



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA

**Efeito de diferentes relações C/N na qualidade da água do cultivo super intensivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Aqüicultura.

Orientador: Dr. Edemar Roberto Andreatta

Co-orientadora: Dra, Valeria Reginato Spiller

**Carlos Estevam Marcolini Rezende**

**Florianópolis  
2007**

Rezende, Carlos Estevam Marcolini

Efeito de diferentes relações C/N na qualidade da água do cultivo super intensivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (boone, 1931). / Carlos Estevam Marcolini Rezende - Florianópolis, 2007.

29p.: il.

Dissertação (Mestrado) – Prof. Orientador: Dr. Edemar Roberto Andreatta - Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

Bibliografia.

1.Relação C/N 2.Cultivo super intensivo 3. Camarão *Litopenaeus vannamei*.

**Efeito de diferentes relações C/N na qualidade da água do cultivo super intensivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)**

Por

CARLOS ESTEVAM MARCOLINI REZENDE

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM AQÜICULTURA**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

---

Prof. Cláudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

---

Dr. Edegar Roberto Andreatta - *Orientador*

---

Dr. Elpidio Beltrame

---

Dr. Wilson Francisco Britto Wasielesky Junior

*Aos meus pais*

## **AGRADECIMENTOS**

À Prof Dr. Edegar Roberto Andreatta e a Prof Dra. Valeria Reginatto Spiller, pela orientação e dedicação para a realização deste trabalho.

Ao colega e amigo Rafael Arantes, por realizarmos juntos esse trabalho.

**Aos professores** Dr. Wilson Francisco Britto Wasielesky Junior e Dr. Elpídio Beltrame pelas criteriosas sugestões nesta dissertação.

Ao professor Dr. Elpídio Beltrame e ao Msc. Rodrigo Schweitzer por compartilhar sua experiência na produção de camarão marinho.

À colegas Monica Imagawa, Daniane Bergamini e Angelina Lima pelo apoio durante as análises de água no laboratório de tratamento de efluentes.

À Dra Rejane pelas análises de carbono.

Ao LIMA (Laboratório Integrado do Meio Ambiente).

Aos funcionários do laboratório de camarões marinhos, especialmente ao Fabiano e ao Carlos cujo sem o apoio o experimento não seria possível.

Aos companheiros de mestrado Pedro Beduschi, Zélão, Apa, Cláudio (fenômeno), Moira, André, Patrícia, Pancho, Rodrigo (capixaba), Rodrigão, e toda a turma pela amizade e descontração.

Ao colegiado e professores do curso de mestrado em aquíicultura.

Ao Carlito da secretaria do curso, pelo bom atendimento.

À Universidade Federal de Santa Catarina.

À CÁPES pela bolsa de estudo concedida.

## SUMÁRIO

<b>Resumo.....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>8</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>9</b>
<b>Efeito de diferentes relações C/N na qualidade da água do cultivo super intensivo do camarão branco <i>litopenaeus vannamei</i> (boone, 1931).....</b>	<b>11</b>
Resumo.....	11
Introdução.....	12
Material e métodos.....	14
Resultados.....	17
Discussão.....	22
Conclusão.....	24
Referências Bibliográficas.....	25
Referências Bibliográficas da Introdução.....	28

## RESUMO

Cultivos super intensivos com juvenis de *Litopenaeus vannamei* foram realizados no laboratório de camarões marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LCM–UFSC). O objetivo do estudo foi avaliar a influência de três relações C/N na qualidade da água e no desenvolvimento dos camarões. O cultivo foi avaliado em quatro repetições, com base em três tratamentos: C/N 10:1, C/N 20:1 e C/N 30:1. As relações foram formuladas à base de ração comercial Camaronina Purina® 35HP e melão desidratado, como fontes de nitrogênio e carbono orgânico, respectivamente. A densidade de estocagem inicial foi de 273 camarões/ m<sup>2</sup>, com peso médio individual de 1,0g. Ao final dos 36 dias de cultivo, a temperatura, o pH e a salinidade não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. No entanto, as concentrações dos compostos nitrogenados, oxigênio dissolvido e fósforo foram menores no tratamento C/N 30:1 que nos tratamentos C/N 20:1 e C/N 10:1. A quantidade de sólidos suspensos na água no tratamento C/N 30:1 apresentou um incremento significativo ( $P < 0,05$ ) em comparação aos demais tratamentos. Apesar das diferenças encontradas nas variáveis analisadas entre os tratamentos estudados, o crescimento e a sobrevivência dos camarões não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ).

Palavras-chave: Relação C/N, cultivo super intensivo, camarão *Litopenaeus vannamei*

## ABSTRACT

Superintensive shrimp culture of juvenile units of *Litopenaeus vannamei* was realized in the Marine Shrimp Laboratory of the Santa Catarina's Federal University (LCM-UFSC). The mayor objective of the present study was evaluating the influence of three C/N ratios in water quality, as well as in the development of marine shrimps. The culture was evaluated in quadruplicates, based in three different ratios: C/N 10:1; C/N 20:1; and C/N 30:1. The ratios were composed of commercial ration Camaronina Purina® 35HP and dehydrated molasses, which were respectively used as nitrogen source and organic carbon. The density of initial stockage was of 273 shrimps/m<sup>2</sup>, with individual average weight of 1,0g. After thirty-six days of culture, the ratios did not show statistic differences ( $P>0,05$ ) in temperature, pH and salinity. However, the C/N 30:1 concentration of nitrogen composites, dissolved oxygen and phosphor was lower than C/N 20:1 and C/N 10:1. The amount of suspended solids in the water in treatment C/N 30:1 presented a significant ( $P<0,05$ ) increment in comparison to the too much treatments. Although differences were found in the three ratios studied, the growth and the survival of shrimps were not affected significantly.

Keywords: C/N ratio; superintensive culture; *Litopenaeus vannamei* shrimp.

## INTRODUÇÃO

A aplicação de sistemas que permitem a reutilização da água na carcinocultura marinha tem sido uma prática muito estudada nos últimos anos, devido a problemas ambientais ocasionados pela liberação dos efluentes nos ambientes (Casillas-Hernández *et al.*, 2007 Rodrigues 2001,). Apesar de não ser escasso o número de técnicas para o tratamento da água, o principal impecilho se encontra na relação entre o custo e a eficiência dos métodos (Wu, 1999), pois a maioria torna-se cara, principalmente para grandes volumes de água com baixas concentrações de poluentes (Cripps e Bergheim, 2000 Páez-Osuna *et al.*, 1999), como é o caso da carcinocultura marinha.

Segundo Horowitz & Horowitz 2001 a carga total de nutrientes originados durante o cultivo, varia largamente nos intervalos de tempo de acordo com o sistema adotado e com as técnicas de manejo empregadas. Entretanto, em todos os sistemas de cultivo a ração é considerada como uma das causas principais, responsável pela degradação da água. Segundo Burford *et al.*, 2004, 15-30% do alimento (peso seco) peletizado ofertado ao camarão é assimilado. O restante do alimento retorna ou permanece no ambiente de cultivo respectivamente, como fezes ou matéria orgânica em decomposição. Esta quantia equivale a uma considerável carga de nitrogênio extra no cultivo (Mcintosh *et al.*, 2001; Boyd, 1999).

