

TOXICIDADE AGUDA DA AMÔNIA, NITRITO E NITRATO SOBRE OS JUVENIS DE CAMARÃO-ROSA *FARFANTEPENAUS BRASILIENSIS* (LATREILLE, 1817) (CRUSTACEA: DECAPODA).

BRUNO RIBEIRO DE CAMPOS, KLEBER CAMPOS MIRANDA FILHO, FERNANDO D'INCAO, LUIS POERSCH & WILSON WASIELESKY
Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Avenida Itália, Km 8, 96201-900
Rio Grande, RS, Brasil. brcampos@yahoo.com

RESUMO

O desenvolvimento e domínio das técnicas de aquicultura têm levado a intensificação na criação de diferentes espécies, existindo uma tendência de incremento na concentração de compostos nitrogenados nos sistemas de cultivo. Os compostos nitrogenados ocorrem naturalmente no meio aquoso, podendo provocar mortalidade ou afetar o crescimento dos organismos criados. As formas nitrogenadas mais abundantes nos viveiros são a amônia, nitrito e nitrato. Juvenis de camarão-rosa, *Farfantepenaeus brasiliensis*, foram expostos a diferentes concentrações de amônia, nitrito e nitrato em ensaios de curta duração. Os valores de concentração letal (CL50) para amônia, nitrito e nitrato para 24h a 96h foram respectivamente 24,77 a 8,81mg/L; 252,04 a 105,97mg/L; 1882,63 a 912,07mg/L. De acordo com os resultados obtidos foi possível estimar o nível de segurança de amônia, nitrito e nitrato para juvenis de camarão-rosa em 0,88mg/L, 10,60 e 91,21mg/L, respectivamente.

PALAVRAS CHAVE: Amônia, Nitrito, Nitrato, *Farfantepenaeus brasiliensis*.

ABSTRACT

Acute toxicity of ammonia, nitrite and nitrate on pink-shrimp juvenile *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) (Crustacea: Decapoda).

The development of new techniques has led to the intensification of aquaculture regarded to rearing of different species. Therefore, there is a tendency to increase the generation of nitrogen compounds in these cropping systems. The nitrogen compounds naturally occur in the water of rearing systems, and may cause death or affect the individual growth. The most abundant nitrogen forms in the ponds are ammonia, nitrite and nitrate. The juveniles of pink-shrimp, *Farfantepenaeus brasiliensis* were exposed to different concentrations of ammonia, nitrite and nitrate. The LC50 values for ammonia, nitrite and nitrate for 24h to 96h are respectively 24.77 to 8.81mg/L, 252.04 to 105.97mg/L, 1882.63 to 912.07mg/L, respectively. The safe level of ammonia, nitrite and nitrate to pink shrimp juveniles estimated were 0.88mg/L, 10.60 and 91.21mg/L, respectively.

KEYWORDS: Ammonia, Nitrite, Nitrate, *Farfantepenaeus brasiliensis*

INTRODUÇÃO

A manutenção e o conhecimento dos limites de tolerância de uma espécie, em relação à qualidade da água, são requisitos indispensáveis em qualquer sistema de criação (Kinne 1976). Segundo Ostrensky & Wasielesky (1995), tais fatores influenciam decisivamente no sucesso ou fracasso dessa atividade produtiva. O desenvolvimento e domínio das técnicas de aquicultura têm provocado intensificação nos cultivos de diferentes espécies, existindo uma tendência de incremento na excreção de compostos nitrogenados nesses cultivos (Wasielesky 2000).

Na criação de organismos aquáticos, os resíduos de nitrogênio são degradantes comuns do meio (Tomasso 1994), sendo que a excreção dos organismos cultivados e a degradação dos restos alimentares, as principais fontes dessas substâncias (Gross *et al.* 2000). Os compostos nitrogenados ocorrem naturalmente no meio aquoso, entretanto, se as concentrações atingirem níveis elevados, pode afetar o crescimento ou provocar mortalidade dos organismos cultivados (Thurston 1980). As formas nitrogenadas mais abundantes nos viveiros de cultivo e que podem provocar danos significativos aos organismos cultivados são a amônia, o nitrito e o

nitrato.

A amônia é o produto final do catabolismo protéico da maioria dos organismos aquáticos (Kinne 1976). No meio aquoso, amônia está presente na forma ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3), as quais juntas constituem a amônia total ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$). Muitos pesquisadores concordam que a forma química mais tóxica é a amônia não-ionizada, devido a sua capacidade de difusão pelas membranas celulares (Fromm & Gillette 1968) e, também pelo fato do efeito da amônia ionizada ser considerado menos pronunciado (Yu & Hirayama 1986).

