

Concentrações de amônia, nitrito e nitrato em larvicultura do camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), realizada em sistema fechado com água salobra natural e artificial

Wagner Cotroni Valenti* e Margarete Mallasen

Centro de Aqüicultura da Unesp, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência.

RESUMO. Avaliou-se o efeito da água salobra natural e artificial e da sua utilização em dois cultivos consecutivos sobre as concentrações de amônia, nitrito e nitrato, em sistema fechado de larvicultura de *M. rosenbergii* (Crustacea, Decapoda). A amônia oscilou entre 1,1 e 74,0 µg/l e o nitrito entre 1,1 e 34,6 µg/l; estes não diferiram entre os tipos de água analisados. A concentração de nitrato (N) aumentou ao longo do tempo (T) de forma similar na água natural e artificial, seguindo um modelo linear ($N = 0,241T - 0,734$). Os resultados indicaram que a água salobra artificial não alterou o processo de nitrificação, tampouco o comportamento das principais variáveis ambientais. A reutilização da água também não produziu nenhum efeito negativo sobre essas variáveis. A fórmula de água do mar artificial aqui apresentada pode ser, portanto usada em sistemas de recirculação para a produção de pós-larvas de *M. rosenbergii* em até dois cultivos consecutivos.

Palavras-chave: *Macrobrachium*, larvicultura, amônia, nitrito, nitrato e sistema fechado.

ABSTRACT. Ammonia, nitrite and nitrate concentrations in a recirculating *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) hatchery, performed with natural and artificial brackish water. Variations of ammonia, nitrite and nitrate in a recirculating *M. rosenbergii* (Crustacea, Decapoda) hatchery, reusing natural and artificial brackish water, in two successive cultures, were studied. Ammonia and nitrite values oscillated between 1.1 to 74.0 µg/l and 1.1 to 34.6 µg/l, respectively, and did not differ among the tested water types. Nitrate concentrations (N) increased similarly with time (T), according to a linear model ($N = 0,241T - 0,734$) with both natural and artificial water. Data suggested that the use and reuse of the artificial water did not affect the nitrification process. Therefore, it can be used in recirculating systems for *M. rosenbergii* hatchery.

Key words: *Macrobrachium*, hatchery, ammonia, nitrite, nitrate, closed system.

Introdução

Macrobrachium rosenbergii (De Man, 1879) (Crustacea, Decapoda) é a espécie de camarão de água doce mais utilizada em projetos de aqüicultura em todo o mundo. Foi introduzida no Brasil em 1977 e, a partir daí, tem sido cultivada em quase todos os estados do país (Valenti, 1993a, 1995, 2000). A criação desses animais envolve uma fase de larvicultura, que engloba a obtenção e desenvolvimento das larvas até completarem a metamorfose em pós-larvas. Nessa fase, o cultivo é realizado em água salobra.

As larviculturas geralmente localizam-se junto à costa devido à disponibilidade de água do mar. Por outro lado, a grande maioria das fazendas de engorda localiza-se no interior, onde a terra é mais barata, há grande disponibilidade de água doce e concentram-se

grandes mercados consumidores (Nair e Hameed, 1992; Valenti, 1993a). Nos últimos 20 anos, os sistemas fechados têm se desenvolvido muito, possibilitando a instalação de larviculturas longe do litoral (Valenti e Daniels, 2000). Em alguns países, como a Tailândia, há larviculturas localizadas a vários quilômetros do mar, que operam em sistema aberto (Correia *et al.*, 2000). Assim, o desenvolvimento de tecnologia para larvicultura de *M. rosenbergii* em água salobra artificial reveste-se de grande interesse porque evitaria o transporte de água salgada. Além disso, a utilização de água artificial tem a vantagem de evitar a introdução nos tanques de cultivo de substâncias tóxicas provenientes da poluição do mar, parasitas, predadores e competidores dos camarões.