Dentro dos tanques de cultivo o nitrogênio, resultado da decomposição de restos de ração e excreção dos organismos cultivados, desempenha um papel fundamental para a manutenção da qualidade da água, pois, influencia no metabolismo do meio através de processos biológicos e químicos (Montoya *et al.*, 1999; Thompson *et al.*, 1999). Em elevadas concentrações o nitrogênio excede o requerimento microbiano para oxidar a quantidade de carbono presente. Nesta situação, somente parte do nitrogênio é removida por atividade heterotrófica convencional, sendo incorporado na biomassa microbiana. No entanto, o nitrogênio residual estimula a atividade autotrófica, que, se descartado nos cursos d'água, ocasionará a eutrofização devido à atividade fotoautotrófica (Samocho *et al.*, 2006, Sobecka *et al.*, 2002, Montoya *et al.*, 2002).

Na busca de soluções para estes problemas, pesquisadores têm concentrado os seus estudos no desenvolvimento de um sistema de cultivo super intensivo com nenhuma troca de água durante o ciclo de produção (Wasielesky *et al.*, 2006, Burford *et al.*, 2004, Avnimelech, 1999). A estratégia de cultivo utilizada neste sistema baseia-se na adição de carbono na água do cultivo promovendo deste modo a assimilação dos compostos nitrogenados pela comunidade de microorganismos, gerando desta forma as proteínas celulares microbianas as quais poderão ser consumidas pelos camarões. Se ajustados corretamente, os hidratos de carbono adicionados podem eliminar o problema da acumulação inorgânica do nitrogênio (Browdy *et al.*, 2001; Montoya *et al.*, 1999).

Esta tecnologia foi desenvolvida inicialmente no centro de Maricultura de Waddell, nos EUA, na década 90 (Wasielesky *et al.*, 2006, Burford *et al.*, 2004) sendo aperfeiçoada e empregada em diversas partes do mundo como alternativa aos métodos convencionais. Apresentam vantagens por

possuírem altos níveis de produção, por diminuir o consumo de água, reduzir os riscos de auto-poluição e prevenção contra patógenos (Montoya *et al.*, 1999).

Entretanto muito pouco se sabe a respeito de valores de carbono e nitrogênio que se pode utilizar no cultivo para que tanto a produtividade do camarão quanto a qualidade da água seja preservada.

No sentido de fornecer subsídios para o melhor entendimento deste sistema de cultivo, o presente estudo, avaliou o efeito de diferentes relações carbono: nitrogênio (C/N), sobre os parâmetros físico-químicos da água do sistema de flocos bacteriano, determinando a melhor relação C/N a ser mantida para se obter uma maturidade das comunidades de microrganismos associados a produção e ao crescimento do camarão-branco *Litopenaeus vannamei*.

## Artigo científico

### Efeito de diferentes relações C/N na qualidade da água do cultivo super intensivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (boone, 1931).

**Carlos E. M. Rezende<sup>1</sup>, Rafael Arantes<sup>2</sup>, Valeria Reginato Spiller<sup>3</sup>, Edegar Roberto Andreatta<sup>4</sup>, Rodrigo Schweitzer<sup>4</sup>, Elpidio Beltrame<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup>Curso de Pós Graduação em Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina,

<sup>2</sup>Curso de Pós Graduação em Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>3</sup>Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>4</sup>Laboratório de Camarões Marinhos, Departamento de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina.

#### RESUMO

Cultivos super intensivos com juvenis de *Litopenaeus vannamei* foram realizados no laboratório de camarões marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LCM-UFSC). O objetivo do estudo foi avaliar a influência de três relações C/N na qualidade da água e no desenvolvimento dos camarões. O cultivo foi avaliado em quatro repetições, com base em três tratamentos: C/N 10:1, C/N 20:1 e C/N 30:1. As relações foram formuladas à base de ração comercial Camaronina Purina® 35HP e melaço desidratado, como fontes de nitrogênio e carbono orgânico, respectivamente. A densidade de estocagem inicial foi de 273 camarões/ m<sup>2</sup>, com peso médio individual de 1,0g. Ao final dos 36 dias de cultivo, a temperatura, o pH e a salinidade não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. No entanto, as concentrações dos compostos nitrogenados, oxigênio dissolvido e fósforo foram menores no tratamento C/N 30:1 que nos tratamentos C/N 20:1 e C/N 10:1. A quantidade de sólidos suspensos na água no tratamento C/N 30:1 apresentou um incremento significativo ( $P < 0,05$ ) em comparação aos demais tratamentos. Apesar das diferenças encontradas nas variáveis analisadas entre os tratamentos estudados, o crescimento e a sobrevivência dos camarões não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ).

Palavras-chave: Relação C/N, cultivo super intensivo, camarão *Litopenaeus vannamei*.

#### ABSTRACT

Superintensive shrimp culture of juvenile units of *Litopenaeus vannamei* was realized in the Marine Shrimp Laboratory of the Santa Catarina's Federal University (LCM-UFSC). The mayor objective of the present study was evaluating the influence of three C/N ratios in water quality, as well as in the development of marine shrimps. The culture was evaluated in quadruplicates, based in three different ratios: C/N 10:1; C/N 20:1; and C/N 30:1. The ratios were composed of commercial ration Camaronina Purina® 35HP and dehydrated molasses, which were respectively used as nitrogen source and organic carbon. The density of initial stockage was of 273 shrimps/m<sup>2</sup>, with individual average weight of 1,0g. After thirty-six days of culture, the ratios did not show statistic differences ( $P > 0,05$ ) in temperature, pH and salinity. However, the C/N 30:1 concentration of nitrogen composites, dissolved oxygen and phosphor was lower than C/N 20:1 and C/N 10:1. The amount of suspended solids in the water in treatment C/N 30:1 presented a significant ( $P < 0,05$ ) increment in comparison to the too much treatments. Although differences were found in the three ratios studied, the growth and the survival of shrimps were not affected significantly.

Keywords: C/N ratio; superintensive culture; *Litopenaeus vannamei*

## INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas na intensificação dos cultivos de camarões marinhos é a acumulação de compostos nitrogenados em forma inorgânica tóxica na água. A oferta do alimento no manejo destes cultivos constitui-se em um dos pontos críticos para a manutenção da qualidade da água e para a produção de camarões (Montoya *et al.*, 2002; Tacon *et al.*, 2002; Velasco *et al.*, 2001).

Segundo Ostrensky & Barbieri (2002), 15-30% do alimento (peso seco) peletizado ofertado ao camarão é assimilado. O restante do alimento retorna ou permanece no ambiente de cultivo respectivamente, como fezes ou matéria orgânica em decomposição. Esta quantia equivale a uma considerável carga de nitrogênio extra no cultivo (Mcintosh *et al.*, 2001; Boyd, 1999).

