volume financeiro no comércio internacional de frutos do mar. Atualmente, cerca de 30% de todo camarão consumido mundialmente é cultivado e esse produto já domina, aproximadamente, 50% do comércio dos maiores países consumidores, EUA e Japão (WAINBERG, 2000). Existem mais de 250 espécies de camarões no mundo, mas somente 12 são cultiváveis, todas da família Penaeidae (JORY, 2003). A espécie *Litopenaeus*

vannamei é a mais utilizada em operações de cultivo, em todo o mundo, desde a década de 90.

A carcinicultura marinha vem sendo realizada em mais de 60 países. Porém, a maior parte da produção concentra-se em apenas 15 nações da Ásia e da América Latina. Desde 1992, 12 países vêm contribuindo com 95% da produção de camarões. As maiores nações produtoras são Equador, Taiwan, Indonésia, China e Tailândia. A Tailândia, nesses últimos anos, consagrou-se como líder de produção mundial de camarões (JORY, 2003). Na última década, a estimativa de produção anual do cultivo de camarões em países como Taiwan, Filipinas, Indonésia e Tailândia foi de 20.000, 40.000, 80.000 e 220.000 toneladas, respectivamente (HONGKEO, 1997).

Entre 1975 e 1985 a produção mundial de camarões cresceu 300% e, entre 1985 e 1995, esse crescimento foi de 250%. Na década situada entre 1995 a 2005 esperava-se um incremento de 200% no crescimento da produção mundial (ROSEMBERRY, 2001). No entanto, segundo dados da FAO (2007), o crescimento mundial para a produção de camarões, para o referido período, foi de 101,82%, ficando bem abaixo das projeções estimadas anteriormente. Essa desaceleração no crescimento pode ter sido influenciada, dentre outros fatores, pelas limitações sobre as expansões das áreas ocupadas pela atividade.

No Brasil, a produção de camarão marinho foi iniciada na década de 70, na região Nordeste, com a introdução da espécie exótica *Marsupenaeus japonicus*. A carcinicultura brasileira, porém, começou a adquirir caráter tecnopresarial apenas no final da década de 80 (ROCHA, 1998). De acordo com esse mesmo autor, as improvisações praticadas, até então, começaram a ceder espaço ao profissionalismo e ao planejamento. GESTEIRA & PAIVA (2003) destacaram, no ano de 2002, uma produção nacional de 60.128 t de camarões cultivados, sendo a região do nordeste responsável por 96,5 % dessa produção. Tal panorama já colocava, naquela ocasião, a carcinicultura como uma das atividades mais expressivas na movimentação do mercado de produtos oriundos da aqüicultura no Brasil.

Segundo LOMBARDI *et al.* (2006), o cultivo de camarões apresentava-se em expansão nos últimos anos, especialmente em áreas tropicais. Estes autores destacam o risco que essa atividade oferece, quando praticada sob o sistema tradicional, pois muitas vezes, ocupa áreas costeiras, o que pode gerar impactos ambientais, como destruição de extensas áreas de manguezais. Conseqüentemente, a expansão da indústria dos camarões sofre suas limitações.

Pesquisadores de diversas partes do mundo buscam a utilização de estruturas e metodologias alternativas para o cultivo de camarões (VAN WYK, 1999; WASIELESKY, 2000 e LOMBARDI *et al.* 2006). Isso se deve, principalmente, à diminuição da disponibilidade de áreas continentais, elevação do custo da terra, redução dos custos operacionais, necessidade de desenvolvimento de sistemas geradores de renda para as populações menos favorecidas das zonas litorâneas e necessidade de minimização dos impactos da carcinicultura sobre o meio ambiente.

BERVERIGE & MUIR (1996) apontam os sistemas de tanques-rede e gaiolas como excelentes alternativas para a criação de organismos aquáticos, dispensando a ocupação dos solos. Esse sistema já foi parcialmente testado em diversos países com algumas espécies de camarões com interesse comercial. (LI & CHEN 1987; AVAULT JR, 1988; SINHA & SENGUPTA, 1992; ANGELL, 1993; RODRIGUEZ *et al.*, 1993; SRIKRISHNADHAS & SUNDARARAJ, 1993; SHAMUGAM *et al.*, 1995; STUCK *et al.*, 1996; LOMBARDI *et al.* 2006).

Os cultivos em tanques-rede aparecem como uma alternativa para o ingresso de pequenos produtores na carcinicultura, já que tais sistemas de produção reduzem investimentos necessários para a implantação de unidades de cultivo, aproveitam bem os recursos naturais dos ecossistemas costeiros, não implicam em movimentação de terra, desmatamento ou abertura de canais, permitem a economia de energia com a renovação de água e possibilitam a obtenção de margens compensadoras de lucro. Todavia, o

sucesso deste tipo de tecnologia ainda depende do desenvolvimento de novas pesquisas sobre o manejo mais adequado para esta alternativa de cultivo.

O sistema fechado, com recirculação de água, é outra alternativa tecnológica estudada mais recentemente, a título de sugestão para o desenvolvimento da carcinicultura em regiões que possuem carência de áreas para a prática dessa atividade, em sistema tradicional, ou em tanques-rede. A estrutura mais testada, até então, inclui tanques de alvenaria tipo “raceways”, cobertos com estufa tipo “green-house” (VAN WYK, 1999).

Para MCABEE *et al.*, (2003), uma alternativa para minimizar a emissão de efluente reside na utilização de cultivos onde se recircula, total ou parcialmente, a água, através de biofiltros, a fim de se reduzir os níveis de amônia decorrentes das fezes e dos resíduos de alimento.

Dentre os estudos sobre o sistema intensivo de produção de camarões, destacam-se aqueles realizados por MOSS (1994), VAN RIJIN (1996), KONGKEO (1997), BARBIERI (1998), VAN WYK (1999), HAMPER *et al.* (2001), SAMOCHA *et al.* (2001), LIN *et al.* (2002), WEIRICH *et al.* (2002), MCABEE *et al.* (2003), SEVILLA *et al.* (2004), BROWDY *et al.* (2005), LIANG *et al.* (2005), GANDY *et al.* (2006) e ZARAIN *et al.* (2006).

O objetivo do presente estudo foi desenvolver uma tecnologia alternativa para o cultivo de camarões, baseada em sistema fechado, com recirculação de água e filtração biológica, a fim de estipular alguns parâmetros de manejo, especialmente no tocante às densidades de estocagem mais adequadas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Panorama da Aqüicultura Mundial e Nacional

Segundo dados publicados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura FAO (2007), no ano de 2005 foram produzidas aproximadamente 140 milhões de toneladas de pescados no mundo (oriundas tanto da pesca quanto da aqüicultura). A aqüicultura contribuiu com mais de 48 milhões de toneladas.

O desenvolvimento da aqüicultura exerce papel fundamental no crescimento da produção mundial de pescados e, em conseqüência, na produção de alimentos com alto nível protéico. A produção aqüícola brasileira, entre 2000 e 2001, cresceu cerca de 19%, ou o equivalente a 16,6% em receitas geradas (BORGHETTI *et al.*, 2003).

Os peixes constituem o grupo mais importante da aqüicultura mundial, sendo responsáveis por 52,5% da produção aqüícola. Os cultivos de algas, entretanto, que já contribuíram com mais de 34% da produção, hoje representam apenas 20% do total produzido; o restante é dividido entre moluscos (24%) e crustáceos (4%) (VALENTI *et al.*, 2000).

A produção de crustáceos alcançou um montante de 1.227.055t, na década de 1990 a 2001, o que correspondeu a um aumento de 20% na produção mundial (BORGUETTI, 2003). De acordo com informação da FAO em 2007, a captura mundial de camarões marinhos foi de 2.843.020 toneladas, enquanto que a produção mundial por aquicultura foi de 1.292.476 toneladas.

Segundo BORGHETTI *et al.* (2003) a década de 90 foi de grandes avanços para a aquicultura mundial e especialmente para o Brasil. Foi nessa década, por exemplo, que os cultivos do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* se popularizaram no país, fazendo com que a carcinicultura se tornasse a modalidade de cultivo mais lucrativa da aquicultura nacional. No mesmo período, as capturas pesqueiras sofreram redução de 1,4%.

Segundo VALENTI *et al.* (2000) e BORGUETTI *et al.* (2003), o Brasil, progressivamente, ganha posições no ranking internacional. Em 2001 ocupava a 19ª posição em produção e a 13ª em receitas geradas. Essa colocação representava um evidente progresso, mas o país ainda produzia menos que lugares com condições climáticas ou disponibilidade de áreas e de água muito menores, como, por exemplo, Nova Zelândia, Egito, Reino Unido e Canadá, entre outros.

Segundo VALENTI *et al.* (2000), na década de 90, houve um amplo domínio da região Sul na produção aquícola brasileira. Apesar do clima menos favorável que o existente em outras regiões, os três Estados do Sul produziram o equivalente a 49,1% da produção nacional, seguida pelos Estados da Região Nordeste (com 22,9%) e da Região Sudeste (18,9%). Já nas regiões Centro-Oeste e Norte, a atividade esteve menos desenvolvida.

Pelo menos 64 espécies de organismos aquáticos são utilizadas, comercial ou experimentalmente, na aquicultura brasileira. Os peixes

constituem maioria absoluta em termos de número de ocorrência (51 espécies cultivadas), seguidos pelos crustáceos (5), moluscos (4), répteis (2), anfíbios (1) e algas (1) (VALENTI *et al.*, 2000).

Durante o período de 1990 a 2001, o grupo que apresentou a maior taxa de variação relativa de crescimento foi o dos moluscos (11.848%), seguido dos crustáceos (1.457%), anfíbios e répteis (1.216%) e peixes (777%). (BORGHETTI *et al.*, 2003). De acordo com estes mesmos autores, a produção e geração de receitas, a partir de 1996, revelaram que ocorreu um crescimento gradativo para todos os grupos cultivados, com destaque para os cultivos de crustáceos (basicamente camarões marinhos). Ainda com relação à criação de crustáceos, houve um crescimento de mais de 20% nos últimos cinco anos da década de 80, embora tenha ocorrido uma retração de cerca de 10% entre 1990-1996, devido, principalmente, às doenças virais e uma série de problemas ambientais.

