

Reutilização de água em um sistema integrado com camarões, sedimentação, ostras e macroalgas marinhas¹

Reuse of water in an integrated system with shrimps, sedimentation, oysters and marine macroalgae

Nayana Moura da Rocha^{2,*}, José de Souza Júnior³ e Wladimir Ronald Lobo Farias⁴

Resumo - Nas últimas décadas, a aquicultura obteve um importante desenvolvimento mundial, mas a intensificação dessa atividade resultou em impactos ambientais negativos gerados, principalmente, pelos efluentes dos cultivos contendo elevadas concentrações de nutrientes dissolvidos. O objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade físico-química da água em um sistema de aquicultura integrada, composto por camarões (*Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)), sedimentação, ostras (*Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828)) e macroalgas marinhas (*Amansia multifida* (Lamouroux, 1809) e *Gracilaria cervicornis* (Turner) J. Agardh, 1852)) utilizando como parâmetros a concentração de amônia e a turbidez. Foram utilizadas duas baterias de quatro aquários, cada bateria foi composta de um aquário para o cultivo de camarões, um destinado à sedimentação dos restos de ração e dejetos, um para o cultivo de ostras e um para o cultivo de macroalgas. Diariamente, a água foi recirculada manualmente, passando de um aquário a outro. As ostras apresentaram excelente poder de filtração durante todo o experimento, reduzindo significativamente os elevados níveis de amônia e turbidez da água de sedimentação. As macroalgas também foram eficientes em reduzir as concentrações de amônia, sem praticamente alterar os valores de turbidez. O estabelecimento deste sistema integrado possibilitou o reuso da mesma água durante um período de quatro meses. A melhoria da qualidade da água realizada pelas ostras e macroalgas resultou em um excelente crescimento do camarão *L. vannamei*. Assim, a utilização de sistemas de aquicultura integrada pode ser uma boa ferramenta para mitigar os impactos ambientais da carcinicultura intensiva.

Palavras-chave - Amônia. Biofiltros. *Litopenaeus vannamei*. Reuso.

Abstract- Aquaculture got an important world-wide development in the last decades, but the intensification of this activity resulted in negative ambient impacts mainly generated by culture effluents which contain high dissolved nutrients concentrations. The aim of this work was to analyze water quality in an integrated aquaculture system, composed by shrimps (*Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)), sedimentation, oysters (*Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828)) and marine macroalgae (*Amansia multifida* (Lamouroux, 1809) and *Gracilaria cervicornis* (Turner) J. Agardh, 1852)), using ammonia concentrations and turbidity as control parameters. Two four aquariums trials had been used and each one was composed of an aquarium for shrimp culture, other destined to remaining portions of ration and dregs sedimentation, other for oyster's culture and a last one for macroalgae culture. Daily, the water was manually moved, passing from an aquarium to another. The oysters showed excellent filtration ability during all the experiment, significantly reducing ammonia and turbidity high levels of the sedimentation water. Macroalgae had also been efficient in reducing the ammonia concentrations and practically without modifying the turbidity values. The establishment of this integrated system made possible the use of the same water during a four months period. Water quality improvement carried through oysters and algae resulted in an excellent *L. vannamei* shrimp growth. Thus, the use of integrated aquaculture systems can be a good tool to mitigate intensive shrimp culture ambient impacts.

Key words - Ammonia. Biofilters . *Litopenaeus vannamei*. Reuse.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 04/03/2008; aprovado em 09/10/2008

Parte da monografia que foi apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Ceará, para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Pesca, 2007.

²Eng. de Pesca, Mestranda em Engenharia de Pesca, CCA/UFC, Campus do Pici, Bloco: 825, CEP: 60 356-000, Fortaleza-CE, nayanapesca@gmail.com

³Estudante de Graduação em Engenharia de Pesca, CCA/UFC, jr_pescaufc@yahoo.com.br

⁴Eng. de Pesca, D. Sc., Professor do Dep. de Engenharia de Pesca, CCA/UFC, wladimir@ufc.br

Introdução

A demanda global da população por alimentos de origem aquática é crescente, visto que a produção proveniente da pesca extrativa é cada vez menor e as principais áreas de pesca já atingiram seus limites máximos sustentáveis. A pesca extrativa, portanto, não poderá suprir essa demanda. Assim, a aquicultura possui um grande potencial para fornecer uma contribuição significativa na produção desses alimentos (FAO, 2006).