Em sistemas intensivos, os aumentos dos níveis de amônia causam estresse nos animais suprimindo seu crescimento e limitando o rendimento do cultivo (Avnimelech, Y., 1999). Para prevenir, intervenções como as renovações da água são comumente empregadas. Porém, esta solução é questionada pelos órgãos ambientais que proíbem a liberação da água rica em nutrientes para o ambiente e também por conta da necessidade de biossegurança.

Montoya *et al.*, (2002) e Velasco *et al.*, (1999), sugerem, como forma de melhorar o aproveitamento dos nutrientes na água o manejo adequado das comunidades microbianas presentes no tanque de cultivo. Deste modo, os aquicultores podem se beneficiar reduzindo os níveis de nutrientes da ração, diminuindo o consumo de água e melhorando a qualidade da água.

Estudos comprovam a eficiência dos microorganismos heterotróficos na utilização da amônia dissolvida na água. (Burford *et al.*, 2004, Sobecka *et al.*, 2002, Avnimelech, 1994). Entretanto, o crescimento bacteriano heterotrófico e a demanda de nitrogênio parecem ser mais altos do que as taxas máximas de consumo de amônia, indicando que os heterotróficos também utilizam outras fontes de nitrogênio, tais como compostos orgânicos. Estes podem incluir ração peletizada não ingerida ou partículas desintegradas e excrementos dos animais (Montoya *et al.*, 2002).

No ambiente de cultivo, as bactérias excretam uma rede viscosa de polissacarídeos que formam grumos de materiais orgânicos e outras bactérias, conhecidos como "flocos". Os materiais suspensos são agregados nos flocos, sendo hidrolisados pelas enzimas bacterianas extracelulares (Sobecka *et al.*, 2002)

Dentro dos tanques de cultivos que empregam o sistema de flocos microbianos, sistema este que permite altas densidades com pouca ou nenhuma renovação de água, um processo de sucessão de comunidades ocorre com o tempo devido ao aumento da carga orgânica e maturidade do ecossistema. Como resultado, a demanda biológica de oxigênio aumenta demonstrando a necessidade de uma contínua taxa de aeração (Browdy, e Bratvold, 1998).

A adição constante de uma fonte de carbono orgânico suplementar para balancear a relação C/N permite que as bactérias utilizem a amônia para a produção da proteína bacteriana (Samocha *et al.*, 2006; Burford *et al.*, 2003; Montoya *et al.*, 1999; Thompson *et al.*, 1999). Entretanto, Ebling *et al.* (2006) descrevem que para serem melhor consumidas, as bactérias devem formar agregados ou se fixarem em outras partículas.

A presença de microorganismos nos tanques de cultivo aumenta a eficiência da conversão protéica, pois convertem o nitrogênio inorgânico presente na água e os disponibilizam na forma de proteína microbiana que é ingerida pelos organismos cultivados (Horowitz & Horowitz, 2001; McIntosh *et al.*, 2001; Abreu *et al.* 1998).

Avnimelech Y. (2000) e Tacon *et al.* (1999) descrevem os efeitos positivos que as bactérias proporcionam nos resultados obtidos em cultivos super-intensivos de camarões sem renovação de água. Estes autores atribuíram 70-80% do ganho de peso de *Litopenaeus vannamei*, cultivado sob condições de cultivo, à ingestão dos flocos bacterianos. Além disso, notaram uma melhoria da qualidade da água do cultivo, pela rápida degradação da matéria orgânica sem a produção de metabólitos tóxicos aos camarões, reciclando os dejetos e transformando em proteína bacteriana.

Neste contexto, o foco deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes relações carbono: nitrogênio (C/N), sobre os parâmetros físico-químicos da água do sistema de cultivo com flocos bacteriano, determinando a melhor relação C/N a ser mantida para se obter uma maturidade das comunidades de microrganismo associados à produção e ao crescimento do camarão-branco *L. vannamei*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Origem e cultivo dos Juvenis

Foram utilizados no experimento juvenis de camarão branco, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1991) (Perez-Farfante & Kensley, 1997), produzidos pelo Laboratório de camarões marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LCM– UFSC). O cultivo dos juvenis foi realizado em um tanque circular de fibra de 50.000 litros com aeração constante. As pós-larvas (Pl<sub>10</sub>) foram estocadas com um peso inicial de 0,0015g. Diariamente 5% da água do tanque foi renovada. Neste período as Pls foram alimentadas quatro vezes ao dia com ração (Camaronina 40 CR1, Purina®). Quando os camarões atingiram o peso médio individual de 1,0g foram transferidos para as unidades experimentais.

### Delineamento experimental

O sistema de cultivo dos camarões foi conduzido em doze tanques circulares de fibra contendo 900 litros do meio de cultivo que constituíram as unidades experimentais. A densidade de estocagem inicial foi de 273 camarões / m<sup>2</sup>. Em cada tanque foi instalado um sistema de aeração capaz de permitir uma contínua movimentação da água e mistura do meio, favorecendo deste modo, a formação de uma eficiente condição aeróbia.

Os efeitos das diferentes relações C/N no cultivo foram avaliados ao longo de 36 dias, em quatro repetições, com base em três tratamentos. No primeiro tratamento a relação utilizada foi de 10:1 seguido da relação de 20:1 para o segundo tratamento e 30:1 para o terceiro tratamento. O cálculo das diferentes relações foi embasado na percentagem de carbono orgânico total e nitrogênio existente na ração ofertada aos camarões e no melaço desidratado. A ração e o melaço utilizados nos cultivos foram analisados quanto às concentrações de nitrogênio e carbono no aparelho de CHN marca Perkin Elmer 2400 e no analisador de Carbono Orgânico Total do fabricante Shimadzu® TOC-VCPH, respectivamente.

Em todos os tratamentos os camarões foram alimentados com ração Camaronina Purina® 35HP quatro vezes ao dia. A quantidade de ração ofertada em cada tratamento foi estimada em 6% da biomassa total de cada tanque. Estes valores foram corrigidos semanalmente a partir das biometrias dos camarões.

A avaliação do crescimento e da biomassa final dos cultivos foi realizada através das biometrias semanais. Trinta (30) camarões foram retirados de cada tanque com auxílio de um puçá e concentrados em baldes de 20 l, com a mesma água dos tanques de origem. Na obtenção dos pesos úmidos, primeiramente foi padronizada a retirada do excesso d'água dos camarões com uso de papel absorvente, sendo em seguida os mesmos colocados em um recipiente plástico para a pesagem *in vivo* em balança digital (precisão de 0,01 g). Concluída a pesagem, os camarões foram devolvidos aos tanques de origem. A taxa de sobrevivência foi analisada através da contagem individual do número de camarões no início e no término do período experimental.