Trabalhos referentes ao uso de água salobra artificial em larvicultura de *Macrobrachium* são bastante escassos na literatura científica. Smith *et al.* (1976) e

Cooper e Heinen (1991) utilizaram misturas comerciais produzidas originalmente para aquarofilia, cuja composição não é fornecida. Prakash (1988) testou o uso de rochas salinas para o preparo de água salobra e Nair e Hameed (1992) testaram o uso de sal marinho enriquecido com alguns outros sais purificados. Silva e Valenti (1992), Valenti (1993b), Kanaujia *et al.* (1996) e Mallasen e Valenti (1998) trabalharam com fórmulas bem definidas. Estes trabalhos apresentam apenas resultados de sobrevivência e produtividade. Não foram encontrados, na literatura, pesquisas analisando a variação dos compostos nitrogenados dissolvidos na água ou o desempenho dos biofiltros quando se usa água salobra artificial.

O objetivo deste trabalho foi acompanhar as variações ao longo do tempo das concentrações de amônia, nitrito e nitrato em sistema fechado de larvicultura de *M. rosenbergii*, com reutilização da água salobra natural e artificial, em dois cultivos consecutivos.

Material e métodos

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Carcinicultura do Centro de Aqüicultura da Unesp, campus de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Foram utilizadas quatro unidades do sistema de larvicultura com recirculação de água. Cada unidade foi composta, basicamente, por um tanque de desenvolvimento larval com capacidade de 120 L, ao qual foi acoplado um filtro biológico com volume de material filtrante de 24 L, ou seja, 20% do volume útil do tanque de larvicultura. Ambos foram construídos em fibra de vidro na cor preta e no formato cilíndrico-cônico. A taxa de circulação da água, através do sistema, foi de 24 vezes ao dia. Cada tanque foi provido de termostato e aquecedor para a manutenção da temperatura na faixa de 28 a 30°C.

Dois unidades (tanques e respectivos biofiltros) foram abastecidas com água salobra, preparada a partir de água do mar natural e duas com água salobra preparada a partir de água do mar artificial. A água do mar natural foi coletada em local isento de poluição. A seguir, foi filtrada e ozonizada para desinfecção. A água do mar artificial foi preparada conforme a formulação adaptada de Bidwell e Spotte (1985), utilizando-se sais com grau de pureza P.A. e água deionizada (Tabela 1). A água salgada foi diluída com água deionizada até atingir a salinidade 12‰. As águas salobras natural e artificial resultantes constituíram os dois tratamentos testados, que foram distribuídos nos quatro sistemas de recirculação de forma aleatória.

Tabela 1. Fórmula e composição iônica da água do mar artificial

Sais	g/m ³ de água doce		
Cloreto de Sódio (NaCl)	2,76 x 10 ⁴		
Sulfato de Magnésio (MgSO ₄ .7H ₂ O)	6,90 x 10 ³		
Cloreto de Magnésio (MgCl ₂ .6H ₂ O)	5,40 x 10 ³		
Cloreto de Cálcio (CaCl ₂ .2H ₂ O)	1,40 x 10 ³		
Cloreto de Potássio (KCl)	6,00 x 10 ²		
Bicarbonato de Sódio (NaHCO ₃)	2,00 x 10 ²		
Brometo de Potássio (KBr)	2,70 x 10 ¹		
Cloreto de Estrôncio (SrCl ₂ .6H ₂ O)	2,00 x 10 ¹		
Sulfato de Manganês (MnSO ₄ .H ₂ O)	4,00 x 10 ⁰		
Fosfato de Sódio Bibásico Anidro (Na ₂ HPO ₄)	2,00 x 10 ⁰		
Cloreto de Lítio (LiCl)	1,00 x 10 ⁰		
Molibdato de Sódio (Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O)	1,00 x 10 ⁰		
Tiosulfato de Sódio (Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O)	1,00 x 10 ⁰		
Cátions	meq/m ³	Ânions	meq/m ³
Na ⁺	4,75 x 10 ⁵	Cl ⁻	5,52 x 10 ⁵
Mg ²⁺	1,09 x 10 ⁵	SO ₄ ²⁻	5,60 x 10 ⁴
Ca ²⁺	1,90 x 10 ⁴	Br ⁻	2,27 x 10 ²
K ⁺	8,23 x 10 ³	PO ₄ ³⁻	8,45 x 10 ¹
Sr ²⁺	1,50 x 10 ²	MoO ₄ ²⁻	8,30 x 10 ⁰
Mn ²⁺	4,73 x 10 ¹	S ₂ O ₃ ²⁻	8,00 x 10 ⁰
Li ⁺	2,36 x 10 ¹		

