



Reúso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas

Valdemar Cavalcante Júnior¹; Leilamara do N. Andrade¹; Leiliana N. Bezerra¹;
Lívio M. de Gurjão² & Wladimir R. L. Farias¹

¹DEP/CCA/UFC - Av Mister Hull S/N. CEP 60.455-460, Fortaleza, CE. Fone: (85) 4008 9722, Fax (85) 4008 9420.
E-mail: valdemarcavalcante@uol.com.br; leilamaraandradea@yahoo.com.br; leiliananb@bol.com.br; wladimir@ufc.br
²IBAMA, Visconde do Rio Branco 3900. CEP 60.055-172, Fortaleza, CE. Fone: (85) 3272 1600. E-mail: livgurjao@yahoo.com

Protocolo 60

Resumo: Os efluentes de cultivo intensivo contêm elevadas concentrações de nutrientes dissolvidos, principalmente amônia, além de outros sólidos em suspensão. Com este trabalho, objetivou-se utilizar a aquicultura integrada com sedimentação, ostras e macroalgas para melhorar a qualidade da água proveniente de um cultivo de tilápias em água salgada. A água dos peixes foi distribuída em três aquários para sedimentação durante 24 horas; em seguida, a água foi transferida para três aquários com ostras, pelo mesmo período, ou seja, 24 h; posteriormente, a água das ostras foi transferida para três aquários com macroalgas, também por 24 h; finalmente, a água das macroalgas retornou para os aquários com os peixes. Após duas semanas, avaliaram-se, diariamente, a turbidez da água e as concentrações de amônia, nitrato, nitrito e fosfato. O sistema foi eficiente em reduzir significativamente a turbidez e os níveis de amônia e fosfato da água. Os níveis de nitrato e nitrito só foram reduzidos após a maturação dos aquários de sedimentação.

Palavras-chave: aquicultura, recirculação, nutrientes

Water reuse in an integrated system with fishes, sedimentation, oysters and macroalgae

Abstract: Intensive culture effluents have high levels of dissolved nutrients, mainly ammonia, as well as suspended solids. The objective of this work was to use integrated aquaculture with fishes, sedimentation, oysters and macroalgae to improve water quality from a salt water tilapia culture. The fish effluent was distributed in three sedimentation aquariums for a period of 24 h. Then, the water was transferred to three oysters aquariums for another 24 h period. Later, the oyster water was transferred to three macroalgae aquariums for another 24 h. Finally, macroalgae water returned to the fish aquariums. After two weeks, water turbidity and ammonia, nitrate, nitrite and phosphate concentrations were determined daily. The system was efficient to significantly reduce turbidity and ammonia and phosphate water levels. Nitrate and nitrite levels were only reduced after maturation of the sedimentation aquariums.

Key words: aquaculture, recirculation, nutrients

INTRODUÇÃO

A Organização dos Estados Americanos para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2002) estima que em 2020 mais de 50% da produção de pescado deverão provir da aquicultura, devido ao grande crescimento da população humana, ao crescente aumento da demanda por frutos do mar e ao declínio ou estagnação do pescado proveniente da pesca. Por outro lado, em muitos países a aquicultura intensiva tem destruído a vegetação costeira, tornando o solo salino e

poluindo os cursos d'água adjacentes aos cultivos (Phillips et al., 1993). Uma expansão posterior, utilizando as tecnologias adotadas atualmente, não é justificável nem sustentável e, para que a meta de produção de frutos do mar através da aquicultura seja alcançada, a única alternativa é desenvolver novas tecnologias que utilizem menos espaço e produzam o mínimo de impactos ambientais (Jones, 1999).

O uso de moluscos bivalves filtradores, como as ostras, para consumir fitoplâncton, zooplâncton e bactérias (Lin et al., 1993) e macroalgas para absorver os nutrientes dissolvidos

(Haines, 1975) são alternativas eficientes e economicamente viáveis para melhorar a qualidade da água descarregada pelos efluentes de cultivo (Hopkins et al., 1993; Lin et al., 1993). As macroalgas podem absorver grandes quantidades de nutrientes dissolvidos (orgânicos e inorgânicos), geralmente com preferência para a amônia (Haines & Wheeler, 1978; Hanisak & Harlin, 1978; Harlin, 1978). A habilidade das macroalgas em absorver rapidamente nutrientes para seu crescimento e acumulá-los como reserva na forma de aminoácidos e pigmentos, as tornam ideais para seqüestrar os nutrientes de efluentes provenientes da aquicultura (Haines, 1975).