### Preparação do meio de cultivo

O meio autotrófico de cultivo foi preparado em um tanque de fibra com 8 metros de diâmetro e capacidade útil de 50000 litros de água, quinze dias antes do início do experimento, com a finalidade de proporcionar um ambiente adequado para o crescimento de uma comunidade heterotrófica junto ao cultivo de camarão. Neste período foram bombeados direto da praia 25.000 litros de água do mar e inoculados 15000 litros da cultura da microalga *Chaetoceros calcitrans* numa concentração de  $10^6$  células/ml. As estimativas de abundância destas microalgas foram realizadas utilizando-se da câmara de Neubauer. Nesta fase adicionaram-se, a cada dois dias desde o início, soluções de nutrientes (Tabela 1) com o objetivo de subsidiar o balanceamento dos compostos essenciais requeridos para o crescimento das microalgas. Durante este período, o tanque foi mantido em  $27,0 \pm 1,0^\circ$  C e com aeração constante. No décimo sexto dia 900 litros da água maturada foram bombeados para cada unidade experimental.

Tabela 1. Quantidade de nutrientes adicionados na preparação do tanque com 40.000 litros de meio de cultivo.

Nutrientes	Concentrações
Nitrato de Sódio	1400 g (200g *)
Fosfato de Sódio	175g (25 g *)
Silicato de Sódio	2625 g (*375 g)
Solução de Ferro	1750 ml (* 250 ml)
Melaço	3500 g (500 g *)

\*Quantidade por tanque adicionada a cada 2 dias

### Monitoramento da água do cultivo

As análises dos parâmetros físico-químicos da água e metodologias empregadas foram: temperatura da água, utilizando-se termômetro de mercúrio com precisão de  $0,5^\circ$ C; salinidade, utilizando-se refratômetro ótico com precisão de 1, pH (pHmetro HANNA); transparência da água utilizando o disco de sechii e o oxigênio dissolvido sonda YSI 9000 da Hexis Científica. Todos estes parâmetros foram monitorados duas vezes ao dia no horário das 08:00 e 18:00 horas durante os 36 dias de experimento.

Os monitoramentos das concentrações de compostos nitrogenados e fosfato na água dos tanques de cultivo foram realizados duas vezes por semana. Na determinação da amônia foi utilizado o método de Nessler, descrito por Voguel (1981). Para a determinação do nitrito foi empregado o kit analítico NitriVer 2 Hach Company, que abrange a faixa de concentração de 0 a 150mg  $\text{NO}_2/\text{L}$ ., baseado em uma curva padrão obtida com nitrito de sódio. Para a determinação de nitrato foi aplicado o método do ácido salicílico, de acordo com o procedimento descrito por Cataldo *et al.* (1975). Nestas determinações foi usado um espectrofotômetro (Hach DR/2010) com cubeta de quartzo de 1 cm de trajeto óptico. Antes das análises as amostras foram filtradas com filtro de 0,45  $\mu\text{m}$ , conforme Standard Methods (APHA, 1998).

As análises de carbono orgânico total (COT) e sólidos totais na água dos tanques de cultivo foram realizadas semanalmente. Para obtenção das concentrações de carbono orgânico total as amostras foram coletadas e filtradas primeiramente com filtro de 0,45 Ø e o pH diminuído até 2,0, utilizando-se HCl sendo analisadas no mesmo dia ou então, congeladas até posterior análise no TOC. Os sólidos totais foram determinados pela evaporação da amostra em cadinhos de porcelana em chapa quente, segundo metodologia descrita no *Standard Methods* (APHA, 1998).

#### Análise estatística

Os resultados médios finais da sobrevivência, taxa de crescimento e parâmetros físico-químicos da água de cada repetição foram submetidos à análise de variância (ANOVA), levando-se em consideração as premissas necessárias. Quando não havia diferenças significativas ( $P > 0,05$ ), as mesmas foram agrupadas. Posteriormente, o mesmo procedimento foi adotado para detectar possíveis diferenças entre os tratamentos. Quando encontrada diferença significativa aplicou-se o teste de Tukey. Os resultados percentuais, taxas de sobrevivência, foram transformados (raiz quadrado do arco seno) antes de serem analisados.

## RESULTADOS

### Parâmetros de qualidade da água

Os resultados de temperatura, pH, salinidade nos horários das 08:00 e 18:00 horas, não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $P>0,05$ ), conforme os valores médios ( $\pm$  desvio padrão) apresentados na Tabela 2.

A variação das concentrações de oxigênio dissolvido no horário das 08:00 e das 18:00h está apresentada na (Fig. 1a e 1b). No horário das 08:00h o tratamento C/N 30:1 apresentou uma diminuição significativa ( $P<0,05$ ) na concentração do oxigênio dissolvido, em relação aos demais tratamentos. Entretanto, no horário das 18:00h as concentrações de oxigênio apresentaram diferenças significativas ( $P<0,05$ ) entre todos os tratamentos Tabela 2.

Tabela 2

Parâmetros de qualidade de água às 08:00 e 18:00 h das unidades experimentais do experimento. Valores médios e desvio padrão de cada tratamento durante os 36 dias de experimento.

Parâmetros		Tratamentos		
		10:1	20:1	30:1
Temperatura °C	08:00 h	27,1 $\pm$ 1,12 <sup>a</sup>	27,04 $\pm$ 1,07 <sup>a</sup>	27 $\pm$ 1,01 <sup>a</sup>
	18:00 h	28,3 $\pm$ 1,02 <sup>a</sup>	28,3 $\pm$ 1,04 <sup>a</sup>	28,2 $\pm$ 1,05 <sup>a</sup>
Concentração de oxigênio (mg l <sup>-1</sup> )	08:00 h	6,43 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>	6,4 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	6,03 $\pm$ 0,46 <sup>b</sup>
	18:00 h	6,39 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	6,18 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>	5,94 $\pm$ 0,31 <sup>c</sup>
pH	08:00 h	8,5 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	8,77 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	8,78 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>
	18:00 h	8,7 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	8,75 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	8,7 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>
Salinidade		35,5 <sup>a</sup>	35,5 <sup>a</sup>	35,5 <sup>a</sup>

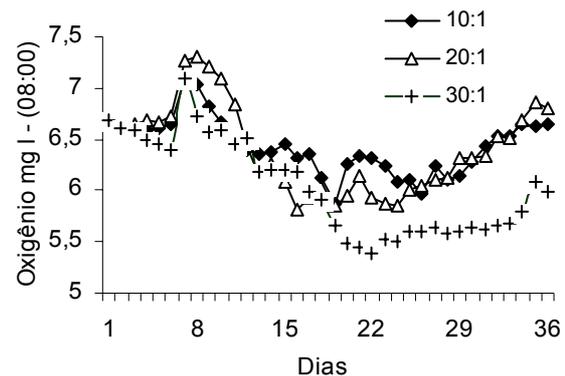
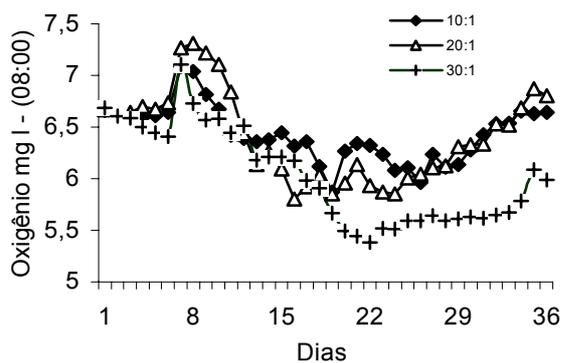


Fig. 1a e b. Variações das concentrações do oxigênio dissolvido na água (mg l<sup>-1</sup>) nos tanques de cultivo dos diferentes tratamentos C/N.