Foram realizados quatro cultivos (1º, 2º, 3º e 4º cultivos). Cada um deles constituiu um bloco com duas repetições por tratamento. Cada tratamento, portanto, teve um total de oito repetições. Para avaliar a utilização da água em mais de um ciclo de criação, o 2º e o 4º cultivos foram feitos reutilizando a água proveniente do 1º e do 3º cultivos, respectivamente.

Os tanques foram povoados com larvas recém-eclodidas de *M. rosenbergii*, na densidade de, aproximadamente, 80 larvas/l. Estas foram alimentadas, diariamente, com náuplios de *Artemia* e, após o 12º dia de cultivo, foram fornecidas, no período da manhã, duas refeições com ração úmida, cuja composição é apresentada por Mallasen e Valenti (1998). O método de manejo da larvicultura está descrito em Valenti *et al.* (1998). Foram determinados e controlados os seguintes parâmetros da água: temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade, pH, amônia, nitrito e nitrato. A temperatura foi determinada diariamente com um termômetro de mercúrio, o oxigênio dissolvido e o pH foram medidos a cada três dias, respectivamente, pelo método de Winkler e por meio de um peagômetro digital Micronal, modelo B374. Os níveis de amônia, nitrito e nitrato foram medidos duas vezes por semana, utilizando os métodos de Solorzano (1972), Benschneider e Robinson (1952) e Spotte (1979), respectivamente. As análises dos compostos nitrogenados foram realizadas por meio de espectrofotômetro Hach modelo DR-2000. Os valores de amônia medidos referem-se à soma das concentrações da forma molecular e iônica. As concentrações foram apresentadas em função do íon nitrogênio (NH₃-N + NH₄⁺-N; NO₂⁻-N e NO₃⁻-N).

O delineamento experimental utilizado para a análise estatística dos dados foi o de blocos casualizados, com duas repetições em cada bloco. Os resultados obtidos foram submetidos à Anova, com exceção dos dados da concentração de nitrato, que foram analisados por regressão linear.

Resultados e discussão

A taxa de metamorfose e a produtividade média obtidas nos tratamentos com água salobra natural (ASN) e artificial (ASA) foram de 74% e 60 pós-larvas/l e 55% e 44 pós-larvas/l, respectivamente. Estes valores estão de acordo com os dados normalmente obtidos em larviculturas de *M. rosenbergii* em sistema fechado (Valenti e Daniels, 2000), indicando que a larvicultura ocorreu em condições normais.

A temperatura, oxigênio, salinidade e pH foram similares nos dois tratamentos e nos cultivos consecutivos (Tabela 2). Isto indica que o tipo de água, bem como o seu reaproveitamento, não influíram nesses parâmetros; estes apresentaram pequena amplitude de variação e permaneceram sempre dentro da faixa adequada ao bom desenvolvimento do *M. rosenbergii*, de acordo com as recomendações de Correia *et al.* (2000) e Valenti e Daniels (2000). Os baixos valores de erro padrão indicam que as condições do meio permaneceram estáveis ao longo do experimento.

Tabela 2. Parâmetros da água dos tratamentos com água salobra natural (ASN) e com água salobra artificial (ASA), utilizada pela primeira vez (n) e reutilizada (r)

Parâmetros	ASNn		ASNr		ASAn		ASAr	
	Média	Ep.	Média	Ep.	Média	Ep.	Média	Ep.
Temperatura (°C)	30,5	0,1	29,8	0,1	30,4	0,1	30,0	0,1
OD (mg/L)	6,2	0,1	6,6	0,1	6,5	0,1	6,6	0,1
Salinidade (‰)	12,5	0,1	12,1	0,1	12,2	0,1	12,3	0,1
pH	7,4	0,1	7,7	0,1	7,5	0,0	7,6	0,0
NH ₄ ⁺ -N (µg/L)	30,3	4,2	21,5	2,7	33,9	4,1	23,1	3,9
NO ₂ ⁻ -N (µg/L)	8,2	1,9	9,1	1,1	8,4	1,5	9,7	1,2