Dando continuidade aos estudos de reúso de águas provenientes de cultivos intensivos, objetivou-se, com este trabalho, utilizar a aquicultura integrada com sedimentação, ostras e macroalgas para melhorar a qualidade da água proveniente de um cultivo de tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*, variedade Chitralada aclimatadas à água salgada.

MATERIAL E MÉTODOS

Procedimento experimental

Inicialmente, 12 aquários de 30 L foram abastecidos com água salgada com salinidade de 30 ‰. Diariamente, a água procedente de três aquários com tilápias, *Oreochromis niloticus* (0,2 peixes L⁻¹), foi homogeneizada em uma caixa de fibra de vidro de 500 L e distribuída em três aquários para sedimentação; a água dos aquários de sedimentação foi transferida para três aquários povoados com ostras da espécie *Crassostrea rhizophorae* (1,3 ostras L⁻¹); a água dos aquários de ostras foi transferida para três aquários contendo macroalgas da espécie *Gracilaria caudata* (23,3 g L⁻¹) e a água das macroalgas retornou aos aquários dos peixes, permanecendo por mais 24 h até o início de um novo ciclo. Todo o procedimento foi realizado manualmente começando com a drenagem da água dos aquários de macroalgas, seguida da transferência da água das ostras para as macroalgas, da água de sedimentação para as ostras, da água dos peixes para sedimentação e, finalmente, da água das macroalgas para os peixes.

Após duas semanas de recirculação, analisaram-se, a cada 24 h, os parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade, turbidez, amônia, nitrato, nitrito e fosfato. Assim, no primeiro dia foi analisada a água dos peixes, no segundo a água de sedimentação, no terceiro a água das ostras e no último dia foi analisada a água das macroalgas. Para controle do experimento, utilizou-se um aquário com água sem tratamento, durante o mesmo período. A utilização de apenas um aquário para a água não tratada é considerada suficiente baseada na baixa variabilidade dos parâmetros mencionados, em uma água submetida apenas a uma forte aeração (Jones et al., 2001). Todos os aquários receberam aeração constante com exceção dos aquários destinados à sedimentação. Os aquários povoados com as macroalgas receberam iluminação adicional através de duas lâmpadas fluorescentes de 40 W, tipo luz do dia, com iluminância de aproximadamente 1.760 Lux, fotoperíodo de 12L:12E (luz:escuro) e a temperatura da sala de cultivo se manteve em 29 ± 2 °C. Durante o experimento, os peixes foram alimentados, *ad libitum*, com ração comercial contendo 35% de proteína bruta. A temperatura, a salinidade e a iluminância

foram medidas com a utilização de um termômetro de imersão, um refratômetro e um luxímetro digital, respectivamente. Os demais parâmetros foram determinados, diretamente, em um espectrofotômetro HACH DR 2000.

Análises estatísticas

As médias obtidas nas determinações de turbidez, amônia, nitrato, nitrito e fosfato foram submetidas a uma análise de variância com fator único (ANOVA) e posteriormente a um teste t independente, para médias. Para todas as análises, um nível de significância de 5% foi considerado relevante.

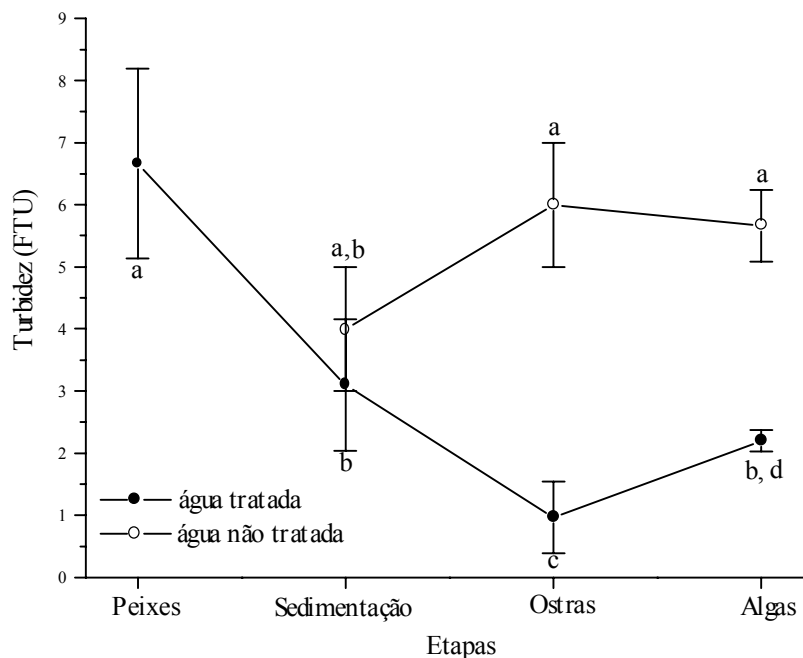
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Turbidez