As comparações entre as médias das concentrações da amônia apresentaram diferenças significativas ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos C/N 10:1 e C/N/ 30:1. No tratamento com a relação C/N 10:1 e C/N 20:1 a concentração da amônia variou constantemente sendo registrados valores máximos de 3,0 mg/l e 1,85 mg/l respectivamente, entre o 29º e 31º dia de experimento. Após este

período, observou-se uma queda na concentração deste nutriente para 0,4 mg/l no tratamento com a relação C/N 10:1 e para 0,2mg/l para o tratamento com a relação C/N 20:1. Por outro lado, no tratamento C/N 30:1, este composto manteve-se em concentrações mais baixas variando de 0,25 mg/l a 1,05 mg/l até o 20º dia de cultivo. Após este período, ocorreu um decréscimo na concentração da amônia estabilizando-se a 0,25 mg / l (Figura 2).

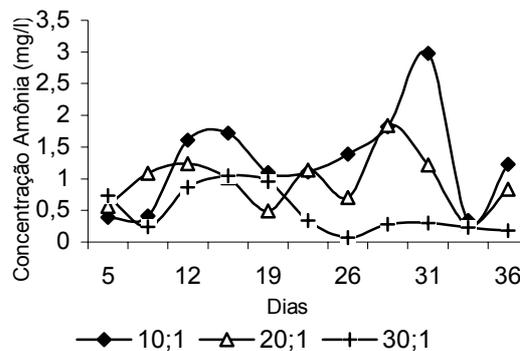


Fig. 2. Variação da concentração amônia ( $\text{mg l}^{-1}$ ) nos tanques de cultivo dos diferentes tratamentos C/N

Com relação às concentrações de nitrito e nitrato não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os resultados obtidos no experimento. Os valores médios para as concentrações de nitrito encontradas variaram de 0,47a 4,32 mg/L, para o tratamento C/N 10:1, de 0,66 a 3,87 mg/L, para o tratamento C/N 20:1 e de 0,85 a 3,04 mg/l, para o tratamento C/N 30:1. As amplitudes das variações deste composto podem ser observadas na Figura 3. Em relação à concentração de nitrato, não foi detectada a formação expressiva deste composto ao longo dos 36 dias de experimento em nenhum dos tratamentos.

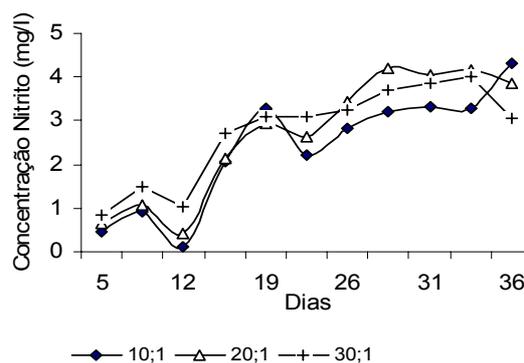


Fig. 3. Variação da concentração de Nitrito ( $\text{mg l}^{-1}$ ) nos tanques de cultivo dos diferentes tratamentos C/N.

Durante o experimento, o aumento na concentração de fosfato, não apresentou diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos (Figura 4). Nos Tratamentos C/N 10:1, CN/ 20:1 e CN/30:1 as concentrações variaram respectivamente de 0,38 a 1,56  $\text{mg l}^{-1}$ , de 0,41 a 1,71  $\text{mg l}^{-1}$  e de 0,38 a 2,01  $\text{mg l}^{-1}$ .

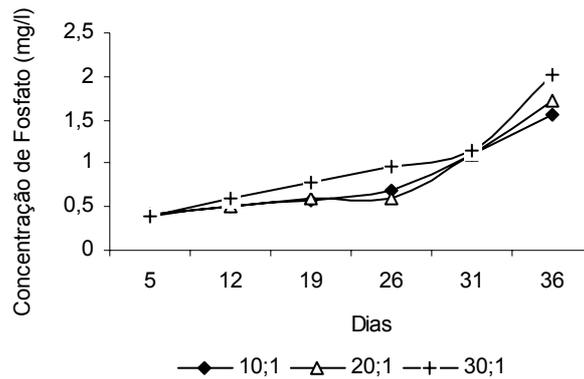


Fig. 4. Variação da concentração de fosfato ( $\text{mg l}^{-1}$ ) na água nos tanques de cultivo dos diferentes tratamentos C/N.

As concentrações do carbono orgânico total dissolvido na água, no final do experimento, foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos C/N 20:1 ( $92,0 \text{ mg l}^{-1}$ ) e CN/ 30:1 ( $81,2 \text{ mg l}^{-1}$ ) em relação ao tratamento C/N 10:1 ( $39,94 \text{ mg l}^{-1}$ ). Entretanto, no 26º dia de experimento foi observada uma queda na concentração deste nutriente no tratamento CN/ 30:1 para  $18 \text{ mg l}^{-1}$  (figura 5).

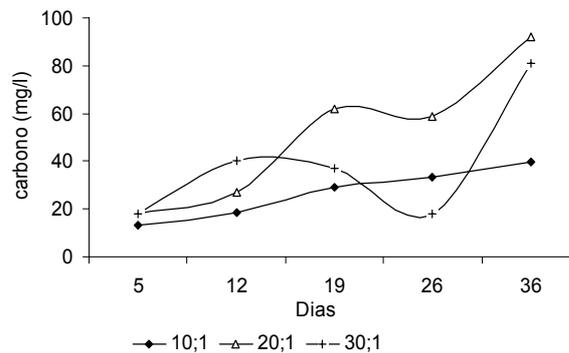


Fig. 5. Variação da concentração do carbono orgânico total dissolvido ( $\text{mg l}^{-1}$ ) na água nos tanques de cultivo dos diferentes tratamentos C/N.

O emprego dos distintos manejos durante o cultivo, resultou em uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) nas condições de transparência da água entre os tratamentos C/N 30:1 com os tratamentos CN/ 10:1 e CN/ 20:1 (Figura 6). No final do experimento foram observadas situações de perda total da transparência no tratamento C/N de 30:1 e reduções na transparência chegando a 5 cm e 10 cm nos tratamentos C/N 20:1 e C/N 10:1, respectivamente. Este fato está diretamente associado com o aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da quantidade de sólidos suspensos (SS) na água dos tanques de cultivo (Tabela 3) entre os tratamentos.