Não houve diferença significativa entre as médias (p>0,05). OD = oxigênio dissolvido; Ep. = erro padrão

Os teores médios de amônia e nitrito oscilaram entre 1,1 e 74,0 µg/L e entre 1,1 e 34,6 µg/L, respectivamente (Figuras 1, 2, 3 e 4). As concentrações desses compostos não diferiram significativamente (p>0,05) entre as águas salobra natural e artificial, tampouco entre a água nova e reutilizada (Tabela 2). Isto indica que o tipo de água e seu reaproveitamento não influíram nesses parâmetros. Os valores obtidos foram bastante inferiores aos níveis máximos toleráveis pelas larvas, que são 8 mg/L de amônia e 2 mg/L de nitrito, segundo Mallasen (2002).

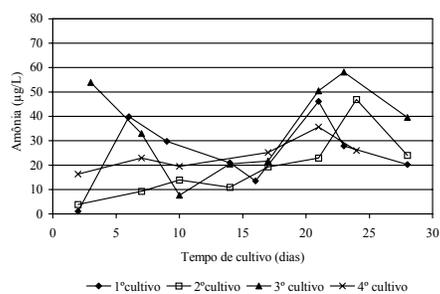


Figura 1. Variação temporal da concentração de amônia no tratamento com água salobra natural recém-preparada (1º e 3º cultivos) e reaproveitada (2º e 4º cultivos)

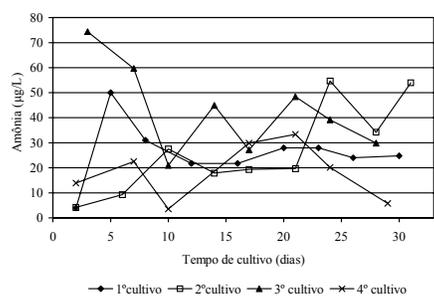


Figura 2. Variação temporal da concentração de amônia no tratamento com água salobra artificial recém-preparada (1º e 3º cultivos) e reaproveitada (2º e 4º cultivos)

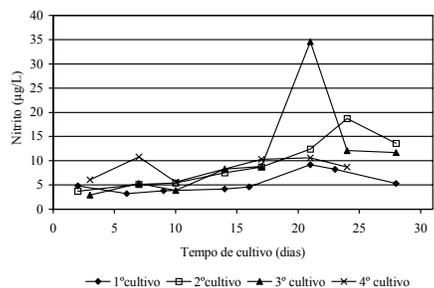


Figura 3. Variação temporal da concentração de nitrito no tratamento com água salobra natural recém-preparada (1º e 3º cultivos) e reaproveitada (2º e 4º cultivos)

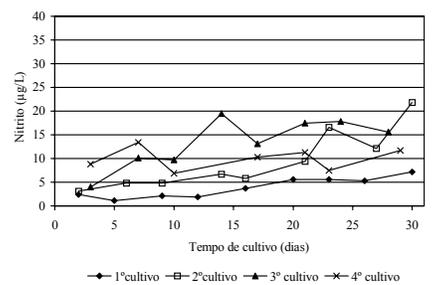


Figura 4. Variação temporal da concentração de nitrito no tratamento com água salobra artificial recém-preparada (1º e 3º cultivos) e reaproveitada (2º e 4º cultivos)

A concentração do nitrato na água aumentou linearmente durante o ciclo larval de forma similar nos dois tipos de água, como mostra a Figura 5. O aumento foi contínuo ao longo dos dois ciclos consecutivos, realizados com a mesma água. A dispersão dos dados mostra claramente que o padrão de variação é o mesmo nos dois tipos de água e, portanto, a relação pode ser expressa por uma equação única. Foi ajustada a expressão: $N = 0,241T - 0,227$, sendo: N = concentração de nitrato expressa em mg/l e T = tempo de utilização da água salobra, em dias. Evidentemente a quantidade de nitrato formada depende da carga de amônia e nitrito introduzida no sistema. Alterações na densidade de estocagem de larvas, na quantidade de alimento fornecido (densidade de *Artemia* ou massa de ração) ou na eficiência de remoção dos resíduos orgânicos dos tanques podem ter, portanto, efeito nos parâmetros da equação acima.