Nas últimas décadas, a aquicultura obteve um importante desenvolvimento mundial (FAO, 2006), mas essa expansão resultou em muitos impactos ambientais negativos. Um dos principais impactos causados por essa atividade deve-se às altas quantidades de material particulado descarregadas por seus efluentes (MENDIGUCHÍA et al., 2006). Esses efluentes são ricos em nutrientes, como nitrogênio e fósforo, podendo causar, além de outros problemas, a eutrofização dos corpos d'água (CHOPIN et al., 2001). Assim, a intensificação da atividade pode resultar em uma alta poluição orgânica dos recursos hídricos. Páez-osuna et al. (1998) realizaram um estudo sobre os impactos ambientais causados pela criação intensiva de camarões no México. Conforme os autores, o desenvolvimento da atividade em algumas áreas costeiras não é acompanhado por uma proteção ambiental suficiente e isso tem resultado no aumento da poluição. Dessa forma, medidas de manejo adequadas, para minimização de tal impacto devem ser adotadas urgentemente.

Diante disso, a indústria da aquicultura vem desenvolvendo novos métodos para minimizar o problema da descarga de efluentes sem tratamento no meio ambiente, sendo a aquicultura integrada, ou seja, o cultivo envolvendo vários organismos no processo de produção, uma ferramenta para mitigação desse problema (CHOPIN et al., 2001). Segundo Neori et al. (2004), os sistemas integrados modernos possuem um papel imprescindível na sustentabilidade da aquicultura mundial. Esses sistemas são compostos por peixes ou camarões integrados com moluscos bivalves, microalgas, macroalgas ou outros vegetais.

Neori et al. (2000) implantaram um sistema integrado utilizando o molusco bivalve abalone, *Haliotis discus hannai*, o peixe, *Sparus aurata* e as macroalgas *Ulva lactuca* e *Gracilaria conferta*. Segundo os autores, os nutrientes excretados pelos peixes foram absorvidos pelas macroalgas, principalmente *U. lactuca* que se mostrou um eficiente filtro biológico reduzindo os níveis de amônia no sistema e servindo de alimento ao abalone, enquanto que a espécie *G. conferta* não apresentou o mesmo desempenho. Zhou et al. (2006) realizaram um cultivo integrado utilizando o peixe *Sebastes fuscescens* e a macroalga marinha vermelha *Gracilaria lemaneiformis*. Os resultados

indicaram que as macroalgas se desenvolveram melhor quando integradas ao cultivo de peixes. Além disso, as macroalgas absorveram nitrogênio e fósforo, contribuindo para a bioremediação e diversificação econômica da produção.

Nosso objetivo foi acompanhar a qualidade de água, através da determinação das concentrações de amônia e níveis de turbidez, em um sistema de aquicultura integrada, utilizando camarões, sedimentação, ostras e macroalgas.

Material e métodos

O sistema de aquicultura integrada

O sistema de aquicultura integrada utilizado neste trabalho constou de duas baterias de 4 aquários. Cada bateria foi composta de um aquário para o cultivo de camarões, um aquário destinado à sedimentação dos restos de ração e dejetos, um aquário para o cultivo de ostras e um aquário para o cultivo de macroalgas (Figura 1).

Aclimação à água salgada e estocagem dos camarões (*Litopenaeus vannamei*)

Um total de 30 camarões com peso médio de 2,8 g, provenientes de uma fazenda de carcinicultura em águas oligohalinas (3 g L⁻¹) localizada no distrito de Mundaú, no município de Trairí, distante 150 km de Fortaleza, foram estocados em um aquário com 30 L de água doce e submetidos à aclimação para água salgada. Para isso, em 1 L de água do próprio aquário foi adicionado sal de salina até que esta solução atingisse 45 g L⁻¹ e, em seguida, adicionada lentamente de volta ao aquário dos camarões. Este procedimento foi repetido a cada 15 minutos, resultando em um aumento gradativo da salinidade em 3 g L⁻¹ até a salinidade da água de cultivo dos camarões atingir 32 g L⁻¹. Após a aclimação, os camarões foram distribuídos em dois aquários com aeração constante e salinidade de 35 g L⁻¹ na densidade de 0,37 camarão L⁻¹. Durante o experimento os camarões foram alimentados, à vontade, três vezes ao dia, com ração comercial contendo 35% de PB.

Sedimentação

Nesta etapa foram utilizados dois aquários contendo 30 L de água salgada com salinidade de 35 g L⁻¹. Contudo, esses aquários não receberam nenhuma aeração para permitir a precipitação das partículas mais pesadas no fundo.

Ostras do mangue (*Crassostrea rhizophorae*)

As ostras utilizadas no presente trabalho foram oriundas da praia de Sabiaguaba, município de Aquiraz.