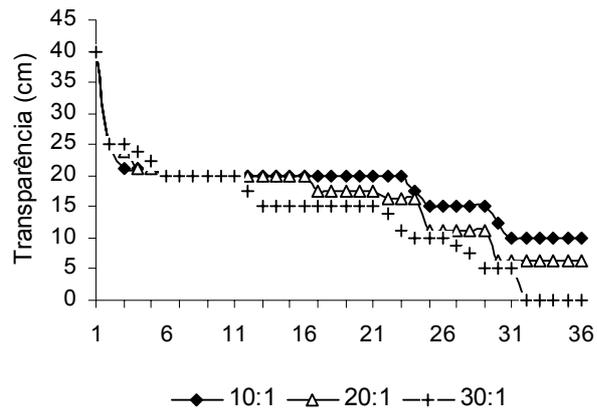


Fig. 6. Variação da transparência (cm) na água dos tanques de cultivo dos diferentes tratamentos C/N.

Tabela 3. Resultados da determinação de SS ( $\text{g.L}^{-1}$ ) durante o cultivo do camarão *L. vannamei*, sob diferentes relações C/N. Letras (a,b,c) diferentes na mesma linha indicam médias estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Dias	SS ( $\text{g.L}^{-1}$ )		
	C/N 10:1	C/N 20:1	C/N 30:1
5	22,08 $\pm$ 4,24 <sup>a</sup>	29,68 $\pm$ 3,9 <sup>a,b</sup>	35,21 $\pm$ 1,69 <sup>b</sup>
12	25,39 $\pm$ 2,55 <sup>a</sup>	42,99 $\pm$ 9,0 <sup>a,b</sup>	54,38 $\pm$ 4,9 <sup>b</sup>
19	31,71 $\pm$ 2,38 <sup>a</sup>	65,64 $\pm$ 16,1 <sup>b</sup>	60,06 $\pm$ 2,1 <sup>b</sup>
26	41,72 $\pm$ 6,59 <sup>a</sup>	90,39 $\pm$ 13,9 <sup>b</sup>	100,36 $\pm$ 12,02 <sup>b</sup>
31	49,26 $\pm$ 0,69 <sup>a</sup>	109,56 $\pm$ 14,5 <sup>b</sup>	180,20 $\pm$ 13,08 <sup>c</sup>
36	53,82 $\pm$ 5,88 <sup>a</sup>	132,91 $\pm$ 13,5 <sup>b</sup>	205,36 $\pm$ 15,44 <sup>c</sup>

### Monitoramento da Sobrevivência e Crescimento dos Camarões

Após 36 dias de cultivo, não foram encontradas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre as médias de sobrevivência e as médias finais de biomassa obtidas nos diferentes tratamentos (Tabela 4). Comparando os resultados das biometrias semanais podemos observar um crescimento significativo ( $P < 0,05$ ) do peso médio final corporal de *L. vannamei* com relação ao peso médio inicial (Tabela 4).

Tabela 4. Número inicial e final, sobrevivência (%), peso úmido (média  $\pm$  dp) (g) e biomassas inicial e final (média  $\pm$  dp) (g) de juvenis de *L. vannamei* cultivados, ao longo de 36 dias, sob diferentes tratamentos C/N.

	Tratamentos		
	C/N 10:1	C/N 20:1	C/N 30:1
Nº Inicial	300 <sup>a</sup>	300 <sup>a</sup>	300 <sup>a</sup>
Nº Final	177,75 $\pm$ 12,8 <sup>a</sup>	189,25 $\pm$ 24,1 <sup>a</sup>	172 $\pm$ 10,8 <sup>a</sup>
% Sobr.	59,23 <sup>a</sup>	63,08 <sup>a</sup>	57,24 <sup>a</sup>
Peso Inicial	1,07 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	1,07 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	1,07 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>
Peso 7 d	1,36 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	1,43 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	1,53 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>
Peso 14 d	1,66 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	2,03 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	1,61 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
Peso 21 d	2,63 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	2,59 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	2,38 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>
Peso 28 d	3,55 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>	3,17 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>	2,96 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
Peso 36 d	4,94 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>	4,61 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	4,95 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>
Biom Inicial	321,35 <sup>a</sup>	321,35 <sup>a</sup>	321,35 <sup>a</sup>
Biom 30 d	878,97 <sup>a</sup>	873,86 <sup>a</sup>	852,69 <sup>a</sup>

## DISCUSSÃO

Os parâmetros de temperatura, pH e salinidade não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Conforme Samocha *et al.* 2006, Van Wyk and Scarpa, 1999 estes parâmetros de qualidade de água mantiveram-se dentro de valores aceitáveis para a sobrevivência e crescimento do *L. vannamei*.

As concentrações do oxigênio dissolvido apresentaram variações diárias durante os 36 dias de experimento onde os valores mais baixos monitorados ocorreram no tratamento C/N 30:1. Mesmo dispondo-se da aeração artificial, durante 24 horas, observou-se que a alta relação C/N empregada neste tratamento interferiu na qualidade dessa variável apresentando diferenças significativas entre os tratamentos. De acordo com Bratvold *et al.*, 1998; Bratvold e Browdy, 2001; a disponibilidade do carbono orgânico presente nos tanques de cultivo provocou um incremento na biomassa bacteriana heterotrófica, através dos processos de oxidação do material orgânico, utilizando o oxigênio dissolvido para tal. Este fato explica o maior consumo do oxigênio dissolvido nos tanques de cultivo do tratamento C/N 30:1. Entretanto, os valores obtidos para as concentrações desta variável nos três tratamentos mantiveram-se muito próximos daqueles considerados ótimos para o crescimento do *L. vannamei* (6 a 9 mg l<sup>-1</sup>) segundo Montoya, 2002, Boyd, 2001, Velasco, 2001.

A amônia, decorrente do processo de decomposição da matéria orgânica protéica, apresentou oscilações bem evidentes nos tratamentos C/N 10:1 e C/N 20:1 com C/N 30:1. Nos tratamentos C/N 10:1 e C/N 20:1, constatou-se que a concentração de carbono orgânico dissolvido na água foi insuficiente para promover o crescimento bacteriano heterotrófico, capaz de utilizar a amônia e manter as concentrações dentro da faixa ótima considerada para o cultivo do *L. vannamei* que situa-se abaixo de 1,0 mg L<sup>-1</sup> (McIntosh *et al.*, 2000; Montoya *et al.*, 1999; Avnimelech *et al.*, 1999). Entretanto, no tratamento C/N 30:1 os níveis encontrados deste nutriente se encontram aceitáveis para o cultivo da espécie, evidenciando a assimilação da amônia pela comunidade bacteriana.