Dentre os crustáceos produzidos no mundo, o predomínio absoluto recaiu sobre os camarões marinhos, com 64% (1,2 milhões de toneladas) da produção. Em uma escala bem menor, estão os crustáceos de água doce (principalmente lagostins e camarões), com 25,9% (514,4 mil toneladas) e os caranguejos, que representam 8,3% (164,2 mil toneladas) da produção total (BORGHETTI *et al.*, 2003).

2.2. Histórico da Carcinicultura no Brasil

A evolução da carcinicultura no Brasil foi dividida em três etapas segundo o Ministério da Agricultura e do abastecimento (MERCADO DA PESCA, 2005).

2.2.1. Primeira etapa

O Brasil ensaiou seus primeiros passos na aqüicultura na década de 70, com expectativa bastante promissora, em função da extensa costa marítima e

da grande variedade de espécies nativas. Entretanto, a prática do cultivo de camarão, em termos empresariais, somente teve início nos anos 80, com o uso da espécie exótica *Marsupenaeus japonicus*.

Em meados dessa década, ressentindo-se de pesquisas que possibilitassem o alcance de uma produtividade economicamente aceitável e ante a inaptidão dessa espécie às baixas salinidades, a carcinicultura brasileira redirecionou seus objetivos para as espécies nativas *Farfantepenaeus subtilis*, *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Farfantepenaeus paulensis*. Todavia, a baixa produtividade e a pouca lucratividade dessas espécies provocaram a desativação e a reconversão, à salinas, de diversas fazendas na região Nordeste. No Rio Grande do Norte, a área de cultivo foi reduzida de 1000 ha para menos de 100 ha.

2.2.2. Segunda etapa

A segunda etapa iniciou-se no começo de 1993, quando foi decisiva a opção pelo cultivo da espécie *Litopenaeus vannamei*. Esta espécie exótica possuía capacidade de adaptação às mais variadas condições locais de cultivo, o que contribuiu para elevá-la à categoria de principal espécie da carcinicultura brasileira. O domínio do ciclo reprodutivo e da produção de pós-larvas resultou em auto-suficiência e regularização de sua oferta, consolidou a tecnologia de formação de plantéis em cativeiro e relegou ao passado a dependência das importações, que constituíam veículos de introdução de doenças e que ocasionavam irregularidades na oferta de pós-larvas, com reflexos negativos no desempenho global da atividade.

Em contrapartida, a qualidade do alimento balanceado, que em passado recente, representou um fator limitante para o aumento da produtividade dos viveiros, hoje já revela uma sensível melhora. Com efeito, a melhor qualidade das rações comerciais apresentava-se como decisiva para o crescente aumento de produtividade dos empreendimentos camaroneiros nacionais, cuja maioria já usa a tecnologia das bandejas-comedouros fixas, beneficiando-se da significativa redução da quantidade de ração ofertada em relação ao peso final dos camarões, além dos acréscimos nos ganhos social e ambiental.

2.2.3. Terceira etapa

A terceira etapa é aquela em que o país se encontra atualmente, após a consolidação da tecnologia de reprodução e engorda, o alcance da auto-suficiência na produção de pós-larvas, a oferta de uma ração de qualidade e o despertar do setor produtivo para a importância da qualidade do produto final.

Essas condições projetam a carcinicultura marinha em direção ao mercado externo, cujas condições de demanda e preço são altamente favoráveis, com um potencial extraordinário de geração de divisas para o desenvolvimento do país. A firme tendência de consolidação do setor em condições técnica e economicamente viáveis e altamente lucrativas permite vislumbrar, em curto prazo, a possibilidade de o Brasil se tornar um dos principais produtores mundiais de camarão marinho cultivado, especialmente quando os setores público e privado se unem em prol do desenvolvimento sustentável do setor.

A carcinicultura ocupa áreas muito maiores por propriedade que a piscicultura, desenvolvida primordialmente na Região Sul. Os sete Estados (RN, CE, BA, PE, PB, PI e SE) que apresentaram as maiores áreas médias cultivadas por propriedade são da Região Nordeste (VALENTI *et al.*, 2000).

De acordo com SOUZA FILHO *et al.* (2003), aproximadamente 96% da produção brasileira de camarão está concentrada na Região Nordeste; a Região Sul representa 3% do total, impulsionada principalmente pelo Estado de Santa Catarina.

2.3. Sistemas de cultivo adotados na carcinicultura

2.3.1 sistema tradicional (semi-intensivo)

De acordo com ANDREATTA & BELTRAME (2004), no sistema semi-intensivo os viveiros possuem área de 1,0 a 10,0 ha. O uso de alimento artificial (ração) é fundamental; no entanto, a produtividade natural ainda desempenha um papel preponderante na alimentação dos camarões. Além disso, o uso de

aeradores é essencial para manter os níveis ideais de oxigênio dissolvido e as taxas de renovação de água são bastante altas, variando de 5% a 20% por dia. Os autores postulam que a densidade de estocagem nesse sistema varia de 6 a 20 camarões/m². A produção pode variar de acordo com o número de camarões e do aporte tecnológico aplicado e é possível que chegue a mais de 10 toneladas por ha/ano.

Para esse sistema, é necessária a construção de canais de abastecimento e de escoamento de água. Os tanques possuem fundo e paredes de terra e seu tamanho depende, basicamente, do formato e das inclinações do terreno (ANDREATTA & BELTRAME, 2004). O investimento inicial, considerado médio, exige pouca mão-de-obra especializada (ARANA, 2004).

2.3.2. Sistemas alternativos (intensivos)

2.3.2.1. Tanques-rede

A denominação de tanques-rede é empregada na aquicultura com uso de materiais que se comportem como uma rede na hora da colheita. Geralmente são usadas redes de multifilamento de poliamida, sendo a malha com ou sem nó. Outros materiais comumente usados e bastante resistentes são as telas de aço galvanizado, revestidos de PVC, ou as telas de aço inoxidável, trançadas no formato de alambrado, podendo apresentar comportamento retrátil, como uma rede, dependendo da orientação em que forem arrumadas na confecção dos tanques-rede. As suas laterais e o fundo são constituídos por redes especiais, para promover a permanente renovação da água (MENEZES & CAMIS, 2002).

Nesse tipo de estrutura, podemos destacar alguns trabalhos desenvolvidos, como os de nutrição (MELO, 2003) e de desenvolvimento de tecnologia de cultivo (LOMBARDI *et al.*, 2002). Como o *L. vannamei* é uma espécie exótica, esse sistema não é muito utilizado para fins comerciais no

Brasil. Pode-se citar, como exemplo, a existência de um único empreendimento na Bahia e outro no estado do Rio de Janeiro.

2.3.2.2. Sistemas fechados, com recirculação de água

Esse modelo, nos últimos anos, vem ganhando destaque por permitir um tratamento de água adequado, e por reduzir muito o impacto ao meio ambiente. Segundo OGLE & LOTZ (2001) e VAN WYK *et al.* (2002), o sistema de recirculação é composto por muitos detalhes estruturais: tanque para cultivo, filtro para remoção dos sólidos, filtro biológico, sistema de aeração, bombas, sistema de distribuição de água e sistema de drenagem. Segundo este último autor, o sistema estrutural deverá estar bem dimensionado para garantir a manutenção de uma boa qualidade da água durante o cultivo. Neste aspecto, a eficiência dos filtros biológicos exerce grande influência no sucesso da operação.

As vantagens dos sistemas de recirculação de água são as diminuições dos efluentes lançados em ambientes naturais. Segundo ZELAYA *et al.* (2001), o estudo mostra que as características químicas da água, após a passagem nos filtros biológicos, melhoram muito quanto à concentração de amônia e valores de pH.

A filtração biológica é o processo pelo qual se possibilita a conversão da amônia, primeiramente, em nitrito e, em seguida, em nitrato. Esse processo também chamado nitrificação, é feito em um biofiltro. Tal estrutura geralmente constituída de um substrato sólido poroso (cascalho de conchas, seixos rolados, etc.) contido em um recipiente, recebe a circulação da água proveniente dos tanques de cultivo, proporcionando, em seguida, o retorno da mesma, livre da contaminação por elementos nitrogenados. O bom funcionamento desse sistema está diretamente relacionado ao correto dimensionamento do biofiltro e à facilidade de sua manutenção (VAN WYK, 2002).

Dentre os estudos focados no sistema intensivo destacam-se aqueles realizados por MOSS (1994), VAN RIJIN (1996), KONGKEO (1997), BARBIERI (1998), VAN WYK (1999), HAMPER *et al.* (2001), SAMOCHA *et al.* (2001), LYN (2002), WEIRICH *et al.* (2002), MCABEE *et al.* (2003), SEVILLA *et al.* (2004), BROWDY *et al.* (2005), LIANG *et al.* (2005), e ZARAIN *et al.* (2006). Dos estudos realizados sobre o uso de filtros biológicos em sistemas intensivos de recirculação, destacam-se aqueles realizados por WANG (1990), JONES *et al.* (2002), TACON *et al.* (2002), JIMÉNEZ *et al.* (2003), LIN *et al.* (2003), MARTINEZ-CORDOVA *et al.* (2003), SCARPA *et al.* (2006) EBELING *et al.* (2007). Outras abordagens sobre a qualidade da água neste tipo de sistema foram feitas por ARGUE *et al.* (2001), ZELAYA *et al.* (2001), BOYD *et al.* (2002), SEVILLA *et al.* (2004), JUNIOR *et al.* (2005), CAMPOS *et al.* (2007), GÓMEZ-JIMENEZ *et al.* (2005), BARAJAS *et al.* (2006), e para nutrição: CUZON *et al.* (2004), D'ABRAMO *et al.* (2006) e SANTOS *et al.* (2007).

2.4. Qualidade da água em sistemas de cultivo

Diversas variáveis recebem recomendação para o monitoramento da qualidade da água nas operações de cultivo. A seguir, são descritas aquelas de maior importância:

2.4.1. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é a variável mais importante da aquicultura, razão pela qual se faz necessário saber dos fatores que afetam a concentração de oxigênio na água (BOYD, 2002).