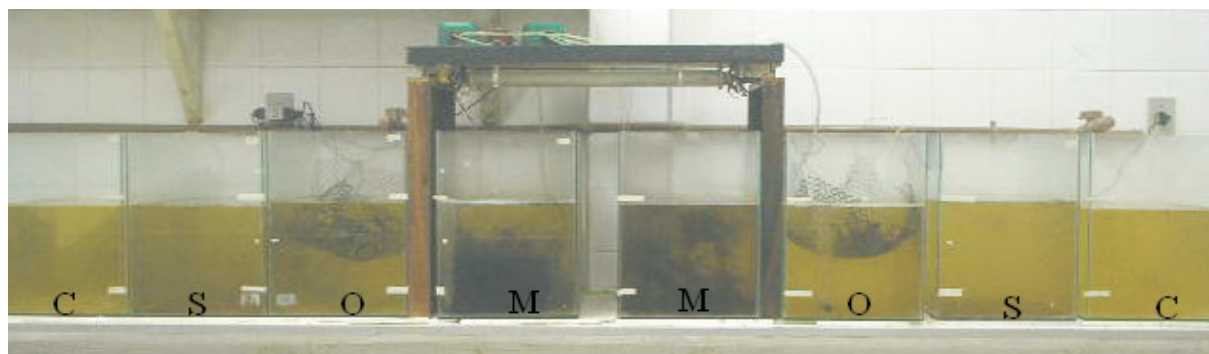


Figura 1 - Esquema frontal do sistema de aquicultura integrada utilizado durante o período experimental (C= camarões; S= sedimentação; O= ostras; M= macroalgas; SI= sistema de iluminação)

Um total de 120 ostras do mangue, *C. rhizophorae* foram coletadas e levadas imediatamente ao laboratório. No laboratório, as conchas dos animais foram bem lavadas e escovadas antes de serem estocadas nos aquários. Após a limpeza, as ostras foram igualmente distribuídas em dois aquários com volume útil de 30 L cada, aeração constante, salinidade de 35 g L⁻¹, na densidade de 2 ostras L⁻¹, sendo dispostas sobre uma tela plástica de 1,5 mm de malha com o objetivo de evitar o contato direto dos bivalves com o fundo dos aquários, o que poderia ocasionar danos ao sistema de filtração dos mesmos.

Macroalgas marinhas

As macroalgas marinhas vermelhas *Amansia multifida* e *Gracilaria cervicornis* foram coletadas na praia de Guajiru, município de Trairi. Após a coleta, as algas foram devidamente acondicionadas em caixas isotérmicas e imediatamente transportadas ao laboratório, onde foram lavadas e cuidadosamente separadas das epífitas e outros organismos. As algas foram estocadas juntas na concentração de 7,7 g L⁻¹, sendo 78,9% de *A. multifida* e 21,1% de *G. cervicornis* e distribuídas em dois aquários com aeração constante, contendo 30 L de água salgada com salinidade 35 g L⁻¹. Esses aquários receberam iluminação artificial fornecida por uma lâmpada fluorescente de 20 W a uma distância de 10 cm da lâmina d'água.

Procedimento experimental

O manejo experimental constou da transferência manual e seqüencial da água entre os aquários de cada bateria. Para isso, diariamente a água do aquário que continha as macroalgas foi drenada e armazenada em um tambor, a água das ostras foi transferida para o aquário das macroalgas e a água do aquário de sedimentação drenada para o aquário das ostras. Em seguida, a água dos camarões foi transferida para o aquário da sedimentação e, finalmente, a água que estava armazenada no tambor, proveniente das macroalgas, foi colocada no aquário dos camarões, os quais foram cultivados na mesma água

por um período de dois meses. Em um experimento preliminar foram utilizadas tilápias (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)) e 5 espécies de macroalgas marinhas: *Ulva fasciata* (Delile, 1813-1826), *Sargassum vulgare* (Collins, 1901), *Solieria filiformis* ((Kützing) Gabrielson, 1985), *Amansia multifida* e *Gracilaria cervicornis* com o objetivo de definir as espécies que mais se adaptassem às condições laboratoriais. Dessa forma, as algas vermelhas *A. multifida* e *G. cervicornis* foram escolhidas para compor o experimento e é importante salientar que este piloto teve duração de dois meses, sendo mantida a água para o experimento definitivo, totalizando quatro meses de cultivo de diferentes organismos na mesma água. No laboratório, foi estabelecido um fotoperíodo de aproximadamente 12 h de claro e 12 h de escuro, as análises das concentrações de amônia e turbidez foram realizadas quinzenalmente, já a pesagem dos organismos foi realizada semanalmente, enquanto os parâmetros físico-químicos salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente. Além disso, o crescimento dos camarões no sistema integrado foi comparado com o crescimento de camarões, do mesmo lote, cultivados no viveiro de origem.