As concentrações do nitrito nos tanques de cultivos variaram de forma semelhante ao descrito por Burford *et al.*, 2003, Otoshi *et al.*, 2002, registrando um crescimento diário ao longo do experimento, em todos os tratamentos. Wang *et al.*, 2006 reportaram os efeitos nocivos do nitrito em organismos adultos de *L. vannamei* na LC50 96-h somente na concentração de 50 mg/l de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, valor este dez vezes superior aos níveis encontrados neste trabalho. Tsai e Chan, 2002 relataram que os valores na LC50 96-h do nitrito variaram de 145 a 232 mg/l para os juvenis de *P. monodon*. Chen e Lin (1991) descreveram os valores de 96-h LC50 para nitrito em juvenis de *P. penicillatus* de 52.93 a 79.45 mg/l. Com base nestas informações supõe-se que o nitrito neste estudo não tenha afetado a sobrevivência dos camarões cultivados. Entretanto Samocha *et al.*, 2006 e Argue *et al.*, 2002 relatam os reflexos negativos no crescimento do *L. vannamei* associados a taxas superiores a 0,5 mg l<sup>-1</sup>.

O monitoramento do fósforo nos três tratamentos evidenciou a mesma tendência de aumento diário observado nos trabalhos de Montoya *et al.*, 2000; Samocha *et al.*, 2006. Estes autores descreveram que as elevadas concentrações de fósforo encontradas nos cultivos super-intensivos

sem renovação de água, se devem principalmente ao incremento das taxas de alimentação e de fertilização. Segundo Barack *et al.* (2003) o fósforo apresenta baixa solubilidade na água e quando não assimilado pelos microorganismos, sedimenta no fundo dos viveiros. De acordo com Velasco *et al.* (1999) as altas concentrações desses compostos comprometem a qualidade da água do cultivo reduzindo a taxa de crescimento e sobrevivência dos camarões.

O controle da concentração de carbono demonstrou ser de extrema importância, por ser um indicador quantitativo de biomassa bacteriana Avnimelech *et al.*, 1994; Avnimelech, 1999; Browdy *et al.*, 2001. Neste estudo as concentrações do carbono orgânico total dissolvido na água, foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos C/N 20:1 e CN/ 30:1 em relação ao tratamento C/N 10:1. Esses resultados já eram esperados, em decorrência da relação direta das concentrações de carbono orgânico adicionadas aos distintos tratamentos. Entretanto no tratamento C/N 30:1 no 26º dia de experimento, foi observada uma queda na concentração deste nutriente. Neste mesmo período, as concentrações da amônia e do oxigênio dissolvido nos tanques de cultivo, atingiram os valores mais baixos registrados neste estudo. De acordo com Burford, 2004; Browdy *et al.*, 2001; Avnimelech, 1999; Montoya., 1999; o alto consumo de oxigênio relacionado a baixas concentrações de carbono orgânico e compostos nitrogenados se devem principalmente a formação de uma comunidade bacteriana heterotrófica capaz de assimilar com sucesso os compostos nitrogenados. Para realizar este processo, as bactérias e outros microorganismos usam hidratos de carbono e o nitrogênio inorgânico como alimento, gerando energia para crescer e produzindo deste modo as proteínas celulares (Ebling *et al.*, 2006; Samocha, *et al.* 2006 Moss, 2002).

A transparência da água nos tanques é um parâmetro que se encontra relacionado, de maneira inversamente proporcional, às concentrações de sólidos suspensos na água (SS) (Jamu *et al.*, 1999; Hargreaves, 1998). Ebeling *et al.*, 2006 descrevem níveis de SS para sistemas super-intensivos sem renovação de água altamente elevados, chegando a atingir 800 mg/L. Entretanto, os níveis ótimos dos SS para sistemas de produção heterotróficos de camarão ainda não foram estabelecidos (Burford *et al.*, 2003 Browdy *et al.*, 2001). VanWyk *et al.*, 1999 afirmam que altas quantidades de SS estão associadas a um elevado consumo de oxigênio e elevadas concentrações do dióxido de carbono, sendo necessária a remoção periódica de parte dos SS para a manutenção do sistema. Neste trabalho, o tratamento C/N 30:1 apresentou uma elevada quantidade de SS em comparação aos demais tratamentos reduzindo a transparência da água e piorando as condições da qualidade da água no final do cultivo.

A média da sobrevivência dos camarões cultivados (60%) e as biomassas máximas produzidas (aproximadamente, 557,62 g/ 36 dias) apresentaram-se abaixo do encontrado por Wasielesky *et al.*, 2006, Burford *et al.*, 2004, Velasco *et al.*, 1999. Os menores resultados encontrados neste estudo provavelmente estão relacionados às oscilações dos compostos nitrogenados observados principalmente nos tratamentos C/N 10:1 e CN/ 20:1, e nas concentrações relativamente altas de sólidos suspensos na água (SS) dos tratamentos C/N 30:1 e CN/ 20:1. Entretanto, vale lembrar que, a maioria dos trabalhos encontrados na literatura inicia os estudos a partir de uma água já maturada, isto é, com uma comunidade de microorganismos já formada e equilibrada, diferente do realizado neste estudo.

## CONCLUSÃO

Ao testar o efeito de diferentes relações C/N na qualidade da água do cultivo super intensivo do camarão branco *litopenaeus vannamei*, podemos concluir que em sistemas heterotróficos a relação de carbono e Nitrogênio mais adequada é uma a relação da ordem de 30:1 a qual apresentou melhores resultados na assimilação biológica dos compostos nitrogenados pelos microorganismos presentes nos tanques de cultivo.

## REFERÊNCIAS

- Abreu, P., Thompson, F.I., Wilson Wasielesky jr. & Ronaldo Cavalli 1998. New perspectives in the use of microorganisms in shrimp culture: food source, water quality and diseases control. *Anais do Aquicultura Brasil'98*. Recife, Pernambuco, Nov. 2-6, 1998: 703-709.
- Argue, B.J. *et al.* Tolerance and heritability of Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei* to high concentrations of ammonia. *Aquaculture*. Amsterdam, v. 155, p. 310-325, 2002.
- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>a</sup> ed, American Public Health Association. Washington DC, 1998.
- Avnimelech, Y., Kochva, M., Diab, S., 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *Bamidgeh* 46, 119–131.
- Avnimelech Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* February (176) 227–235
- Barak, Y., Cytryn, E., Gelfand, I., Krom, M., Rijn, J. van, 2003. Phosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 220, 313-326.
- Boyd, C.E. 1999. Sustainable Aquaculture Practices: Management of shrimp ponds to reduce the eutrophication potential of effluents. *Gl. Aquac. Advoc.* 2(6): 12-13.
- Browdy, C.L., Bratvold, D., 1998. Simple electrometric methods for estimating microbial activity in aquaculture ponds. *Aquacultural Engineering* 19 (1998) 29–39
- Browdy, C.L., Bratvold, D., Stokes, A.D., McIntosh, R.P., 2001. 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, pp. 20–34.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*. 219, 393-411.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp *Litopenaeus vannamei* nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*. 232, 525-537.
- Casillas-Hernández R., Nolasco-Soria H., García-Galano T., Carrillo-Farnes O., Páez-Osuna F., 2007. Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies *Aquacultural Engineering*, Volume 36, Issue 2, March 2007, Pages 105-114.
- Cataldo, D. A.; Haroon, M.; Schrader, L. E.; Youngs, V. L. "Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid". *Comum Soil Sci Plant Anal.* 6:71-80. 1975.
- Chen, J.C., Lin, C.Y., 1991. Lethal effects of ammonia and nitrite on *Penaeus penicillatus* at two salinity levels. *Comp. Biochem. Physiol.* 100 C, 477–482.
- Ebling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. (In press: *Aquaculture*).
- Hargreaves, J. A., 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*, v. 166. p. 181-212.
- Horowitz, A & S Horowitz. 2001. Microorganismos e práticas de alimentação em aquicultura. *Aquan. de Latin.*, 1(1): 37-39.