De acordo com KUBTIZA (2003), em uma produção intensiva com recirculação de água é necessária uma aeração ininterrupta durante todo o período de cultivo ou nas fases de alta biomassa e de elevadas taxas de alimentação. Podem-se identificar os consumidores principais de oxigênio

como a biomassa, a matéria orgânica (DBO) e o biofiltro, sendo que cada um destes apresenta funções influenciadas por fatores físicos e biológicos.

Segundo BOYD (2002), concentrações abaixo de 1mg/L podem ser letais, se a exposição durar mais de que poucas horas. Já nas concentrações entre 1 e 5 mg/L, o crescimento será lento, se a exposição for contínua. Este mesmo autor afirma que concentrações acima de 5 mg/L constituem as melhores condições para o bom crescimento e, valores acima do citado, normalmente não ocasionam problemas, porém podem ser prejudiciais, se as condições de supersaturação persistirem em toda a extensão do volume do viveiro.

Segundo RIBEIRO (2001), o oxigênio é o gás mais importante para os organismos aquáticos. Dentro do ecossistema aquático esse gás é consumido através da decomposição de matéria orgânica e oxidação de íons metálicos, como ferro e manganês. A concentração de O₂ dissolvido na água varia continuamente durante o dia, devido aos processos físicos, químicos e biológicos.

Os fatores que afetam a solubilidade do oxigênio na água são temperatura, pressão atmosférica e salinidade. A dissolução do oxigênio na água se relaciona de forma inversa com a temperatura e a salinidade e de forma direta com a pressão atmosférica (RIBEIRO, 2001).

2.4.2. pH

O termo pH se refere à concentração de íons de hidrogênio na água, indicando quão ácida ou básica ela está. Para propósitos práticos, a água que tem pH 7 não é considerada ácida nem básica, mas neutra. A escala do pH varia de 0 a 14, sendo que quanto mais se distancia do número 7, para cima ou para baixo, a água será mais básica ou mais ácida, respectivamente (BOYD,2002).

Valores muito baixos de pH, além de estressarem os camarões aumentam a incidência de animais com a casca mole (“soft shell”) (BARBIERI, 2001). Segundo VAN WYK (2002), os valores de pH na faixa de 7 a 9 são considerados normais para o cultivo de camarões. O camarão *L. vannamei* suporta variações de pH muito maiores que isso, (KUBTIZA, 2003). Para BOYD (2002), a faixa de pH para um crescimento ideal de camarões está entre 6 a 9. Em viveiros de criação, no sistema tradicional, esses valores podem sofrer variações bruscas ao longo do dia, como consequência do metabolismo da comunidade fitoplanctônica. As águas salobras e estuarinas, usadas no abastecimento das fazendas de camarões, porém, são geralmente bem tamponadas, o que faz com que o pH raramente fique inferior a 6,5 ou supere 9,0.

2.4.3. Amônia

O principal produto e excreção dos organismos aquáticos é a amônia, composto resultante do catabolismo das proteínas (CAMPBELL, 1973). De acordo com WHIURMANN & WORKER (1948), a forma não ionizada (NH_3) é a mais tóxica para os organismos aquáticos.

A amônia entra no sistema através do metabolismo dos camarões e pela degradação da ração não consumida. Por isso, recomenda-se a retirada do material sólido da água e a limpeza do filtro de sólidos, periodicamente, evitando-se o início da decomposição desse material orgânico (KUBITZA, 2003).

A amônia é encontrada na água na forma de NH_3 (amônia) e de NH_4 (íon amônio). O primeiro é altamente tóxico, pois consegue se difundir através das membranas celulares nas brânquias de peixes e camarões, ocorrendo no tanque de acordo com o pH e a temperatura. O segundo íon, amônio, apresenta maior tamanho molecular, pela presença de um íon hidrogênio a mais do que a amônia, além de possuir carga em sua molécula, características

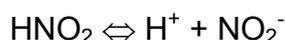
que fazem com que essa forma de amônia não consiga atravessar as membranas celulares por simples difusão, sendo assim, pouco tóxica aos camarões e peixes (KUBITZA, 2003).

Para um bom desempenho do sistema intensivo, é necessária a manutenção de valores baixos na concentração de amônia, para que não haja limitação do crescimento dos camarões (LIN *et al.*, 2002).

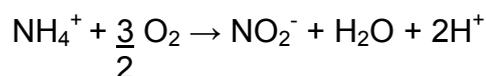
Segundo JIANG YU & ZHOU (2004), valores elevados de concentração de amônia podem contribuir para a baixa no sistema de imunidade, reduzindo as chances de sobrevivência dos camarões.

2.4.4. Nitrito e Nitrato

O nitrito (NO_2^-) é a forma ionizada do ácido nitroso (HNO_2). A reação de ionização desse composto, segundo COLT & ARMSTRONG (1981), se expressa como segue:



Segundo BOYD (1979), o nitrito é um composto intermediário do processo de nitrificação, em que a amônia é transformada (oxidada) por bactérias nitrossomonas :



O nitrato (NO_3^-) é resultante de um processo de oxidação que ocorre a partir do nitrito, realizado por bactérias do gênero *nitrobacter*:



O nitrito pode ser estressante para os peixes na concentração de 0,1 ppm (KUBITZA, 2003). Com uma concentração de 0,5 ppm, é possível que o sangue adquira uma cor chocolate, conhecida como doença do sangue marrom. Essa mudança se deve, provavelmente, à concentração de ácido nitroso que oxida o íon ferroso da hemoglobina, formando a metahemoglobina,

que não é capaz de transportar o oxigênio, e, por isso, mata os peixes por asfixia.

A toxidez por nitrito não se configura como um problema tão sério para os camarões como é para os peixes, devido ao fato de que o sangue dos camarões contém hemocianina, ao invés da hemoglobina, como pigmento transportador de oxigênio. Outro fator importante é que a água nos viveiros de cultivo de camarões marinhos geralmente contém altas concentrações de íons cloreto, que competem com o nitrito pelos receptores localizados nas células branquiais, reduzindo a absorção do nitrito (KUBITZA, 2003).

2.4.5. Salinidade

A salinidade é definida como a concentração total de íons dissolvidos na água. Frequentemente, expressa-se em miligramas por litro (mg/L). Entretanto, na aqüicultura, é mais conveniente expressá-la em partes por mil (ppt ou 0/00) (BOYD, 2002).

O camarão-branco, *Litopenaeus vannamei*, se desenvolve melhor em salinidades entre 15 e 25ppt, porém, apresenta uma grande tolerância às variações desse parâmetro. Em alguns locais, inclusive, já se cultiva esse camarão até em água completamente doce. Mas, para que isso seja viável, os animais devem passar por um processo de redução gradual da salinidade (aclimatação), de modo que seu organismo consiga promover um equilíbrio osmótico. Isso não significa, porém, que a variação de salinidade, em alguns casos específicos, não possa vir a prejudicar os cultivos. Por exemplo, se a redução da salinidade ocorrer rapidamente e estiver associada a valores reduzidos de pH, os camarões podem ser negativamente afetados (BARBIERI & NETO, 2001).

O processo de muda (ecdise) em salinidades extremas (maiores que 48ppt ou menores que 5ppt) leva mais tempo e consome mais energia para

regularizar a concentração osmótica da hemolinfa. Esse aumento do período entre mudas prejudica o armazenamento de reservas energéticas e nutricionais, além de proporcionar uma maior exposição do animal a predadores e ao canibalismo (BARBIERI, 2001).

2.4.6. Temperatura

Espécies cultivadas em águas tropicais crescem melhor em temperaturas de 25°C a 32°C. A temperatura possui um pronunciado efeito nos processos químicos e biológicos. Em geral, o ritmo das reações químicas e biológicas dobra com cada 10°C de aumento de temperatura na água. Isso significa, que organismos aquáticos, num ambiente de 30° C, usam até duas vezes mais a quantidade de oxigênio dissolvido consumida no mesmo ambiente de 20° C (BOYD, 2002).

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização do local de realização do experimento

O experimento foi realizado na Marina D. Rosa, no litoral Sul do Estado de São Paulo, município de São Vicente (Latitude S 23° 57' 35" – Longitude W 46° 23' 15").

O clima local, segundo a classificação de Koppen, enquadra-se nas categorias AF, clima tropical úmido, sem estação seca, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 18° C, categoria esta que domina toda a região do Litoral Paulista. Ao mesmo tempo, o clima local também pode ser considerado CFA, clima mesotérmico úmido sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22° C, apresentando, no mês mais seco, precipitações pluviométricas superiores a 30 mm.

A região está abaixo do Trópico de Capricórnio. Com isso, a temperatura possui um regime com bruscas variações, chegando a apresentar máximas de 38,5° C e mínimas inferiores a 10° C.

As chuvas ocorrem com maiores intensidades nos meses de janeiro a março, com variações entre 2.000 e 2.500 mm anuais. A região classifica-se

como "Muito Chuvosa", o que faz com que a umidade relativa seja bastante elevada, apresentando médias anuais superiores a 80%. Nela predominam os ventos Sul e Sudeste, atribuídos aos efeitos da brisa marítima. Os ventos de Noroeste são os menos freqüentes.

3.2. Estrutura física

No experimento, foram utilizados 13 tanques de PVC, divididos em 1 tanque para berçário e 12 tanques para testes com as densidades de estocagem (Figura 1). O tanque berçário possuía 310 litros de capacidade, com diâmetro total de 1,2m e profundidade de 90 cm. Os tanques experimentais possuíam 150 litros de capacidade, com diâmetro de 0,8m com profundidade de 55 cm. O volume de água utilizado nos tanques experimentais foi estabelecido em 100 litros. Os tanques experimentais permaneceram freqüentemente cobertos com telas de nylon (Figura 2), que serviam para evitar o escape dos camarões e a entrada de organismos indesejáveis, como caranguejos. Tiras retangulares de telas de nylon foram, ainda, fixadas verticalmente dentro dos tanques experimentais, para que os organismos pudessem utilizá-las como substrato complementar na coluna d'água (Figura 3).