Procedimentos analíticos

Os procedimentos analíticos utilizados para determinação das concentrações de amônia e níveis de turbidez foram realizados de acordo com o Standard Methods. (APHA; AWWA; WPCF, 1985).

Amônia (NH₃)

Para a determinação da concentração de amônia foi utilizado um espectrofotômetro de leitura direta HACH DR 2000 (APHA; AWWA; WPCF, 1985). Para isso, foram coletados 25 mL da água a ser analisada e adicionadas três gotas de álcool polivinílico, sendo a mistura agitada para que houvesse uma perfeita homogeneização. Posteriormente, foram acrescentadas 25 gotas de estabilizador mineral à amostra, a qual foi novamente

homogeneizada. Em seguida, 1 mL do reagente de Nessler foi adicionado à mistura, que foi mais uma vez agitada e deixada em repouso por um minuto (tempo de reação) para, finalmente, proceder-se a leitura da concentração de amônia total solúvel, utilizando um comprimento de onda de 425 nm, sendo os valores expressos em mg L⁻¹ (Método Nessler). Para tarar a leitura do aparelho, foi utilizado um “branco” com 25 mL de água destilada, adicionando-se os mesmos reagentes utilizados nas demais amostras.

Turbidez

A determinação da turbidez nas amostras de água também foi realizada através de espectrofotometria (APHA; AWWA; WPCF, 1985). Para isso, foram coletados 25 mL da água a ser analisada e a leitura foi efetuada em um comprimento de onda de 450 nm. Para tarar a leitura do espectrofotômetro, foi utilizado um “branco” com 25 mL de água destilada. Todos os resultados foram expressos em unidades de turbidez de formazina (UTF).

Temperatura e oxigênio dissolvido

Os parâmetros temperatura e oxigênio dissolvido foram medidos através de uma sonda digital, modelo YSI 55A fabricada pela Bernauer Aquacultura LTDA. O eletrodo da sonda foi introduzido diretamente na água de cada aquário e a leitura foi fornecida em °C e mg L⁻¹, respectivamente.

Salinidade

A salinidade foi medida mediante o uso de um refratômetro modelo S/MILL, fabricado pela Atago. Uma gota de cada amostra d'água foi colocada na superfície de leitura do aparelho e a salinidade foi expressa em g L⁻¹.

Análises dos dados

As médias dos resultados obtidos para as concentrações de amônia e turbidez da água, obtidas nas análises quinzenais das duas baterias do sistema integrado, foram submetidas a uma análise de variância com dois critérios (ANOVA), considerando o tempo decorrido entre cada análise como bloco e cada aquário como tratamento, posteriormente estas médias foram comparadas, duas a duas, utilizando o teste de Tukey, com nível de significância de 5% (BioEstat 4.0). Para comparar os pesos médios dos

camarões cultivados no sistema integrado com os pesos médios dos animais cultivados no viveiro de origem foi utilizado o teste *t* de Student, também com nível de significância de 5%.

Resultados e discussões

Amônia

Após a passagem da água pelo aquário de sedimentação, os valores de amônia sofreram uma elevação de 349,66%. Esses valores foram reduzidos em 74,13% após o tratamento da água com ostras e, dos valores restantes, 69,94% foi reduzido depois do tratamento com as macroalgas, apresentando uma redução total da concentração de amônia de 92,22% (Figura 2).

A análise de variância evidenciou que não houve diferenças significativas entre os valores quinzenais das concentrações de amônia, porém mostrou que estes valores são significativamente diferentes entre os tratamentos (*p* = 0,0016). A posterior comparação das médias, duas a duas, pelo teste de Tukey (*p* < 0,05)

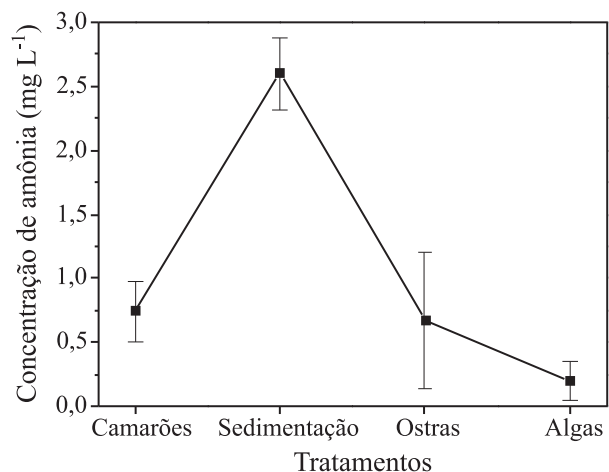


Figura 2 - Valores médios da concentração de amônia na água (mg L⁻¹), obtidos nos quatro tratamentos do experimento, utilizando camarões e as macroalgas *Amansia multifida* e *Gracilaria cervicornis*