Jamu, D. M.; Lu, Z. e Piedrahita, R. H., 1999. Relationship between secchi disk visibility and chlorophyll a in aquaculture ponds. *Aquaculture*, v. 170. p. 205-214.

McIntosh, D., Samocha, T.M., Jones, E.R., Lawrence, A.L., McKee, D.A., Horowitz, S., Horowitz, A., 2000. 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. *Aquacult. Eng.* 21, 215-227.

McIntosh, D., Samocha, T.M., Jones, E.R., Lawrence, A.L., Horowitz, S., Horowitz, A., 2001. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. *Aquacult. Eng.* 25,69-82.

Montoya, R.A., Lawrence, A.L., Grant W.E., Lawrence, A.L., Velasco M., 1999. Simulation of nitrogen dynamics and shrimp growth in an intensive shrimp culture; effect of feed and feeding parameters. *Ecological Modelling* 122, 81-95.

Montoya, R.A. *et al.* Simulation of phosphorus dynamics in an intensive shrimp culture system: effects of feed formulations and feeding strategies. *Ecol. Model.*, Amsterdam, v. 129, p. 131-142, 2000.

Montoya, R.A., Lawrence, A.L., Grant W.E., Lawrence, A.L., Velasco M., 2002. Simulation of inorganic Nitrogen dynamics and shrimp culture system. *Aquacult. Research* 33, 81-94.

Moss, S.M., 2002. 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, pp. 1–18.

Ostrensky, Na & Rcj Barbieri. 2002. *Camarões Marinhos*. Viçosa, Aprenda Fácil.367p.

Otoshi, C.A., Montgomery, A.D., Look, A.M., Moss, S.M., 2001. Effects of diet and water source on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquac. Soc.* 32, 243–249.

Samocha, T.M. *et al.*, Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and growout systems for *Litopenaeus vannamei*, *Aquacult. Eng.* (2006), doi:[10.1016/j.aquaeng.2006.10.004](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.10.004)

Sobecka D. C., Higgins M.J., 2002. Examination of three theories for mechanisms of cation-induced bioflocculation. *Water Research* 36 (2002) 527–538

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. *Aquacult. Nut.* 8, 121-137.

Thompson, F. L. 1999. Importância do biofilme na manutenção da qualidade da água de cultivo e na alimentação de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda: Penaeidae). Rio Grande, FURG. (Dissertação de Mestrado) 79 pp.

Tsai, J., Chan, J.C., 2002. Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 213, 163–170.

VanWyk, P., Scarpa, J., 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., *et al.* (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, pp. 128–138.

Velasco M., Lawrence A. L., Castille F.L., 1999. Effect of variations in daily feeding frequency and ration size on growth of shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), in zero-water exchange culture tanks. *Aquacult.* 179, 141–148.

Velasco, M., Lawrence, A.L. And Neil, W.H., 2001. Comparison of survival and growth of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea:Decapoda) postlarvae reared in static and recirculating culture systems Texas. *J. Sci.* 53 3, pp. 227–238.

VOGEL, A. I. "Análise Inorgânica Quantitativa". 4ª edição. Editora Guanabara. Rio de Janeiro. 1981.

Wang W.N., Wang A. L., Zhang Y. J., 2006. Effect of dietary higher level of selenium and nitrite concentration on the cellular defense response of *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*. 256, 558–563.

Wasiolesky Jr W., Atwood H., Stokes Al., Browdy L. Craig., 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

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

Avnimelech, Y., Kochva, M., Diab, S., 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *Bamidgeh* 46, 119–131.

Avnimelech Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* February (176) 227–235

Boyd, Ce. 1999. Sustainable Aquaculture Practises: Management of shrimp ponds to reduce the eutrophication potencial of effluents. *Gl. Aquac. Advoc.* 2(6): 12-13.

Browdy, C.L., Bratvold, D., Stokes, A.D., McIntosh, R.P., 2001. 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, pp. 20–34.

Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*. 232, 525-537.

Cripps, S.; BERGHEIM, A. Review: Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacult. Eng.*, v. 22, 2000. p. 33-56.

Horowitz, A & S Horowitz. 2001. Microorganismos e práticas de alimentación en acuicultura. *Aquan. de Latin.*, 1(1): 37-39.

McIntosh, D., Samocha, T.M., Jones, E.R, Lawrence, A.L., Horowitz, S., Horowitz, A., 2001. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. *Aquacult. Eng.* 25,69-82.

Montoya, R.A., Lawrence, A.L., Grant W.E., Lawrence, A.L., Velasco M., 1999. Simulation of nitrogen dynamics and shrimp growth in an intensive shrimp culture; effect of feed and feeding parameters. *Ecological Modelling* 122, 81-95.

Montoya, R.A., Lawrence, A.L., Grant W.E., Lawrence, A.L., Velasco M., 2002. Simulation of inorganic Nitrogen dynamics and shrimp culture system. *Aquacult. Research* 33, 81-94.

Ostrensky, Na & Rcj Barbieri. 2002. *Camarões Marinhos*. Viçosa, Aprenda Fácil. 367p.

Páez-Osuna, F.; Guerrero-Galván, 5. R. e Ruiz-Femández, A. C. 1999. Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal waters of the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*, v.38,n.7.p.

Rodrigues, J. 2001. *Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado*. ABCC, CNPq e MAPA. Brasília, Brasil. 276 pp

R. Casillas-Hernández, H. Nolasco-Soria, T. García-Galano, O. Carrillo-Farnes, F. Páez-Osuna 2007. Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies *Aquacultural Engineering*, Volume 36, Issue 2, March 2007, Pages 105-114.

Samocha, T.M. et al., Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and growout systems for *Litopenaeus vannamei*, *Aquacult. Eng.* (2006), doi:10.1016/j.aquaeng.2006.10.004

Sobecka D. C., Higgins M.J., 2002. Examination of three theories for mechanisms of cation-induced bioflocculation. *Water Research* 36 (2002) 527–538

Thompson, F. L. 1999. Importância do biofilme na manutenção da qualidade da água de cultivo e na alimentação de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda: Penaeidae). Rio Grande, FURG. (Dissertação de Mestrado) 79 pp.

Wasielesky Jr W., Atwood H., Stokes Al., Browdy L. Craig., 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

Wu, R.S.S. Eutrophication, Water Borne Pathogens and Xenobiotic Compounds: Environmental Risks and Challenges. *Mar. Pollut. Bull.*, v. 39, n. 1-12, 1999. p. 11-22