O nitrito é o composto intermediário na nitrificação bacteriana da amônia a nitrato (em meios oxidantes), ou produto da denitrificação do nitrato (em ambientes redutores), sendo tóxico para peixes (Tsai & Chen 2002). Nitrito pode vir a ser bastante tóxico, de acordo com a sua concentração no meio e do estágio de desenvolvimento em que se encontram os organismos cultivados (Thurston 1980). O nitrito é uma forma nitrogenada altamente tóxica para organismos aquáticos, causando mortalidade em larviculturas e sistemas de cultivo (Brownell 1980). A presença de nitrito no meio aquático, em elevadas concentrações, pode causar problemas hemolinfáticos, uma vez que o

mecanismo de toxicidade do nitrito atua sobre o processo de transporte de oxigênio, transformando hemocianina em metahemocianina, a qual é incapaz de transferir oxigênio para os tecidos (Gross 2004). Com isto, diminui a quantidade de oxigênio disponível para o metabolismo (Tahon *et al.* 1988) e nestas condições, pode ocorrer hipóxia e mortalidade significativa (Chen *et al.* 1986).

O nitrato é considerado uma substância com pequeno poder tóxico por parte de pesquisadores, mas por ser o produto final da nitrificação, pode acumular-se em grandes quantidades, principalmente em sistemas fechados de cultivo (Thurston *et al.* 1978). Esta substância pode causar efeitos letais ou subletais para diferentes organismos, ou ainda, atuar sinergicamente com outras formas nitrogenadas, tornando-se extremamente importante o estudo dos seus efeitos tóxicos para diferentes espécies (Santos *et al.* 1993).

Vários trabalhos têm analisado os efeitos dos produtos nitrogenados para *Farfantepenaeus paulensis*: Ostrensky (1991) analisou a toxicidade da amônia no processo produtivo de pós-larvas; Ostrensky & Wasielesky (1995) determinaram a CL50 (24 a 96h) de amônia para as diferentes fases do ciclo de vida; Cavalli *et al.* (1996) determinaram a CL50 (96h) dos diferentes produtos nitrogenados em adultos e Peixoto (1996) determinou os efeitos da amônia na performance reprodutiva. Por sua vez, Miranda Filho (1997) analisou os efeitos tóxicos da amônia nas fases iniciais de crescimento (berçário); Ostrensky (1997) verificou o efeito letal de misturas de amônia e nitrito, enquanto Castaño (1997) e Sachsida (1997)

analisaram o efeito da salinidade sobre a toxicidade aguda de nitrito e nitrato, respectivamente.

Apesar desse grande número de trabalhos realizados, dados sobre camarão-rosa, *Farfantepenaeus brasiliensis*, expostos aos efeitos dos produtos nitrogenados são escassos ou inexistentes. Portanto, no presente estudo foram realizados experimentos visando determinar a concentração letal mediana (CL50) de amônia, nitrito e nitrato, em 96h para juvenis de *F. brasiliensis*, em laboratório.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e os juvenis de *F. brasiliensis* foram oriundos do processo de larvicultura realizado no próprio laboratório.

A metodologia utilizada nos experimentos de toxicidade aguda foi baseada no Manual da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA 1985).

Os experimentos foram realizados em recipientes com volume de 4,2 litros. Os juvenis (n = 10) com peso médio de 0,30g foram avaliados, em testes de toxicidade aguda, para determinação da faixa letal dos compostos nitrogenados.

A partir dos resultados do teste preliminar, o experimento foi realizado em concentração controle e concentrações de amônia, nitrito e nitrato apresentadas na Tabela 1. A temperatura da água foi de 25°C, salinidade de 28 e a média de pH ao longo do experimento foi 8,29.

Tabela 1– Concentrações de amônia, nitrito e nitrato utilizadas nos experimentos

Nitrogenado	Concentrações (mg/L)											
Amônia	0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	
Nitrito	0	40	80	120	180	240	300	360	420	500	-	
Nitrato	0	250	500	1000	1500	2000	2500	3500	4500	5000	-	

As concentrações foram determinadas tendo como limite inferior aquela que não apresentou mortalidade e como limite superior a concentração que obteve 100% de mortalidade nos testes preliminares. Os valores das concentrações desejadas foram obtidos por meio de soluções estoque, feitas com

cloreto de amônia P.A. (Synth[®]), nitrito de sódio P.A. (Synth[®]) e nitrato de sódio P.A. (Synth[®]). Tanto no grupo controle como nos demais tratamentos, foram utilizados 10 juvenis por unidade experimental, totalizando 30 juvenis por concentração testada.