Tabela 1 - Valores de média, desvio padrão, tamanho amostral e coeficiente de variação dos dados obtidos para as concentrações de amônia (C= camarões; S= sedimentação; O= ostras; M= macroalgas)

| | C | S | O | M |
|----|--------|--------|--------|--------|
| X | 0,743 | 2,598 | 0,672 | 0,202 |
| s | 0,237 | 0,280 | 0,530 | 0,153 |
| n | 3 | 3 | 3 | 3 |
| CV | 35,51% | 35,51% | 35,51% | 35,51% |

mostrou que apenas a redução de amônia realizada pelas macroalgas em relação à realizada pelas ostras não foi significativa (Figura 2, Tabela 1).

Os valores de amônia no aquário com os camarões são decorrentes principalmente de sua excreção e dos resíduos do arraçoamento. Segundo Esteves (1988) a excreção de amônia por animais aquáticos é uma das principais fontes deste composto para o ambiente aquático.

Como se pode observar, estes índices foram bastante elevados na etapa de sedimentação e reduzidos nas etapas posteriores. O aumento nos valores de amônia na etapa de sedimentação deve-se principalmente ao processo de amonificação realizado por bactérias amonificantes e o sedimento é o principal sítio de realização deste processo (ESTEVES, 1988). A elevada redução dos valores ao passar pelo tratamento com ostras, se deu devido à grande capacidade de filtração destes animais, os quais seqüestram a matéria orgânica em suspensão. Reduções significativas nos valores de concentração de nitrogênio total nos efluentes de carcinicultura foram observadas após a filtração por ostras, alcançando até 80%, dependendo da densidade de estocagem dos indivíduos (JONES; PRESTON, 1999). Em contrapartida, as ostras também liberam amônia através de suas excretas, tornando a elevada redução dos valores de amônia nesta etapa, um fato muito interessante. Segundo Cavalcante-júnior et al. (2005), em um sistema integrado com peixes (*Oreochromis niloticus*) e reuso de água, os valores de amônia foram reduzidos em 95,6% ao passarem pelo tratamento com ostras. Neste caso também, apesar da redução atingir 97,8% após o tratamento com a macroalga *G. caudata*, esta não diferiu significativamente do tratamento realizado pelas ostras. Por outro lado, Gurjão (2004) relatou uma redução de 17,3% na concentração de amônia de um efluente de ostras, após o tratamento pela macroalga *G. caudata*.

A elevada redução de amônia observada na água dos aquários das ostras (Figuras 2), também pode ser justificada pela presença de microalgas sésseis na superfície das conchas dos bivalves, pois, apesar das ostras terem sido escovadas, estes organismos continuaram a se desenvolver. Gurjão et al. (2005) mostrou que após o tratamento com ostras, oriundas de mesas de cultivo e sem microalgas, a concentração de amônia aumentou e a turbidez da água de um efluente de carcinicultura foi reduzida drasticamente. Uma elevação na concentração de amônia no tratamento com ostras isentas de microalgas, também foi observado por Costa e Farias (2005) em um sistema integrado com peixes recifais e macroalgas marinhas vermelhas. Assim, apesar das ostras terem sido escovadas, não foi possível a completa remoção de microalgas sésseis da superfície das conchas, as quais certamente foram responsáveis por parte da redução de amônia no sistema.

Apesar do tratamento com as macroalgas não ter apresentado diferença significativa em relação ao tratamento com as ostras, podemos observar que houve uma redução nos valores de amônia no sistema, evidenciando o poder de filtração biológica e capacidade de assimilação de nutrientes desses organismos. De acordo com Jones et al. (2001) cerca de 97,5% da concentração de amônia em um cultivo de ostras pode ser reduzida pelas macroalgas. Neori et al. (2000) mostraram que a macroalga *U. lactuca* foi capaz de reduzir, em 80%, os valores de amônia presentes nos efluentes de cultivo do peixe *Sparus aurata*. Outros relatos confirmam este poder de redução como o de Carmona et al. (2006), que observaram uma redução nos níveis de amônia de 70 a 100% em um cultivo integrado de peixes e macroalgas do gênero *Porphyra*. A macroalga marinha vermelha *Gracilaria lemaneiformis* também apresentou um bom poder de filtração, reduzindo os teores de nitrogênio e fósforo em um cultivo integrado com o peixe *Sebastes fuscescens* à taxas de 10,64 e 0,38 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de peso seco h^{-1} , respectivamente (ZHOU et al., 2006).