Diferenças significativas foram constatadas entre as médias de turbidez obtidas em todos os tratamentos, exceto entre os tratamentos com ostras e algas. A turbidez da água não tratada não apresentou diferença significativa em relação à água dos peixes, ou submetida à sedimentação, mais foi significativamente superior a registrada nos tratamentos com ostras e algas (Figura 1). A turbidez da água foi reduzida em 53,7% após a etapa de sedimentação. Jones et al. (2002) reportaram um decréscimo de 87% na turbidez do efluente de cultivo de *Penaeus japonicus*, após 24 h de sedimentação. Jackson et al. (2003) relataram que a utilização de bacias de sedimentação diminuiu em 60% os sólidos em suspensão de um efluente de carcinicultura, após 17 h de tratamento, e Gurjão (2004) mostrou que a sedimentação foi responsável por uma redução de 30% da turbidez de um efluente de cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei*. No presente estudo, o índice de redução da turbidez atingiu 85,5%, após filtragem pelas ostras. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Jones et al. (2002) que observaram redução de 75% na turbidez de um efluente de carcinicultura, após 24 horas de filtração por ostras. Jones & Preston (1999) constataram que as ostras foram bastante eficientes na redução de sólidos em suspensão, variando de 51 a 20%, de acordo com a densidade de estocagem dos bivalves. Gurjão (2004) reportou uma redução de 73% após o tratamento de um efluente com ostras.