Figura 1 – Bateria de tanques experimentais



Figura 2 – Vista dos tanques experimentais com cobertura de tela de nylon



Figura 3 – Disposição das telas de nylon “surfaces” dentro dos tanques experimentais

A área total destinada para o experimento foi de 70 m², da qual se ocupou 27m² com a instalação de uma estufa tipo “green house” para cobertura dos tanques-experimentais (Figura 4). A estufa foi construída próxima a uma área de manguezal, entre dois bosques de bambu e um galpão de embarcações. Isso se deu para proteção contra os ventos que atingem a região com a entrada de frentes frias e com a pretensão de evitar altas oscilações de temperatura dentro dos tanques.



Figura 4 – Estufa tipo “green-house” construída para abrigo dos tanques experimentais

Um aparato de filtração biológica (Figuras 5 e 6) foi acoplado a cada tanque, como o objetivo de promover a redução dos elementos nitrogenados produzidos a partir de excretas metabólicas dos organismos. Construiu-se o elemento filtrante de cascalho de conchas, cujo volume foi estabelecido em 25% do volume de água dos tanques experimentais. A passagem de água pelo sistema se estabeleceu em valores médios de 0,05 Litros/s.

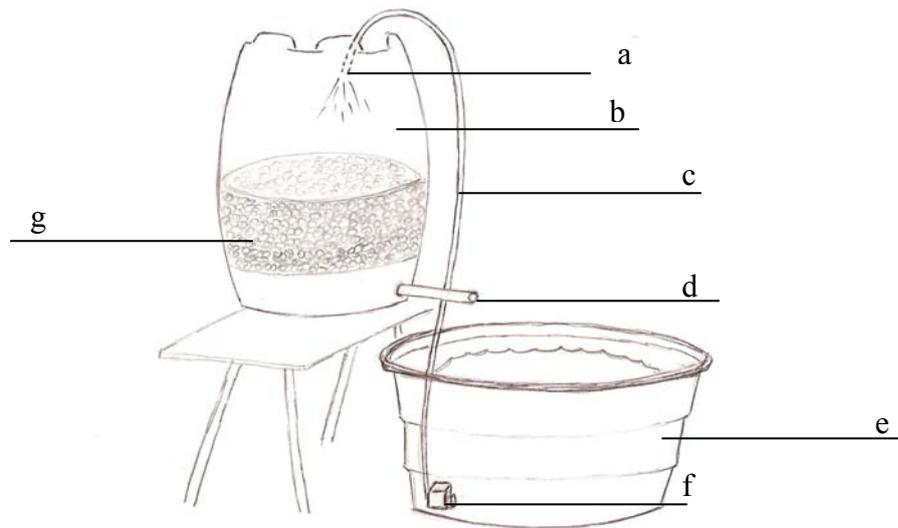


Figura 5 – Configuração esquemática do sistema de filtração biológica a) entrada de água no filtro; b) filtro; c) mangueira; d) saída de água do filtro (retorno para o tanque); e) tanque; f) bomba submersa; g) região do cascalho no interior do filtro.



Figura 6 – Vista do filtro biológico em funcionamento

3.3. Aclimação dos organismos

Pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* (PL₁₁ - 0,003g de peso médio inicial) foram compradas do laboratório de larvicultura Aquatec, localizado em Canguaretama-RN. A remessa das pós-larvas foi dividida em dois lotes de 5.000 unidades a fim de desenvolver, separadamente, as duas fases que integraram o presente estudo (vide item 3.4). Ao chegarem ao local do experimento, os organismos seguiram um protocolo de aclimação dentro do tanque berçário, que consistiu na mistura gradativa da água de origem com a água de destino. Esse processo teve a duração de 01h30minh e promoveu a equalização das variáveis de temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido.

Após esse procedimento inicial, os organismos permaneceram no tanque berçários por um período de 15 dias para que pudessem se adaptar às condições de manejo experimental, principalmente no tocante à qualidade de água e ao tipo de alimento. Forneceu-se ração peletizada PL 40-GUABI[®] (40% de proteína bruta) aos organismos, em três porções diárias. A quantidade de alimento foi inicialmente estabelecida "*ad libitum*" e regulada de acordo com as sobras observadas na ocasião das sifonagens diárias realizadas para limpeza do fundo do tanque.

3.4. Delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido em duas fases: **Fase 01**- "temperaturas amenas" (23/06 a 18/09/2006) e **Fase 02** – "temperaturas mais elevadas" (19/09 a 20/12/06). Três tratamentos experimentais (densidades de estocagem) foram testados em ambas as fases (Tabela 01). Quatro réplicas foram conduzidas simultaneamente para cada tratamento, totalizando 12 tanques experimentais em cada fase.

Tabela 01 – Densidades de estocagem utilizadas no experimento com *L. vannamei* em sistema de cultivo com recirculação de água.

Densidades (Camarões/m ³)	
Fase 01	Fase 02
500	1000
1000	2000
2000	4000

O povoamento dos tanques experimentais foi realizado através da transferência das pós-larvas previamente aclimatadas no tanque berçário (peso médio = 0,003g) (Figura 7). Este procedimento considerou a contagem de indivíduos um a um, seguida da sua introdução nos tanques experimentais, de forma inteiramente casualizada (associação por sorteio).



Figura 7 - Contagem das pós-larvas

3.5. Alimentação

O alimento fornecido aos organismos foi o mesmo descrito anteriormente para a fase de berçário, cujas quantidades foram calculadas com base na proporção corpórea, correspondendo a 25% da biomassa total de cada tanque ao dia, no início do experimento, reduzindo-se a 15% a partir da segunda biometria. Esta redução na proporção foi orientada pela constatação de sobras de ração no fundo dos tanques.

A alimentação foi fornecida em três períodos ao longo de cada dia: a primeira porção era oferecida no início da manhã (07h30min), a segunda porção às 12h30min e a última às 17h00min.

O excedente de ração e outros resíduos no fundo dos tanques eram removidos através de três sifonagens diárias.

3.6. Tomada de dados biométricos e de sobrevivência

O crescimento dos organismos foi monitorado através de biometrias (tomadas de peso) quinzenais, cuja amostragem abrangeu 10% dos organismos povoados inicialmente em cada tratamento. No encerramento do experimento, os organismos foram contados um a um para o cálculo do índice de sobrevivência.

Para a realização das biometrias, inicialmente afastaram-se as telas de cobertura de cada tanque e, posteriormente, afastaram-se as telas verticais “surfaces” (Figura 8). Este procedimento foi feito de maneira bastante sutil, para evitar que os organismos se estressassem durante a operação.

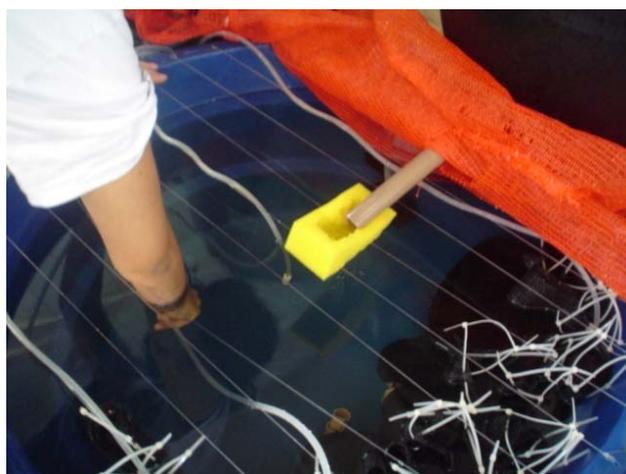


Figura 8 – Cobertura e “surfaces” afastadas durante os procedimentos de biometrias

Os camarões seguem para tomada de peso, em balança digital com 0,01 g de capacidade, acondicionados em copos plásticos contendo água, cuja “tara” era descontada do registro de peso final. Ao início do experimento, os organismos eram pesados de forma agrupada (Figura 9), com posterior divisão do valor para obtenção do peso médio individual. A partir do crescimento dos mesmos, o acondicionamento passou a ser feito de forma individual (Figura 10). Após a realização das biometrias, os camarões eram aclimatados em canecas plásticas e devolvidos aos respectivos tanques experimentais.



Figura 9 – Tomada de peso de camarões de forma agrupada



Figura 10 – Tomada de peso de camarões de forma individual

3.7. Monitoramento das variáveis hidrológicas

Diariamente, tomaram-se os dados de temperatura do ar, através de um termômetro de máxima e mínima, instalado dentro da estufa. Também, diariamente, com dupla frequência (manhã e tarde), tomaram-se os dados de temperatura da água (através de sonda digital) e oxigênio dissolvido (mg/L e % saturação), através de oxímetro digital. Os valores de salinidade, foram obtidos através de um densímetro-refratômetro. Os valores de pH foram registrados, uma vez ao dia, através de um potenciômetro digital. As variáveis hidrológicas como amônia total (NH₄) e nitrito, foram medidas, semanalmente, através de kits colorimétricos da Alcon® e da Merck®. Os valores de amônia não ionizada (NH₃) foram calculados, a partir da transformação proposta por BOWER (1978).

3.8. Tratamento estatístico dos dados

Os dados brutos foram organizados em planilhas eletrônicas para o cálculo das médias quinzenais, para cada réplica experimental, no tocante às variáveis hidrológicas, bem como aos dados de crescimento dos organismos.

Os valores de peso médio quinzenal foram ajustados por regressão não linear, a uma função exponencial ($y=ae^{bx}$). A utilização do software “Curve Expert 1.37” (HYANS, 2001) possibilitou a plotação gráfica dos dados de crescimento, além dos cálculos das respectivas equações de ajuste.