Turbidez

Os valores de turbidez da água dos camarões sofreram uma elevação de 175,99% após a etapa de sedimentação e uma redução de 56,25% após a água passar pelo tratamento com as ostras, sendo ainda reduzidos em 16,88% depois do tratamento com as macroalgas, apresentando uma redução total de 63,63%. (Figura 3).

A análise de variância evidenciou que não houve diferenças significativas entre os valores de turbidez obtidos nas análises quinzenais, porém mostrou que estes valores são significativamente diferentes entre os tratamentos ($p = 0,0294$) e o teste de Tukey ($p < 0,05$) mostrou que a redução de turbidez realizada pelas ostras e macroalgas em relação à sedimentação foi significativa (Figura 3,

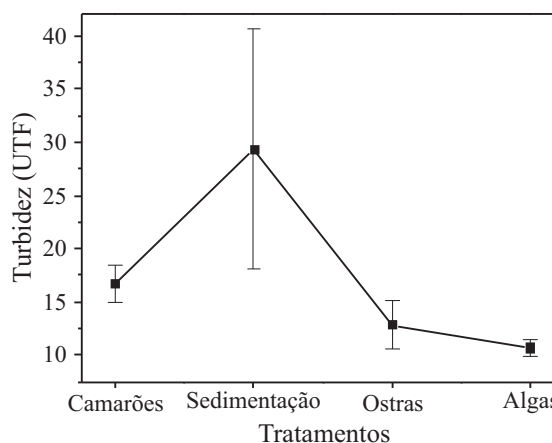


Figura 3 - Valores médios de turbidez (UTF), obtidos nos quatro tratamentos do experimento, utilizando camarões e as algas *Amansia. multifida* e *Gracilaria cervicornis*.

Tabela 2). Segundo Esteves (1988), a turbidez da água é a medida de sua capacidade em dispersar a radiação, sendo os principais responsáveis, as partículas suspensas tais como, bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos e, em menor proporção, os compostos dissolvidos.

Vários autores relataram que a sedimentação é uma etapa eficiente em reduzir a turbidez e os sólidos totais em suspensão proveniente de cultivos de organismos

Tabela 2 - Valores de média, desvio padrão, tamanho amostral e coeficiente de variação dos dados obtidos para os níveis de turbidez (C= camarões; S= sedimentação; O= ostras; M= macroalgas)

| | C | S | O | M |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| \bar{X} | 16,667 | 29,333 | 12,833 | 10,667 |
| s | 1,756 | 11,295 | 2,255 | 0,764 |
| n | 3 | 3 | 3 | 3 |
| CV | 33,5% | 33,5% | 33,5% | 33,5% |

marinhos. Jones et al. (2002) observaram um decréscimo de 87% na turbidez de efluentes de cultivo do camarão *Penaeus japonicus*, após 24 h de sedimentação. Jackson et al. (2003) relataram que bacias de sedimentação foram eficientes em reduzir 60% dos sólidos em suspensão de um efluente de carcinicultura ao passar por 17 h de tratamento. Esses dados contrastam com os obtidos neste trabalho já que a etapa de sedimentação contribuiu para o aumento da turbidez (Figura 3). No entanto, nos trabalhos supracitados, os efluentes foram oriundos de viveiros de cultivo, os quais também possuem muitos sedimentos inorgânicos (areia, lama) que são suspensos durante a movimentação da água. Neste trabalho, só havia sedimentos orgânicos (restos de ração e fezes) que, ao se dissolverem na água, durante a etapa de sedimentação, contribuíram para a elevação da turbidez.

O tratamento da água com as ostras foi bastante eficiente em reduzir significativamente os valores de turbidez, confirmando ainda mais o alto poder de filtração desses animais. Esses resultados estão de acordo com os observados por Jones et al. (2002), que constataram uma redução de 75% na turbidez de efluentes de carcinicultura, após 24 horas de filtração por ostras e por Lefebvre et al. (2000), que obtiveram uma redução de 56% na turbidez de um efluente de cultivo do peixe *Dicentrarchus labrax*, após a filtração por ostras da espécie *Crassostrea gigas*. Segundo Cavalcante-júnior et al. (2005), os valores de turbidez, oriundos de um cultivo de tilápias vermelhas em laboratório, foram reduzidos em 85,5% após passarem pelo tratamento com as ostras da espécie *C. rhizophorae*.