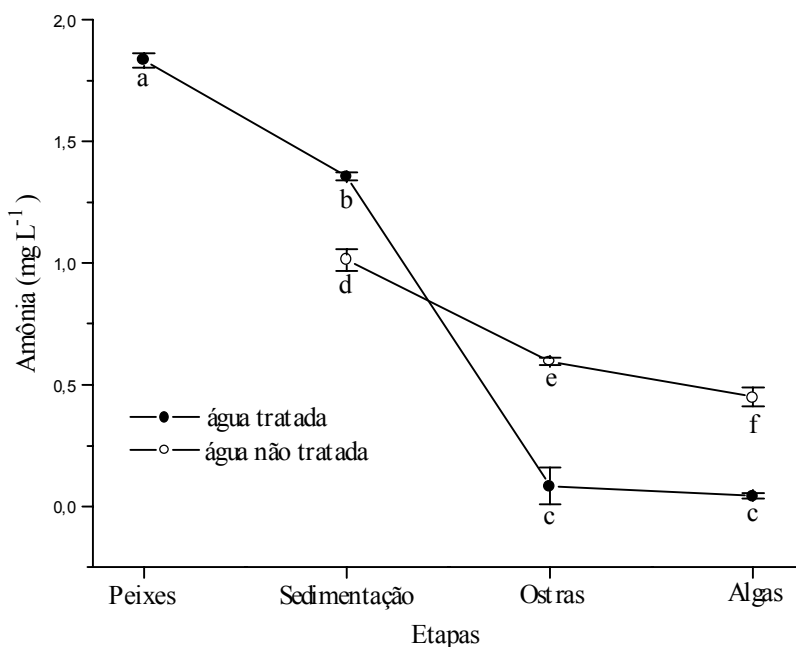
Amônia

Observaram-se diferenças significativas entre os valores médios de amônia obtidos em todos os tratamentos, exceto entre os tratamentos com ostras e algas. Os valores médios de amônia para a água não tratada foram significativamente maiores que os obtidos nos tratamentos com ostras e algas e significativamente menores que os obtidos durante a etapa de sedimentação e no cultivo dos peixes (Figura 2). A redução dos valores de amônia da água não tratada se deu graças à forte aeração e à ausência de organismos animais. Os valores elevados de amônia no cultivo dos peixes e na etapa de sedimentação foram decorrentes da sua excreção e restos de ração que, ao serem decompostos, contribuem para os processos de amonificação (Esteves, 1998). Os valores de amônia foram reduzidos em 25,7% após a sedimentação, em 95,6% após filtragem pelas ostras e em 97,8% após tratamento com as algas. A elevada redução nos valores de amônia no



Letras diferentes nas barras de erro indicam diferença significativa a nível de 5%

Figura 1. Valores médios da turbidez da água (FTU) obtidos nas várias etapas do experimento (peixes, sedimentação, ostras e algas)



Letras diferentes nas barras de erro indicam diferença significativa a nível de 5%

Figura 2. Valores médios da concentração de amônia da água (mg L^{-1}) obtidos nas várias etapas do experimento (peixes, sedimentação, ostras e algas)

tratamento com as ostras foi surpreendente visto que, assim como a maioria dos organismos aquáticos, as ostras liberam amônia como excreta nitrogenada (Ruppert & Barnes, 1996). Desta forma, previa-se um ligeiro aumento nos valores de amônia no tratamento com as ostras, como evidenciado por Jones et al. (2001) e Gurjão (2004). Por outro lado, existem relatos de uma redução significativa na concentração de nitrogênio total de efluentes após a filtração por ostras, alcançando até 80%, dependendo da densidade de estocagem dos indivíduos

(Jones & Preston, 1999). Jones et al. (2001) também evidenciaram redução de 52,4% no teor de nitrogênio total após a filtração de efluente de carcinicultura por ostras. Não se constataram, porém, diferenças significativas entre os teores de amônia nos tratamentos com ostras e algas. Na realidade, a concentração de amônia após o tratamento com as ostras já estava muito baixa, restando bem pouco para ser absorvido pelas macroalgas. As macroalgas podem reduzir, em cerca de 97,5%, as concentrações de amônia provenientes de um cultivo de ostras

(Jones et al., 2001) mas, Gurjão (2004) relata uma redução de apenas 17,3% após o tratamento de efluente de ostras por macroalgas. A grande redução na concentração de amônia pelas ostras também pode ser explicada pelo elevado sequestro da matéria orgânica em suspensão, tornando-a indisponível para a geração de amônia.

Nitrito, nitrato e fosfato

Os valores de fosfato (Tabela 1) foram significativamente maiores nos aquários de sedimentação e reduzidos em 56,1% após o tratamento com as ostras, e em 77,6% após o tratamento com as algas. As macroalgas são capazes de reduzir os compostos fosfatados através da assimilação desses nutrientes (Neori et al., 1998; Demetropoulos & Langdon, 2004; Neori et al., 2004).

Os valores médios das concentrações de nitrato (Tabela 1) da água tratada nas diferentes etapas do experimento, não apresentaram diferenças significativas; além disso, os valores médios obtidos foram bastante elevados, alcançando 11,47 mg L⁻¹ no tratamento com as ostras. Por outro lado, os valores se elevaram gradativamente na água não tratada e foram significativamente superiores após 24 e 48 h de ausência de tratamento. Com relação à concentração de nitrito, não ocorreu diferença significativa entre os valores obtidos nos aquários dos peixes, na sedimentação nem nos aquários com as algas. No entanto, nos aquários com as ostras a concentração de nitrito foi significativamente superior, atingindo 17,23 mg L⁻¹. Após o tratamento com as algas, o teor de nitrito foi reduzido em cerca de 36,6%, sendo significativamente inferior ao obtido no tratamento com as ostras. A água não tratada apresentou valores crescentes no teor de nitrito, atingindo um valor máximo de 13,03 mg L⁻¹ após 48 horas, sendo significativamente superior aos obtidos nos aquários dos peixes, na sedimentação e no tratamento com as algas.