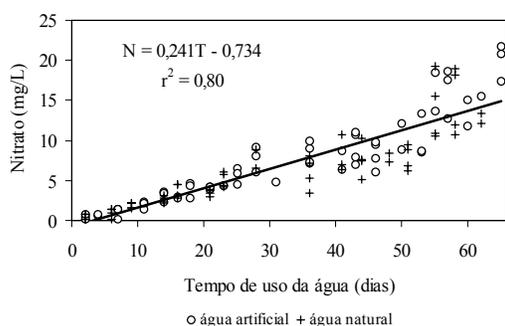


Figura 5. Variação da concentração de nitrato (N) em função do tempo de utilização da água (T). Os dados foram obtidos em 8 tanques operados com água artificial e 8 com água natural. Os valores plotados até o dia 32 referem-se à concentrações de nitrato obtidas no primeiro uso da água e, a partir daí, obtidas em água reutilizada

Os sistemas fechados de aquicultura estão baseados no processo de nitrificação. Este é um mecanismo biológico que consiste na transformação da amônia, proveniente da excreção dos animais e decomposição de resíduos orgânicos, em nitrato, que é a forma nitrogenada menos tóxica aos organismos aquáticos. Os sistemas de recirculação, portanto, não removem os compostos nitrogenados da água. Desse modo, o nitrato poderia atingir níveis tóxicos, limitando o período de reutilização da água. As concentrações máximas tradicionalmente recomendadas para larvicultura de *M. rosenbergii* variam entre 20 e 60 mg/l de $\text{NO}_3\text{-N}$ (Cohen e Ra'anán, 1989; New, 1990; Correia *et al.*, 2000). A equação acima indica a possibilidade de realizar oito

cultivos utilizando a mesma água, até atingir 60 mg/l de $\text{NO}_3\text{-N}$. Recentemente, foi demonstrado que larvas toleram muito bem até 700 mg/L de $\text{NO}_3\text{-N}$ (Mallasen, 2002). Assim, a água poderia ser reutilizada por cerca de 90 ciclos consecutivos de 32 dias. No entanto, deve-se considerar que as equações apresentadas aqui foram ajustadas para baixas concentrações de nitrato (até 22 mg/L) e dois ciclos consecutivos apenas. Além disso, a reutilização da água por longo período pode reduzir a concentração de elementos químicos essenciais ou acumular metabólitos ou outras substâncias tóxicas (Mallasen e Valenti, 1998). Isto limitará seu uso antes do nitrato atingir níveis tóxicos.

Os resultados deste trabalho indicaram que a água salobra artificial não alterou o processo de nitrificação nem o comportamento das principais variáveis ambientais. Estas apresentaram variação similar em água natural e artificial. A reutilização da água também não produziu nenhum efeito negativo sobre essas variáveis. Fica demonstrado, portanto, a viabilidade da fórmula de água do mar artificial aqui apresentada para ser utilizada em sistemas de recirculação para a produção de pós-larvas de *M. rosenbergii*, em até dois cultivos consecutivos. A escolha do tipo de água a ser utilizada deve basear-se em parâmetros relacionados ao tempo de desenvolvimento larval e à produtividade, além da relação custo-benefício. Pesquisas neste sentido devem ser realizadas a fim de viabilizar a aplicação da água salobra artificial em nível comercial.

Agradecimentos

Agradecemos à Fapesp e ao CNPq, pelas bolsas e auxílios concedidos para a realização deste trabalho e ao Dr. Sérgio do Nascimento Kronka, pelo auxílio na análise estatística dos dados.