As médias de crescimento, bem como os índices de sobrevivência, obtidos ao final de 90 dias de cada fase experimental, foram comparadas entre os diversos tratamentos de densidade, utilizando análise de variância e o teste de Tukey (ZAR, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 2 e 3 registram os dados das variáveis físicas e químicas monitoradas durante as duas fases experimentais. Em ambas as fases, estas variáveis seguiram um padrão bem semelhante, exceto para a temperatura, que foi mais elevada na Fase 02, enquadrando-se de forma mais adequada ao crescimento dos organismos. Todas as demais variáveis estiveram dentro das faixas comumente recomendadas para a manutenção de camarões em sistema de cultivo (LAWRENCE *et al.* 1985). A ausência de diferença estatística entre os dados, nas duas fases, denota que a qualidade da água não sofreu qualquer interferência relacionada às densidades de estocagem testadas.

Em uma análise geral, pode-se afirmar que o sistema de filtração biológica foi bastante eficiente, mantendo os compostos nitrogenados (amônia e nitrito) em níveis bastante baixos. Além disso, o sistema foi bem adequado para evitar grandes oscilações dos níveis de pH, assim como para a manutenção do oxigênio dissolvido sempre acima dos 80% de saturação.

Tabela 02 - Variáveis físicas e químicas monitoradas durante o experimento –
Fase 01 (cultivo em sistema fechado com *L. vannamei*)

Densidades (camarões/m ³)	NH ₄ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	pH	OD (mg/L)	OD (% sat)	Salinidade ppt	Temp. (°C)
500	0,29±0,02	0,004	0,21±0,03	7,57±0,01	6,71±0,09	96,07±0,66	35,21±0,60	21,53±0,21
1000	0,29±0,06	0,004	0,42±0,11	7,54±0,02	6,56±0,14	94,30±1,88	35,55±0,32	21,51±0,17
2000	0,42±0,05	0,006	0,64±0,13	7,57±0,05	6,51±0,10	93,36±1,00	35,53±0,23	21,79±0,58

Tabela 03: Variáveis físicas e químicas monitoradas durante o experimento –
Fase 02 (cultivo em sistema fechado com *L. vannamei*)

Densidades (camarões/m ³)	NH ₄ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	pH	OD (mg/L)	OD (% sat)	Salinidade ppt	Temp. (°C)
1000	0,32± 0,12	0,006	0,47±0,31	7,57±0,12	6,23±0,32	86,17± 3,54	36,51±0,61	25,73±1,02
2000	0,27±0,27	0,004	0,55±0,41	7,50±0,21	6,06±0,30	84,32±3,30	36,55±0,58	23,56±1,15
4000	0,34±0,14	0,006	0,71±0,60	7,60±0,06	5,21±0,34	81,26±3,76	36,73±0,56	24,89±1,22

VELASCO *et al.* (2001) mencionam a importância do manejo da qualidade da água para a obtenção de sucesso nas operações de cultivo super-intensivo, especialmente quanto ao controle dos elementos nitrogenados. FANG & SHEEN (2005) reportaram valores de amônia total (NH₄) variando entre 0,31 a 0,60 mg/L, para cultivo de camarões em sistemas intensivos, com densidades de estocagem variando de 250 a 1250 camarões/m³. Esses resultados foram bastante semelhantes aos observados no presente estudo, cujos valores (mínimo e máximo) foram de 0,27 mg/L e 0,42 mg/L, para ambas as fases e densidades testadas.

Teores de amônia total, superiores àqueles observados no presente trabalho, foram reportados em outros dois estudos realizados por JIMÉNEZ &

BALCAZAR (2003) e SEVILLA *et al.* (2004), cujos sistemas de filtração biológica mantiveram valores médios na faixa de 0,38 mg/L, para densidade de 582 camarões/m³ e de 0,21 a 1,39 mg/L, para densidade de 395 camarões/m³.

Ainda em outro estudo realizado por ARGUE *et al.* (2001), as concentrações de amônia variaram de 0,05 mg/L a 1,6 mg/L, para as densidades de 80 a 100 camarões/m³, bem inferiores àquelas observadas no presente trabalho.

A eficiência do uso de filtração biológica para eliminação de elementos nitrogenados também foi destacada no trabalho realizado por JONES *et al.* (2002), que utilizaram substrato vivo no filtro (macroalgas e ostras) e observaram uma redução em 35% das concentrações iniciais de amônia no sistema. Da mesma forma, no experimento realizado por FARIAS *et al.* (2005), os autores observaram a redução nas concentrações de amônia da ordem de 25,7%, após a sedimentação do material particulado, de 95,6%, após a filtragem pelas ostras, e de 97,8%, após o tratamento com algas. Esse tratamento, no entanto, não demonstrou ser eficiente na eliminação dos altos teores de nitrito (NO₂) observados pelos mesmos autores (11,02 mg/L), valores estes, bastante superiores aos observados no presente estudo (0,21 a 0,71mg/L). Ainda com relação às concentrações de nitrito no sistema, TACON *et al.* (2002) observaram valores de 0,1 mg/L trabalhando com densidades de 60 a 70 camarões/m³.

O sistema de filtro biológico, à base de cascalho de conchas, utilizado no presente estudo, só foi menos eficiente na remoção de elementos nitrogenados (especialmente amônia), quando comparado com outros trabalhos realizados com filtros à base de organismos vivos (ostras e algas). Além destes, nenhum outro trabalho reportou rendimento superior ao observado no presente experimento. A suposição para explicação desta diferença é que os organismos vivos, particularmente as algas, possuem capacidade de assimilar a amônia presente no ambiente. Todavia, as bactérias “nitrobacter”, associadas ao cascalho, conferem ao sistema uma excelente capacidade de oxidação do

nitrito, transformando-o em nitrato. Isto pode ser enfatizado como um diferencial do filtro biológico utilizado no presente estudo.

Com relação aos valores de pH, como mencionado anteriormente, o sistema de filtração biológica funcionou como uma excelente ferramenta de tamponamento, impedindo altas oscilações para essa variável (7,50 – 7,60). Este efeito tampão pode ter sido proporcionado pelo elemento filtrante, constituído à base de cascalho de conchas (carbonato de cálcio). No experimento realizado por KRUMMENAEUR *et al.* (2006), com densidades de 300 camarões/m³, os valores de pH sofreram maiores oscilações (5,1 - 8,0). TACON *et al.* (2002) também utilizaram filtração biológica nos seus experimentos, com densidade de 20 camarões/m³. Os valores de pH, porém, sofreram oscilações ainda maiores (6 a 9).

A manutenção dos níveis ideais de oxigenação dentro dos tanques experimentais também foi bastante eficiente, verificando-se, para todos os tratamentos, pequenas variações na faixa de Oxigênio dissolvido (O.D.), sendo observados valores médios de 6,51 a 6,71 mg/L, para a Fase 01, e de 5,21 a 6,23 mg/L, para a Fase 02. Segundo RIBEIRO (2001), essa boa condição de oxigenação, no entanto, geralmente não é observada em sistema tradicional de cultivo, cujo decréscimo de 4,32 mg/L de O.D. pode acontecer em apenas 12 horas, especialmente à noite.

No que concerne aos parâmetros de temperatura, segundo SANTOS *et al.* (2007), a variação considerada ideal para o cultivo de organismos aquáticos, na zona tropical, deve ficar dentro da faixa de 26° C a 30° C. Valores estes, superiores àqueles observados no presente experimento, seja na época mais fria (Fase 01), seja na época mais quente (Fase 02).

CUZON *et al.* (2004), citam que pós-larvas de *L. vannamei* são sensíveis a uma variação de temperatura além das faixas de 23°C a 27° C. Tomando-se isto como parâmetro, podemos dizer que o presente estudo foi realizado em condições bastante próximas à faixa mínima ideal, principalmente a Fase 02.

GONG *et al.*, (2004) obtiveram, em seu trabalho, valor médio de temperatura (26°C – 31°C) que se encontra fora da faixa de variação dos parâmetros recomendados para cultivos de espécies tropicais. Já, MARTINEZ-CORDOVA *et al.* (2003) também observaram faixas de temperatura fora dos padrões aceitáveis na realização do seu estudo. Os mesmos autores, ainda, citam que tais valores, permanecendo por muito tempo no ambiente de cultivo, podem influenciar negativamente o crescimento e a alimentação da espécie. Desse modo, pode-se presumir que os valores de temperatura, observados na Fase 01 do presente trabalho, tenham interferido de forma negativa no crescimento dos organismos.

As tabelas 4 e 5 reportam os valores médios de crescimento, obtidos para os tratamentos de densidades de estocagem nas duas fases experimentais. Os valores de peso para os tratamentos da Fase 02 foram maiores que os valores obtidos na Fase 01. Esse aspecto pode ser associado ao efeito das temperaturas mais elevadas, observadas na Fase 02. As análises estatísticas, realizadas com os dados de peso médio final (90 dias), para as diferentes densidades de estocagem, não revelaram qualquer diferença significativa neste aspecto, em ambas as fases. Portanto, pode-se afirmar que o efeito das densidades testadas não afetou, de forma diferenciada, o crescimento dos camarões no período estudado. Desta forma, a densidade de 4.000 camarões/m³ poderia ser selecionada como a de melhor desempenho no aspecto de crescimento e produção, dentro das condições de cultivo mantidas no presente estudo.

Tabela 04 – Médias do peso final (g) para a Fase 01 (90 dias de cultivo em sistema fechado com *L. vannamei*)

Densidades Camarões/m ³	Tempo (dias)					
	15	30	45	60	75	90
500	0,016±0,004	0,075±0,019	0,137±0,025	0,229±0,038	0,366±0,102	0,702±0,059
1000	0,021±0,008	0,063±0,142	0,145±0,050	0,273±0,071	0,450±0,147	0,902±0,271
2000	0,015±0,001	0,044±0,004	0,094±0,032	0,225±0,054	0,304±0,069	0,795±0,102

Tabela 05 - Médias do peso final (g) para a Fase 02 (90 dias de cultivo em sistema fechado com *L. vannamei*)

Densidades Camarões/m ³	Tempo (dias)					
	15	30	45	60	75	90
1000	0,021±0,004	0,063±0,021	0,119±0,067	0,414±0,172	0,58±0,185	1,367±0,133
2000	0,019±0,003	0,044±0,009	0,088±0,017	0,287±0,017	0,523±0,064	1,38±0,089
4000	0,013±0,004	0,026±0,006	0,074±0,006	0,224±0,080	0,362±0,051	1,158±0,194

Tanto para a Fase 01, como para a Fase 02, a densidade de 1000 camarões/m³ resultou em uma das melhores performances de crescimento, embora essa afirmativa não tenha sido comprovada estatisticamente. Na primeira fase, o peso final foi de 0,902g, ficando 13,62% acima da densidade de 2000 camarões/m³, que foi de 0,794g. Para a segunda fase, o valor foi de 1,367g, apenas 0,05% a menos que o peso final obtido na densidade de 2000 camarões/m³, que foi de 1,38g. Isso demonstra que o espaço onde se estocaram os camarões não foi limitante para o crescimento dos mesmos, já que para a densidade de 500 camarões/m³, o peso final foi menor, razão pela qual se destacou a densidade de 500 camarões/m³ foi descartada no estudo da segunda fase se introduziu a densidade de 4000 camarões/m³.