Salinidade, oxigênio dissolvido e temperatura

A fim de evitar grandes variações que pudessem prejudicar os organismos cultivados, no decorrer de todo o experimento, a salinidade, o oxigênio dissolvido e a temperatura foram monitorados diariamente.

No decorrer de todo o experimento, a salinidade foi mantida em torno de 35 g L⁻¹. Segundo Arana (2004), a salinidade considerada ideal para o cultivo do *L. vannamei* varia entre 15 a 25 g L⁻¹ porém esta espécie pode ser cultivada com êxito em salinidades maiores ou menores do que as ideais.

Barbieri Júnior e Ostrensky Neto (2002) afirmam que o oxigênio é o mais vital dos elementos necessários para a vida dos camarões e de qualquer organismo que respire nos viveiros, e que a necessidade deste gás varia de acordo com a espécie a ser cultivada, o seu estágio de vida e as condições de cultivo, no caso dos camarões, estes preferem concentrações acima de 4,0 mg L⁻¹. No aquário dos camarões, ostras e macroalgas o valor do oxigênio dissolvido variou entre 5,0 e 6,0 mg L⁻¹ enquanto no aquário da sedimentação, por não haver aeração adicional, este valor variou entre 0,4 e 0,8 mg L⁻¹.

A temperatura ideal para cultivos de *L. vannamei* está situada entre 25 e 30 °C (BARBIERI JÚNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002). A temperatura durante todo o experimento permaneceu entre 27 ± 1 °C.

Desenvolvimento dos camarões

O desenvolvimento dos camarões foi bastante favorável, tendo sido observado um incremento em seu peso inicial de 242,1% ao longo de dois meses, resultando em um crescimento médio diário de 3,1% que correspondeu a aproximadamente 0,63 g semana⁻¹, não diferindo significativamente ($t = 0,73058$; $p = 0,48362$) do crescimento dos animais cultivados no viveiro de origem, onde foi registrado um incremento de 272,7% no peso médio inicial dos camarões, ao longo do mesmo período, ou seja de dois meses de monocultivo comercial, correspondendo a uma taxa de crescimento de 3,9% dia⁻¹ e ganho de peso semanal de 0,77 g (Figura 4).

Na carcinicultura comercial intensiva de *L. vannamei* o crescimento semanal considerado normal é de 0,6 a 0,8 g, com renovação periódica da água de cultivo. Assim, o crescimento obtido no sistema integrado foi muito bom, visto que foi utilizada a mesma água por um período de quatro meses (considerando o experimento piloto) sem nenhuma renovação adicional, sendo apenas recirculada entre os aquários do sistema a cada 24 horas. Este fato foi possível devido à grande redução dos níveis de amônia e turbidez no sistema integrado, realizada pelas ostras do mangue e complementada pelas macroalgas, o que gerou uma água de boa qualidade para o cultivo dos camarões.

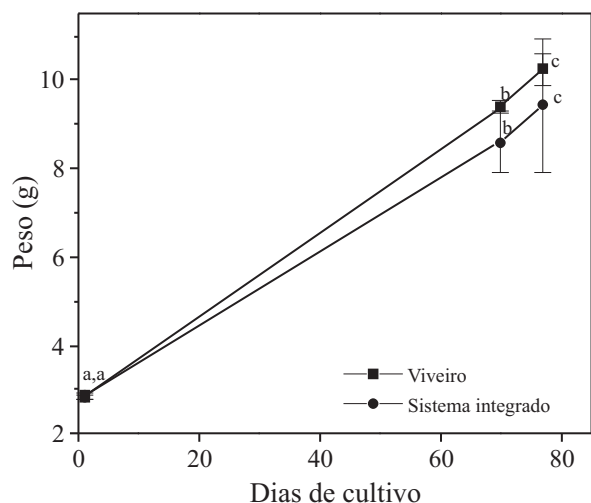


Figura 4 - Pesos médios dos camarões cultivados no sistema integrado e em um viveiro de carcinicultura. Letras iguais ao longo das curvas indicam ausência de diferença significativa ao nível de 5%.

É importante também destacar que, nos viveiros, os camarões contavam com uma boa oferta de alimento natural, o que não ocorreu em laboratório, onde os animais somente foram alimentados com ração comercial. Soma-se ainda a este fato, o estresse sofrido pelos indivíduos, no laboratório, durante a aclimação à água salgada, onde os animais passaram de uma salinidade de 3 para 35‰, em um curto período de 7 h.