Referências

- BENSCHNEIDER, K.; ROBINSON, J.R. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in seawater. *J. Mar. Res.*, New Haven, v.11, p.87-96, 1952.
- BIDWELL, J.P.; SPOTTE, S. *Artificial seawaters: formulas and methods*. Woods Hole: Jones and Bartlett Publishers, 1985.
- COOPER, R.K.; HEINEN, J.M. A starvation test to determine optimal salinities for larval freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.*, Oxford, v.3, p.537-542, 1991.
- COHEN, D.; RA'ANAN, Z. Intensive closed-cycle *Macrobrachium rosenbergii* hatchery: biofiltration and production strategy. In: SIMPOSIO BRASILEIRO

- SOBRE O CULTIVO DE CAMARÃO, 3., 1989, João Pessoa, 1989. *Proceedings...* João Pessoa, 1989. p.49-70.
- CORREIA, E.S. *et al.* Flow-through hatchery systems and management. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C. (Ed.). *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science, 2000. p.52-68.
- KANAUJIA, D.R. *et al.* Seed production of *Macrobrachium malcolmsonii* (H. M. Edwards) in synthetic sea water. *J. Aquacult. Trop.*, Oxford, v. 11, p. 259-262, 1996.
- MALLASEN, M. *Desenvolvimento larval de Macrobrachium rosenbergii (De Man, 1879) em diferentes concentrações de amônia, nitrito, nitrato e valores de pH na água*. 2002. Tese (Doutorado) - Centro de Aqüicultura da Unesp, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- MALLASEN, M.; VALENTI, W.C. Comparison of artificial and natural, new and reused, brackish water for larviculture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in a recirculating system. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v.29, p.345-350, 1998.
- NAIR, C.M.; HAMEED, M.S. Commercial production of scampi seed using synthetic brackish water. In: SILAS, E.G. (Ed.). *Freshwater prawns*. Trissur: Kerala Agricultural University, 1992. p. 152-155.
- NEW, M.B. Freshwater prawn culture: a review. *Aquaculture*, Amsterdam, v.88, p.99-142, 1990.
- PRAKASH S. On the successful rearing of *Macrobrachium rosenbergii* in medium prepared of common salt and salt pan residue. *Indian J. Fish.*, Cochin, v. 35, p. 41-45, 1988.
- SILVA, C.A.; W.C. VALENTI. Otimização do uso de água do mar artificial na cultura do camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879). In: ENCONTRO NACIONAL DE AQUICULTURA, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7., 1992, Peruíbe. *Resumos...* Peruíbe, 1992. p.160.
- SMITH, T.I.J. *et al.* Progress in developing a recirculating synthetic seawater hatchery for rearing larvae of *Macrobrachium rosenbergii*. In: *FEED-DRUGS FROM THE SEA*, 1., 1976, Puerto Rico. *Proceedings...*Puerto Rico, 1976. p. 166-180.
- SOLORZANO, L. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v.14, p.799-801, 1972.
- SPOTTE, S. *Fish and invertebrate culture, water management in closed systems*. New York: Willey-Interscience, 1979.
- VALENTI, W.C. Freshwater prawn culture in Brazil. *World Aquacult.*, Baton Rouge, v.24, n.1, p.30-34, 1993a.
- VALENTI, W.C. Seawater substitution in *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) hatchery. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO, 4, 1993, João Pessoa. *Anais...*João Pessoa, 1993b. p. 675-686.
- VALENTI, W.C. Situação atual e perspectivas da carcinicultura no Brasil e no mundo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 1, 1994, Campos do Jordão. *Anais...*Campos do Jordão, 1995. p. 8-18.
- VALENTI, W.C. *et al.* Larvicultura em sistema fechado dinâmico. In: VALENTI, W. C. (Ed.). *Carcinicultura de Água Doce: tecnologia para produção de camarões*. Brasília: Ibama, 1998, p.115-143.
- VALENTI, W.C. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W.C. *et al.* *Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq/MCT, 2000. p. 17-24.
- VALENTI, W.C.; DANIELS, W.H. Recirculating hatchery systems and management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. (Ed.). *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science, 2000. p.69-90.

Received on May 07, 2002.

Accepted on July 26, 2002.