Tabela 1. Valores médios e desvios (n = 3) das concentrações de nitrato, nitrito e fosfato presentes nas águas tratadas e não tratadas. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa a nível de 5%

Etapas	Nitratos (mg L ⁻¹)	Nitritos (mg L ⁻¹)	Fosfatos (mg L ⁻¹)
Peixes	10,70 ± 0,06 a	9,03 ± 0,06 a	0,17 ± 0,02 a
Sedimentação não tratada	9,29 ± 0,97 a 9,67 ± 0,21 a	7,63 ± 2,16 a 9,35 ± 0,05 a	1,07 ± 0,30 b 0,43 ± 0,01 c
Ostras não tratada	11,47 ± 1,19 a 12,80 ± 0,53 b	17,23 ± 2,11 b 10,23 ± 0,10 c	0,47 ± 0,04 c 0,32 ± 0,01 d
Algas não tratada	9,96 ± 0,98 a 15,03 ± 0,15 d	10,93 ± 1,40 a 13,03 ± 0,13 d	0,24 ± 0,01 e 0,70 ± 0,02 f

De maneira geral, os valores de nitrato e nitrito foram bastante elevados na água tratada o que denota um acúmulo desses compostos no sistema após duas semanas de recirculação. Como o nitrito é o produto intermediário da transformação da amônia em nitrato (Esteves, 1998; Horne & Goldman, 1994), esses altos valores de nitrito podem estar relacionados com o processo de nitrificação, já que no

tratamento com ostras a amônia foi reduzida em 95,6%. Este acúmulo ocorreu devido, possivelmente, ao não estabelecimento de uma completa comunidade bacteriana, já que a água dos aquários era recirculada a cada 24 h e o sedimento dos aquários de sedimentação não foi mantido. Para testar esta hipótese, uma das repetições do experimento foi mantida por mais duas semanas e utilizados os mesmos indivíduos e uma nova água. Nesta ocasião, o sedimento do aquário de sedimentação foi mantido, sendo recirculados cerca de 90% da água de cada aquário e os valores de nitrato e nitrito foram novamente avaliados (Tabela 2). Como se pode observar há, realmente, uma tendência ao acúmulo de nitrato e nitrito no sistema. Esta tendência não havia ainda sido reportada em trabalhos de aquicultura integrada. Na realidade, alguns autores utilizaram o sistema integrado por, no máximo, 80 h, não detectando o aumento de nitrato e nitrito (Jones et al., 2001; Gurjão, 2004). Por outro lado, os autores que utilizaram o sistema

Tabela 2. Valores médios (n = 3) da concentração de nitrato e nitrito em todas as etapas do experimento (peixes, sedimentação, ostras e algas)

Etapas	Nitratos (mg L ⁻¹)		Nitritos (mg L ⁻¹)	
	1ª semana	2ª semana	1ª semana	2ª semana
Peixes	7,2 ± 0,06	11,1 ± 0,15	1,26 ± 0,04	6,04 ± 0,02
Sediment	4,4 ± 0,05	4,9 ± 0,06	1,08 ± 0,04	0,025 ± 0,001
Ostras	4,7 ± 0,06	11,1 ± 0,30	1,90 ± 0,08	12,9 ± 0,06
Algas	4,3 ± 0,06	7,8 ± 0,10	0,79 ± 0,02	9,4 ± 0,02

por um tempo mais prolongado, dosaram apenas amônia e não nitratos e nitritos (Neori et al., 1998; Neori et al., 2000). No entanto, após 2 semanas de maturação, o aquário de sedimentação conseguiu reduzir em 55,9% os teores de nitrato provenientes do aquário com os peixes, contra 38,9% de redução após a 1ª semana. No caso do nitrito, esta redução foi mais marcante, chegando a 99,6% após 2 semanas de recirculação, contra apenas 14,3% de redução na 1ª semana (Tabela 2). Desta forma, foi necessária a manutenção do sedimento, durante duas semanas de recirculação, para o completo estabelecimento da comunidade bacteriana no aquário de sedimentação.