Conclusão

Após a realização deste trabalho, pode-se concluir que o estabelecimento de um sistema de aquíicultura integrada com camarões, sedimentação, ostras e macroalgas marinhas foi capaz de reduzir os elevados valores de amônia e turbidez gerados pelo processo de amonificação na etapa de sedimentação. Essa redução foi mais evidenciada após o tratamento da água pelas ostras que praticamente reduziram toda a amônia gerada no sistema, restando muito pouco para ser assimilado pelas macroalgas.

Desta forma, a aquíicultura integrada pode ser considerada uma ferramenta eficaz para a sustentabilidade da carcinicultura intensiva, pois melhora a qualidade de água e permite que esta possa ser recirculada sem prejuízos aos organismos cultivados. Este fato pode ser comprovado pelo excelente desenvolvimento dos camarões no sistema, os quais não apresentaram diferenças significativas do crescimento dos indivíduos cultivados no viveiro de origem.

Referências

- APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 16. ed. Washington: DC, 1985. 1268 p.
- ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquíicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2004. 231 p.
- BARBIERI JÚNIOR, R. C.; OSTRENSKY NETO, A. **Camarões Marinhos: engorda**. Viçosa: Aprenda fácil, 2002. 370 p.
- CARMONA, R.; KRAEMER, G.P.; YARISH, C. Exploring Northeast American and Asian species of *Porphyra* for use in an integrated finfish-algal aquaculture system. **Aquaculture**, v. 252, n. 01, p. 54-65, 2006.
- CAVALCANTE JÚNIOR, W. et al. Reuso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, p. 118-122, 2005.
- CHOPIN, T. et al. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: A key toward sustainability. **Journal of Phycology**, v. 37, n. 06, p. 975- 986, 2001.
- COSTA, D. L. M. ; FARIAS, W. R. L. . Ensaio preliminares sobre o cultivo integrado do peixe recifal marinho *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758), ostra do mangue *Crassostrea rhizophorae* e da macroalga marinha vermelha *Gracilaria caudata*, em laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 14., 2005, Fortaleza. **Anais... do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca**. Fortaleza: LM Consult. 2005. 1 CD
- ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1988. 575 p.
- FAO **State of World Aquaculture 2006**. Inland Water Resources and Aquaculture Service, Rome, 2006. 134 p. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0874e/a0874e00.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2006.
- GURJÃO, L. M. **Uso integrado de sedimentação, ostras e macroalgas para tratamento de efluente de carcinicultura**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- GURJAO, L. M.; COSTA, D. L. M.; FARIAS, W. R. L. Tratamento de efluente de carcinicultura com sedimentação, ostras e macroalgas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 14., 2005, Fortaleza. **Anais... do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca**. Fortaleza: LM Consult. 2005. 1 CD.
- JACKSON, C. J. et al. Managing the development of sustainable shrimp farming in Australian: the role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water. **Aquaculture**, v. 226, n. 01-04, p. 23-34, 2003.
- JONES, A. B.; DENNISON, W. C.; PRESTON, N. P. Integrated treatment of shimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. **Aquaculture**, v. 193, n. 01-02, p. 155-178, 2001.

JONES, A. B.; PRESTON, N. P. Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughley), filtration of shrimp farm effluent: the effects on water quality. **Aquaculture Research**, v. 30, n. 01, p. 51-57, 1999.

JONES, A. B.; PRESTON, N. P.; DENNISON, W. C. The efficiency and condition of oysters and macroalgae used as biological filters of shrimp pond effluent. **Aquaculture Research**, v. 33, n. 01, p. 1-19, 2002.

LEFEBVRE, S.; BARILLÉ, L.; CLERC, M. Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent. **Aquaculture**, v. 187, n. 01-02, p. 185- 198, 2000.

MENDIGUCHÍA, C. et al. Preliminary investigation on the enrichment of heavy metals in marine sediments originated from intensive aquaculture effluents. **Aquaculture**, v. 254, n. 01-04, p. 317-325, 2006.

NEORI, A. et al. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern aquaculture. **Aquaculture**, v. 231, n. 01-04, p. 361–391, 2004.

NEORI, A.; SPHIGEL, M.; BEN-EZRA, D. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. **Aquaculture**, v. 186, n. 03-04, p. 279-291, 2000.

PÁEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVÁN, S. R.; RUIZ-FERNANDEZ, A. C. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 36, n. 01, p. 65-75, 1998.

ZHOU, Y. et al. Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of North China. **Aquaculture**, v. 252, n. 02-04, p. 264-276, 2006.