As Figuras 11 e 12 ilustram as curvas de crescimento em peso, ajustadas de acordo com os dados originais observados nas duas fases experimentais. As respectivas equações de crescimento podem servir como base para a estimativa de outros resultados, que, porventura, possam ser investigados dentro das mesmas condições experimentais do presente estudo. Por exemplo: estimativa do tempo necessário para a obtenção de um determinado peso médio, em uma dada densidade de estocagem; e/ou estimativa da melhor densidade de estocagem a ser utilizada para a obtenção de camarões, em um determinado peso médio, num dado período de tempo de cultivo.

Efeito da densidade de estocagem

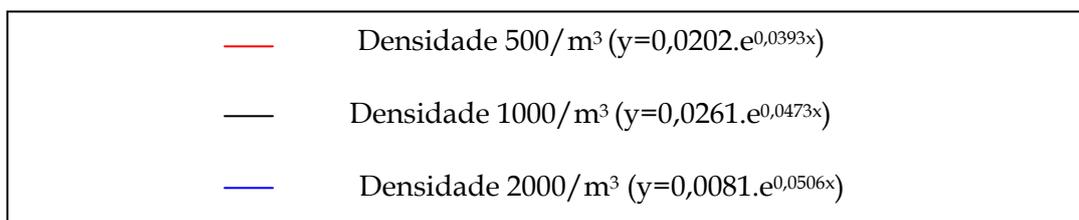
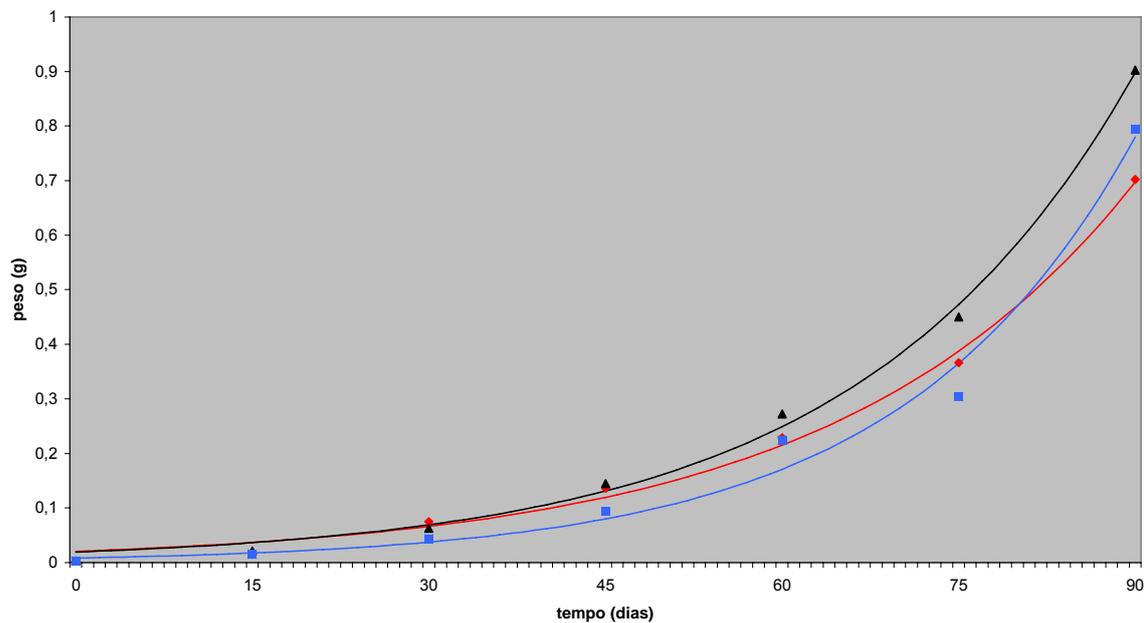


Figura 11 - Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento de *L. vannamei* em sistema de recirculação fechada (Fase 01).

Efeito da densidade de estocagem

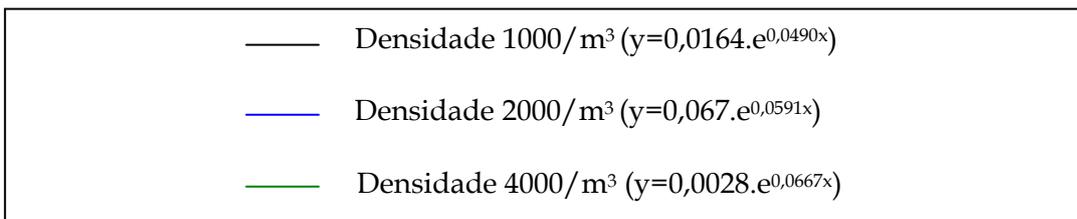
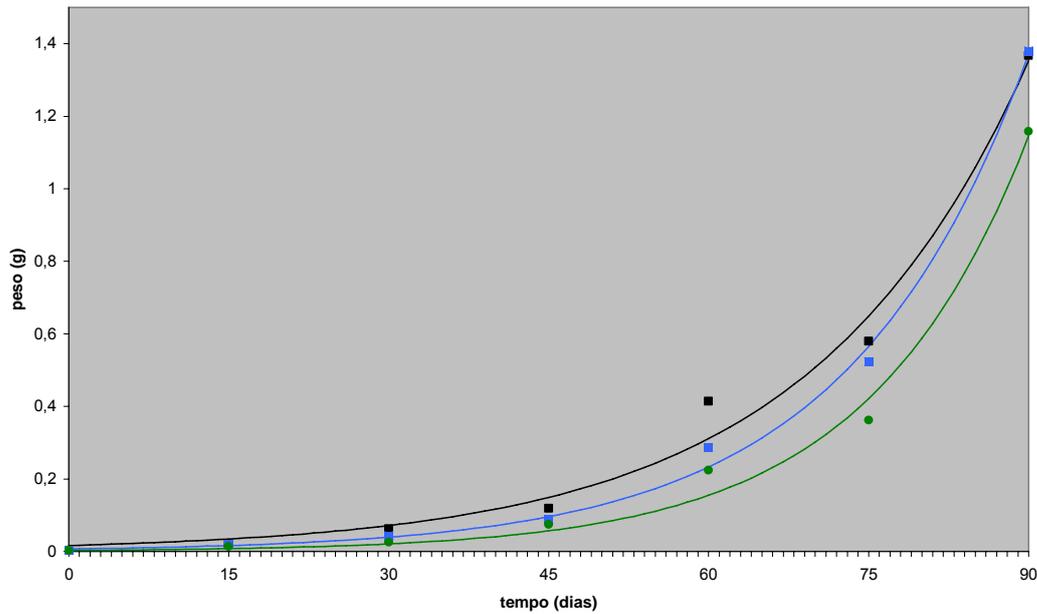


Figura 12 - Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento de *L. vannamei* em sistema de recirculação fechada (Fase 02).

A maior parte dos dados disponíveis na literatura sobre sistemas super-intensivos refere-se ao cultivo de camarões, à partir da fase juvenil, o que dificulta a comparação com os dados de crescimento obtidos no presente estudo, que abrangeu apenas a fase inicial de crescimento. Das poucas publicações disponíveis, dentro dessa mesma abordagem, destaca-se o trabalho realizado por SAMOCHA (2003), reportando que os camarões alcançaram peso médio final de 0,89g, em 74 dias de cultivo, na densidade de 6500 PL/m³. Esse valor supera o peso médio de 0,36g obtido, em 75 dias, no presente estudo, para a densidade de 4000 camarões/m³. Vale também citar o trabalho realizado por McABEE *et al.* (2003), que divulga resultados de crescimento final na ordem de 0,90 a 1,01g, respectivamente, para as

densidades de 1364 PL/m² e 1945 PL/m², em um período aproximado de 80 dias, o que pode ser considerado como crescimento inferior ao observado no presente trabalho, que, para um período e densidade semelhantes (90 dias e 1000 a 2000 camarões/m³), observou-se um crescimento final na ordem de 1,4g.

A tabela 6 reporta os valores médios de sobrevivência, ao final de 90 dias, para ambas as fases. Embora as análises estatísticas não tenham apontado qualquer diferença significativa entre os tratamentos, destacam-se como melhores resultados aqueles obtidos para as densidades de 500 camarões/m³ (82% na Fase 01) e 2000 camarões/m³ (71,37% na Fase 02). Esses resultados são compatíveis com os valores informados pela FAO (2007), que postula como bons resultados os índices de sobrevivência na faixa de 55% a 91%, obtidos em operações de cultivo super-intensivo.

No experimento realizado por McABEE *et al.* (2003), para um período de 97 dias, com densidade de estocagem de 1950 camarões/m², a taxa de sobrevivência observada foi de 98%. Esses resultados foram bem mais elevados, comparativamente ao presente estudo, na situação mais semelhante de densidade de estocagem, ou seja, valores de sobrevivência variando de 71,37% a 71,62%.

BROWDY & MOSS (2005) trabalhando com densidades de 100 a 300 camarões/m³ e com peso inicial de 1g, em sistema de recirculação fechada, com troca mínima de água, obtiveram resultados de sobrevivência de 86,3% para um período de 85 dias, valores bastante semelhantes aos observados no presente estudo.