CONCLUSÕES

1. O sistema integrado de aquicultura utilizando peixes, sedimentação, ostras e macroalgas foi bastante eficaz na redução da turbidez e das concentrações de amônia e fosfato da água;

2. A transferência sequencial da água no sistema acumulou altos níveis de nitrito e nitrato. Este acúmulo teve, como origem, o tratamento com as ostras;

3. Após a maturação do aquário de sedimentação, os níveis de nitrito e nitrato foram significativamente reduzidos.

LITERATURA CITADA

- Demetropoulos, C.L.; Langdon, C.J. Enhanced production of Pacific dulse (*Palmaria mollies*) for co-culture with abalone in land-based system: nitrogen, phosphorus and trace metal nutrition. *Aquaculture*, Amsterdam, v.235, n.1-4, p.433-455, 2004.
- Esteves, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998. 602p.
- FAO. Yearbook fishery statistics: Aquaculture production 2000. v. 90/2. Rome: FAO, 2002. 182p.
- Gurjão, L.M. Uso integrado de sedimentação, ostras e macroalgas para tratamento de efluente de carcinicultura. Fortaleza: UFC, 2004. 92p. Dissertação Mestrado
- Haines, K.C. Growth of the carrageenin-producing tropical red seaweed *Hypnea musciformis* in surface water, 870 m deep water, effluent from a clam mariculture system, and in deep water enriched with artificial fertilisers or domestic sewage. In: 10th European Symposium on Marine Biology, 1975, Ostend, Belgium. Abstracts....Ostend: 1975, p.207-220.
- Haines, K.C.; Wheeler, P.A. Ammonium and nitrate uptake by the marine macrophytes *Hypnea musciformis* (Rhodophyta) and *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta). *Journal of Phycology*, Lawrence, v.14, n.3, p.319-324, 1978.
- Hanisak, M.D.; Harlin, M.M. Uptake of inorganic nitrogen by *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* (Chlorophyta). *Journal of Phycology*, Lawrence, v.14, n.4, p.450-454, 1978.
- Harlin, M.M. Nitrate uptake by *Enteromorpha* spp. (Chlorophyceae): Applications to aquaculture systems. *Aquaculture*, Amsterdam, v.15, n.4, p.373-376, 1978.
- Hopkins, J.S.; Hamilton II, R.D.; Sandifer, P.A.; Browdy, C.L. The production of bivalve mollusks in intensive shrimp ponds and their effect on shrimp production and water quality. *World Aquaculture*, Louisiana, v.24, n.2, p.74-77, 1993.
- Home, A.J.; Goldman, C.R. Limnology. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1994. 576p.
- Jackson, C.J.; Preston, N.; Burford M.A.; Thompson, P.J. Managing the development of sustainable shrimp farming in Australia: the role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water. *Aquaculture*, Amsterdam, v.226, n.1-4, p.23-34, 2003.
- Jones, A.B. Environmental Management of Aquaculture Effluent: Development of Biological Indicators and Biological Filters. Queensland: University of Queensland, 1999, 238p. Tese Doutorado
- Jones, A.B.; Dennison, W.C.; Preston, N.P. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture*, Amsterdam, v.193, n.1-2, 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*, Oxford, v.30, n.1, 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*, Oxford, v.33, n.1, p.1-19, 2002.
- Lin, C.K.; Ruamthaveesub, P.; Wanuchsoontorn, P. Integrated culture of the green mussel (*Perna viridis*) in wastewater from an intensive shrimp pond: concept and practice. *World Aquaculture*, Louisiana, v.24, n.2, p.68-73, 1993.
- Neori, A.; Chopin, T.; Troell, M.; Buschmann, A.H.; Kraemer, G.P.; Halling, C.; Shpigel, M.; Yarish, C. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern aquaculture. *Aquaculture*, Amsterdam, v.231, n.1-4, p.361-391, 2004.
- Neori, A.; Ragg, N.L.C.; Shpigel, M. The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: II. Performance and nitrogen partitioning within an abalone (*Haliotis tuberculata*) and macroalgae culture system. *Aquacultural Engineering*, Oxford, v.17, n.4, p.215-239, 1998.
- Neori, A.; Shpigel, M.; Ben-Ezra, D. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, Amsterdam, v.186, n.3-4, p.279-291, 2000.
- Phillips, M.J.; Lin, C.K.; Beveridge, M.C.M. Shrimp culture and the environment -lessons from the world's most rapidly expanding warmwater aquaculture sector. In ICLARM Conference, 1993, Manila. Abstracts....Manila: 1993, p.171-197.
- Ruppert, E.E.; Barnes, R.D. Zoologia dos invertebrados. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Roca Ltda, 1996. 1029p.