Tabela 06 – Valores de sobrevivência (%) obtida no experimento (cultivo em sistema fechado com *L. vannamei*)

Densidades (camarões/m ³)	Sobrevivência (%)	
	Fase 01	Fase 02
500	82,00 ± 5,47	-
1000	71,25± 4,32	64,00± 12,14
2000	71,62± 5,74	71,37± 7,76
4000	-	60,56± 7,35

Em uma análise geral dos resultados de crescimento e sobrevivência, verifica-se que a densidade que resultou num melhor índice de sobrevivência (500 camarões/m³) não correspondeu ao melhor crescimento dos camarões. Dentro dessa mesma óptica, a densidade de 4000 camarões/m³ poderia, teoricamente, ser considerada a de melhor desempenho, pois, apesar de haver produzido o pior resultado, em termos de sobrevivência, oferece condições de produção de um maior número de camarões, com peso médio bastante próximo aos melhores resultados observados no presente estudo.

5. CONCLUSÕES

O sistema de filtração biológica testado no presente trabalho demonstrou ser eficiente para a manutenção da qualidade da água em boas condições para o cultivo de camarões, considerando-se as condições ambientais e as densidades de estocagem estudadas. O manejo dos organismos em sistema fechado (super-intensivo) mostrou ser bastante apropriado para a realização do cultivo de camarões, especialmente para a produção de camarões de pequenos porte, em curtos períodos de recria.

Nesse experimento, os camarões não sofreram interferência da limitação de espaço, nas densidades de estocagem testadas, demonstrando resultados semelhantes em termos de crescimento e sobrevivência. A densidade que apresentou melhores resultados de viabilidade para produção, dentro desse sistema, foi a de 4000 camarões/m³ (para 90 dias de recria).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREATTA, E. R.; BELTRAME, E. 2004. Cultivo de camarões marinhos. In: Poli, C. R.; Poli, A. T. B.; Andreatta, E.; Beltrame, E. Aquicultura: experiências brasileiras. Florianópolis, SC. Multitarefa. p. 199-220.
- ANGEL, C. 1993. Can “trickle down” economics work in the shrimp culture industry? Bay of Bengal News, 51:21-24.
- ARANA, L. V. 2004. *Fundamentos de aquíicultura*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina Editora. 348p.
- ARGUE, B. J.; ZOGBI, P. R.; MONTGOMERY, A. D.; OTOSHI, C. A.; NAGAMINE, K. T.; CALDERON, F. R. O.; MOSS, S. M. 2001. Tolerance and heritability of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to high concentrations of ammonia. *Aquaculture*, 2001. The World Aquaculture Society, USA. Book of Abstract. 27p.
- AVAULT Jr, J.W. 1998. “Confinement” aquaculture in cages. *Aquacult Mag*, 14(3):60-62.
- BARAJAS, F. J. M.; VILLEGAS, R.S.; CLARK, G. P.; MORENO, B. L. *Litopenaeus vannamei* (Boone) post-larval survival related to age, temperature, pH and ammonium concentration. *Aquaculture* 2006 v. 37, 492-499.
- BARBIERI, R. Jr. 1998. Domesticación de reproductores de la especie *Penaeus vannamei* (Camarón blanco del pacífico) en el Brasil. In: Anais do I Congresso Sul-Americano de Aquicultura, pp. 801-804.
- BARBIERI, R. C. Jr. & NETO, A. O. 2001. *Camarões Marinhos – Reprodução, Maturação e Larvicultura*. Visçosa-MG. Aprenda Fácil Editora. v1.

- BART REID, C.R. The intensive culture of the Penaeid Shrimp *Penaeus vannamei* Boone in a Recirculating Raceway System. *Journal of the World Aquaculture Society* 23 (2), 146-153.
- BEVERIDGE, M.& MUIR, J. 1996. *Aquaculture and Water Resource Management*. USA. Fishing News Books Ltd.
- BORGHETTI, J. R.; OSTRENSKY, A. & BORGHETTI, N. R. B. *Aqüicultura - uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo*. GIA Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais. Curitiba, 2003.129p.
- BOYD, C. 1979. *Water quality warmwater fish ponds. Agricultural Experiment Station*. Auburn University. Opelika, Alabama, USA. 359p.
- BOYD, C. E.; CLAY, J. W. 2002. Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Super intensive Shrimp Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. p. 17.
- BOWER, C. & BIDWELL, J. 1978. Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH and salinity. In: *J. Fish. Res. Board Can.* 35 (7), 1012 -16.
- BRASIL. 1999 Ministério da Agricultura e do Abastecimento– MAA. Programa Nacional de Apoio ao Desenvolvimento do Cultivo de camarão Marinho. Secretaria Executiva Departamento de Pesca e Aqüicultura. Brasília. 35 p.
- BROWDY, C. L.; MOSS, S. M. 2005. Shrimp culture in urban, super-intensive closed systems. In: *Urban Aquaculture* (B. Costa-Pierce, A. Desbonnet, Edwards, D. Baker, eds), CABI Publishing, Oxfordshire, United Kingdom. Pp. 173 -186.
- CAMPBELL, J. 1973. Nitrogen excretion. In: C. L. Prosser, ed. *Comparative Animal Physiology*. W. B. Saunders, Philadelphia. P. 279-316.
- CAMPOS, A.A.B.; MAIA, E. P.; COSTA, W. M.; BRITO, L.O.; OLIVEIRA, A. 2007. Descrição dos principais grupos fitoplanctônicos do afluente e efluente em fazenda de criação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* com sistema de recirculação parcial da água. *Boletim Instituto de Pesca*, São Paulo, 33(1): 113 -119.
- CHEN, S. & LYANG, R. Y. 2001. The development study and extension on automatic indoor recirculating shrimp culture system. In: *6th Asian Fisheries Forum*. Book of Abstracts. P. 145.
- COLT, J. & ARMSTRONG, D. 1981. Nitrogen toxicity to crustaceans, fish and mollusks. In: L. Allen and E. Kinney, eds. *Preceding of the bioengineering symposium for fish culture*. Fish culture section of the American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. P. 34-47.

- CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C.; GUILLAUME, J. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. In: *Aquaculture*, 2004. 235: 513-551.
- D'ABRAMO, L. R.; PEREZ, E. I.; SANGHA, R.; PUELLO-CRUZ, A. 2006. Successful culture of larvae of *Litopenaeus vannamei* fed a microbound formulated diet exclusively from either stage PZ2 or M1 to PL1. *Aquaculture*, 2006. 261: p.1356-1362.
- EBELING, J. M. & TIMMONS, M. B. 2007. Impact of carbon/nitrogen balance and modeling of the nitrogen removal processes in microbial based aquaculture systems. *Aquaculture*, 2007. The World Aquaculture Society, USA.
- FANG, T. M. & SHEEN, S. S. 2005. Stocking Density on the Growth of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *J. Appl. Aquacult.* 32:78.
- FAO Food and Agriculture of the United Nations 2007. Fishery information, Data and Statistics Unit. Aquaculture production: quantities 1950-2005. FISHSTAT plus – Universal software for fishery statistical time series [on line or CD-Rom]. Disponível em: < [http:// www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS–asp](http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp)> Acesso em: out. 2007.
- GANDY, R. L. & MAIN, K. 2006. Super-intensive closed recirculating nursery production of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture América*, 2006. The World Aquaculture Society, USA.
- GESTEIRA, T. C. V.; PAIVA, M. P. 2003. Impactos ambientais dos cultivos de camarões marinhos no Nordeste do Brasil. *Arq. Ciên. Mar.*, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 23-28.
- GÓMEZ-JIMÉNEZ, S., GONZÁLEZ-FÉLIX, M., PEREZ-VELAZQUEZ, M.; TRUJILLO-VILLALBA, D.A.; ESQUERRA-BRAUER, I.R.; BARRAZA-GUARDADO, R. Effect of dietary protein level on growth, survival and ammonia efflux rate of *Litopenaeus vannamei* (Boone) raised in a zero water exchange culture system. *Aquaculture* 2005.
- HAMPER, L.; SAMOCHA, T. M.; DEBAULT, K.; ALI, M. 2001. On the road to sustainable and cost-effective shrimp farming practices. In: *Aquaculture*. Book of Abstract. p.570.
- JIANG, G.YU R. & ZHOU, M. Modulatory effects of ammonia-N on the immune system of *Penaeus japonicus* to virulence of white spot syndrome virus. *Aquaculture* 241, 61-75 - 2004
- JIMENES, M.G.; BALCAZAR, J. L. 2003. Uso de filtros biológicos en larvicultura del *Litopenaeus vannamei*: Principios generales. *Revista Aquatic*, 18, p. 11-14.
- JONES, A. B.; PRESTON, N. P.; DENNISON, W. C. 2002. The efficiency and condition of oysters and macroalgas used as biological filters of shrimp pond effluent. In: *Aquaculture*, 2002, 33:1-19.

- JORY, D. & CARRERA, T. 2003. Farming Aquatic Animals and Plants, Chapter 19 Marine Shrimp. *Aquaculture*, 382-489p.
- JÚNIOR, V. C.; ANDRADE, L. N.; BEZERRA, L. N.; GURJÃO, L. M.; FARIAS, W. R. L. 2005. Reuso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2005. Campina Grande, Suplemento. P. 118-122.
- KONGKEO, H. 1997. Comparison of intensive shrimp farming systems in Indonesia, Philipines, Taiwan and Thailand. *Aquaculture Research*, 28. p. 789-796.
- KRUMMENAEUR, D.; WASIELESKY JR, W.; CAVALLI, R.O.; PEIXOTO, S.; ZOGBI, P. R. 2006. Viabilidade do cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustácea, Decápoda) em gaiolas sob diferentes densidades durante o outono no sul do Brasil. *Cienc. Rural*, vol. 36, n.1.
- KUBITZA, F. 2003. *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. Jundiaí-SP. F. Kubitza. p. 265.
- LAWRENCE A. L.; SMITH L. L.; LEE P. G.; STRAWN K.; Growth and digestibility by three sizes of *Penaeus vannamei* Boone: effects of dietary protein level and protein source. *In Aquaculture* 1985, vol. 46, nº2, pp. 85-96 (2 p.) 1 CD-ROOM
- LI H, C. B. 1987. Experiment on culturing Chinese prawn in cage. *Mar Sci Haiyang Kexue*, 6:48-49.
- LIANG, R-Y.; CHEN, S.; LAI, K-H.; CHIEN, Y-H. 2005. The Super intensive culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* on an automatic indoor recirculating aquaculture system in Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*. v. 32. p. 20-21.
- LIN, Y. F.; JING, S. R.; LEE, D. Y.; WANG, T. W. 2002. Removal of solids and oxygen demand from aquaculture wastewater with a constructed wetland system in the start-up phase. *Water Environ. Res.* 74(2), 136-141.
- LIN, Y-F.; JING, S-R.; LEE, D-Y. 2003. The potential use of constructed wetlands in a recirculating aquaculture system for shrimp culture. ASFA: Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts. *Environ. Pollut.* Vol.123, 107-113.
- LOMBARDI, J. V.; MARQUES, H. L. A. ; BARRETO, O. J. S.; PEREIRA, R. T. L.; GELLI, V. C.; PAULA, E. J.; VAN WYK, P. 2002. Criação de camarões marinhos (*Farfantepenaeus paulensis*) em gaiolas flutuantes integrada com a produção de algas e mexilhões. CPAqui – Centro de Pesquisas em Aqüicultura. Instituto de Pesca.- SP.
- LOMBARDI, J. V.; MARQUES, H. L. A.; PEREIRA, R. T. L.; BARRETO, O. J. S.; PAULA, E. J. 2006. Cage polyculture of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* and the Philippines seaweed *Kappaphycus alvarezzi*. *Aquaculture*, 258: 412-415.

- MARTINEZ-CORDOVA, L. R.; TORRES, A. C.; PROCHAS-CORNEJO, M.A. Dietary protein level and natural food management in the cultured of blue (*Litopenaeus styrostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition*, Danvers, v. 9, p. 155-160, 2003.
- MCABEE, J. B.; BROWDY, C. L.; RHODES, J. R.; STOKES, A.D. 2003. Tanques “raceway” em ambiente de estufa viabilidade para produção superintensiva de camarões nos Estados Unidos. *The Advocate*. Centro de Maricultura de Waddell, Departamento de Recursos Naturais da Carolina do Sul. EUA. Junho 2003.
- MELLO, G. A. T. de; FERREIRA, P. R. P.; LIMA, C. A. O. A Carcinicultura Brasileira. *BNDES Setorial*. Rio de Janeiro. nº 19. p. 91-118. mar., 2003.
- MENEZES, J. & CAMIS, W. C. Curso sobre Criação de Peixes em Tanques-rede – Apostila – ABRACOA (Associação Brasileira de Criadores de Organismos Aquáticos).2002. 36p.
- MOSS, S. M.1994. Growth rate, nucleic acid concentration, and RNA/DNA ratios of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei* Boone, fed different algal diets. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 182(2), 193-204.
- OGLE, J. T. & LOTZ, J. M. 2001. Closed Systems for Sustainable Shrimp Culture. In: *Aquaculture*. 2001. Florida. Book of Abstract, p. 489.
- RANA, K. J. 1997. Trends in global production, 1984-1995. In: Review of the state of world aquaculture. *FAO Fisheries Circular 886*. Rev. 1. FAO. Rome. p.3-6.
- RIBEIRO, R. P. 2001. Ambiente e água para a piscicultura. In: Moreira, H. L. M.; Vargas, L.; Ribeiro, R. P.; Zimmermann, S. *Fundamentos da moderna aquicultura*. Canoas. Ed. ULBRA. P. 37-43.
- ROCHA, M. M. R. M.; MAIA, E. P.; ARAGÃO, M. L. 1998. Avaliação do cultivo semi-intensivo de *L. vannamei*, mediante processos de estocagem direta e indireta. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura; Congresso Sul Americano de Aqüicultura; Simpósio Brasileiro sobre Cultivo de Camarão, 1998, Recife. Associação Brasileira de Aquicultura – ABRAq, 1998, p. 299-308.
- RODRIGUES, E.M.; BOMBEO-TUBURAN,I.; FUKUMOTO, S.; TICAR, R.B. 1993. Nursey rearing of *Penaeus monodon* (Fabricius) using suspended (hapa) net enclosures installed in a pond. *Aquaculture*, 112(1):107-111.
- ROSEMBERRY, B. 2001. In *World Shrimp Farming 2001*. Shrimp News International, San Diego, CA, p. 25. 1 CD-ROOM.
- SAMOCHA, T. M.; LAWRENCE, A. L.; COLLINS, C. R.; EMBERSON, J. L.; HARVIN, J. L.; WYK, P. 2001. Development of Integrated Enviromentally-Sound Inland shrimp production Technologies for *Litopenaeus vannamei*. In: *Aquaculture*. Florida. 21 p. 571.

- SANTOS, C.H. A.; LOURENÇO, J.A.; COSTA, H.J.M.; IGARASHI, M. A.; Avaliação do Ganho de Peso de Pós-Larvas do Camarão Marinho *Litopenaeus vannamei* (BOONE,1931), alimentados com peixes da fauna acompanhante do camarão marinho. *Ciência Animal Brasileira*, v 8, n 1, p. 7-15, jan/mar. 2007.
- SCARPA, J., CARRINGTON, B., DRAHOS, D. Effectiveness of pré-commercial microbial product aquaculture. *Aquaculture* 2006.
- SEVILLA, B. B.; RAMIREZ, L. F. B.; RODRIGUEZ, M. H. 2004. Cultivo intensivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) en un sistema de agua de mar recirculada. *Cienc. Mar.* 30: 179-188.
- SHANMUGAM, A.; RAJAMANICKAM, S.; KANNUPANDI, T. 1995. Cage culture of the *Penaeus indicus* in Vellar Estuary. *J. Mar. Biol. Assoc. India*, 37 (1-2): 166-170.
- SINHA, I.; SENGUPTA, S. 1992. Nurturing shrimp in Ramnagar. An NGO's experience. *Bay of Bengal News*, 46: 24-27.
- SOUZA-FILHO, J.; COSTA, S. W. da.; TUTIDA, L. M.; FRIGO, T. B.; HERZOG, D. 2003. Custo de produção do camarão marinho. Ed. Rev. Florianópolis. Instituto Cepa/SC/Epagri. 2003. p.24.
- SRIKRISHNADHAS, B.; SUNDARARAJ, V. 1993. Studies on the growth of marine shrimps in floating cages and pen. In: Natarajan, P, Jayaprakas, V eds. *Proceedings of the National Seminar on Aquaculture Development in India-Problems and Prospects*, 27-29. November 1990, Trivandrum(India), pp 53-58.
- STUCK, K. C.; WATTS, S. A.; WANG, S. Y. 1996. Biochemical responses during starvation and subsequent recovery in post larval Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*. *Mar. Biol.*, 125(1): 33-45.
- TACON, A. G. J.; CODY, J. J.; CONQUEST, L. D.; DIVAKARAN, S.; FORSTER, I. P.; DECAMP, O. E. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. In: *Aquaculture Nutrition*, 2002. 8:121-137.
- VALENTI, W.C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J.R. *Aqüicultura no Brasil – bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília, 2000. 399p.
- VAN RIJN, J. 1996. The potencial for integrated biological treatment system in recirculating fish culture-a review. *Aquaculture* 139(3-4), 181-201.
- VAN WYK, P. 1999. "Farming Marine Shrimp in Freswater Systems: An Economic development Strategy for Florida: Final report". Harbor Branch Oceanographic Institution, p. 33.

- VAN WYK, P. M.; SAMOCHA, T. M.; HAMPER, L.; EMBERSON, C. R.; DAVIS, A. D.; MCINTOSH, D.; LAWRENCE, A.L. 2002. Review of some recent developments in sustainable shrimp farming practices in Texas, Arizona and Florida. *Journal of Applied Aquaculture* 12, 1-42.
- VELASCO, M.; LAWRENCE, A. L.; NEIL, W. H. 2001. Comparison of survival and growth of *Litopenaeus vannamei* (Crustácea: Decápoda) post larvae reared in static and recirculating culture systems. Texas. *J. Sci.* 53(3), 227-238.
- WAINBERG, A.A. 2000. O pesadelo dos vírus asiáticos ainda ronda a carcinicultura brasileira. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, 10 (61): 51-52.
- WANG, J. K. 1990. Managing Shrimp Pond Water to Reduce Discharge Problems. Agric. Eng. Dep., Univ. Hawaii at Manoa, Honolulu. *Aquacult. Eng.* Vol 9, no. 1, pp. 61-73.
- WASIELESKY, W. J. Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decápoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: Efeitos de parâmetros ambientais e manejo de cultivo. 2000. 100f. –Rio Grande, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- WEIRICH, C. R.; BROWDY, C. L.; BRATVOLD, D.; MCABEE, B. J.; STOKES, A. D. 2002. Preliminary characterization of a prototype -minimal exchange super-intensive shrimp production system. In: PROCEEDINGS OF THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECIRCULATING AQUACULTURE. 2002.
- WUHRMANN, K. & WORKER, H. 1948. Experimentelle untersuchugen uber die ammoniak-und blausaurevergiftung-Schuweiz. *Z. Hydrol.* 11, 210-244.
- ZARAIN-HERZBERG, M.; CAMPA-CORDOVA, A. I.; CAVALLI, R. O. 2006. Biological viability of producing white shrimp *Litopenaeus vannamei* in seawater floating cages. In: *Aquaculture*. Vol. 259, n. 1-4, pp. 283
- ZELAYA, O.; BOYD, C. E.; TEICHERT-CODDINGTON, D. R.; ROUSE, D. B. 2001. Effects of water recirculation on water quality and bottom soil in shrimp ponds. In: *Aquaculture*. 2001. Florida. Book of Abstract, p. 711.
- ZELAYA, O.; ROUSE, D. B.; DAVIS, D. A. 2007. Growout of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Stocked into Production Ponds at Three Different Ages. *Journal of the World Aquaculture Society*. v. 38. p.92-101.