Durante o experimento, a água foi totalmente

renovada a cada 24h e as soluções adicionadas novamente, para manutenção das respectivas concentrações. A aeração foi provida constantemente através de pedra porosa e a temperatura e o fotoperíodo foram mantidos iguais à aclimação. Para a determinação das concentrações letais medianas (CL_{50}) foram utilizados os dados de mortalidade dos juvenis, observados a cada 24h de exposição. O critério de morte adotado foi a ausência de qualquer tipo de movimento ou reação a estímulos mecânicos com uma micropipeta.

Amostras de água foram retiradas diariamente das unidades experimentais juntamente com as contagens de indivíduos mortos. Uma sub-amostra (100ml) foi retirada para medição dos parâmetros físico-químicos como salinidade e pH, com auxílio de refratômetro ótico e pH-metro digital (DMpH-1, Digimed, precisão 0,01), respectivamente. Uma segunda sub-amostra (100ml) foi utilizada para análises dos nitrogenados testados na água.

As CL_{50} 's, para juvenis de *F. brasiliensis*, em 24, 48, 72 e 96h, e seus respectivos intervalos de confiança (95%), foram estimadas com a utilização do "software" Trimmed Spearman Karber method (Hamilton *et al.* 1977). A quantidade de amônia não-ionizada foi calculada de acordo com a fórmula proposta por Ostrensky *et al.* (1992), baseada na salinidade, temperatura e a média dos valores de pH obtida em cada experimento.

Para a determinação dos níveis de segurança (concentração de poluentes que não tenha um efeito adverso sobre os organismos) para cada nitrogenado testado (amônia, nitrito e nitrato), normalmente faz-se uso dos valores estimados de CL_{50} 96h, multiplicando por um fator de aplicação, como por exemplo, o proposto por Sprague (1971) (CL_{50} 96h * 0,1).

RESULTADOS

Não foram observadas mortalidades nos

tratamentos controle durante o período experimental. Os camarões expostos a solução de amônia tiveram mortalidades em 24 horas a partir da concentração de 5mg/L, enquanto a mortalidade total ocorreu apenas em 40mg/L. Em 48 horas, a mortalidade total ocorreu a partir de 30mg/L e para 72 e 96 horas a mortalidade total ocorreu a partir de 20mg/L (Figura 1a).

Para nitrito, a mortalidade do camarão-rosa em 24, 48, 72 e 96 horas teve início respectivamente a partir da concentração de 180, 120, 40 e 40mg/L. A mortalidade total para os mesmos intervalos de tempo ocorreram em 300mg/L (Figura 1b).

Para nitrato, a mortalidade do camarão-rosa em 24 e 48 horas teve início a partir da concentração de 500mg/L, enquanto para 72 e 96 horas teve início a partir da concentração de 250mg/L. A mortalidade total para 24 horas ocorreu apenas em 5000mg/L. Nas demais, a mortalidade total ocorreu a partir de 3500mg/L (Figura 1c).

Não foram observadas mortalidades nos tratamentos controle durante o período experimental. Os camarões expostos a solução de amônia tiveram mortalidades em 24 horas a partir da concentração de 5mg/L, enquanto a mortalidade total ocorreu apenas em 40mg/L. Em 48 horas, a mortalidade total ocorreu a partir de 30mg/L e para 72 e 96 horas a mortalidade total ocorreu a partir de 20mg/L (Figura 1a).

Para nitrito, a mortalidade do camarão-rosa em 24, 48, 72 e 96 horas teve início respectivamente a partir da concentração de 180, 120, 40 e 40mg/L. A mortalidade total para os mesmos intervalos de tempo ocorreram em 300mg/L (Figura 1b).

Para nitrato, a mortalidade do camarão-rosa em 24 e 48 horas teve início a partir da concentração de 500mg/L, enquanto para 72 e 96 horas teve início a partir da concentração de 250mg/L. A mortalidade total para 24 horas ocorreu apenas em 5000mg/L. Nas demais, a mortalidade total ocorreu a partir de 3500mg/L (Figura 1c).

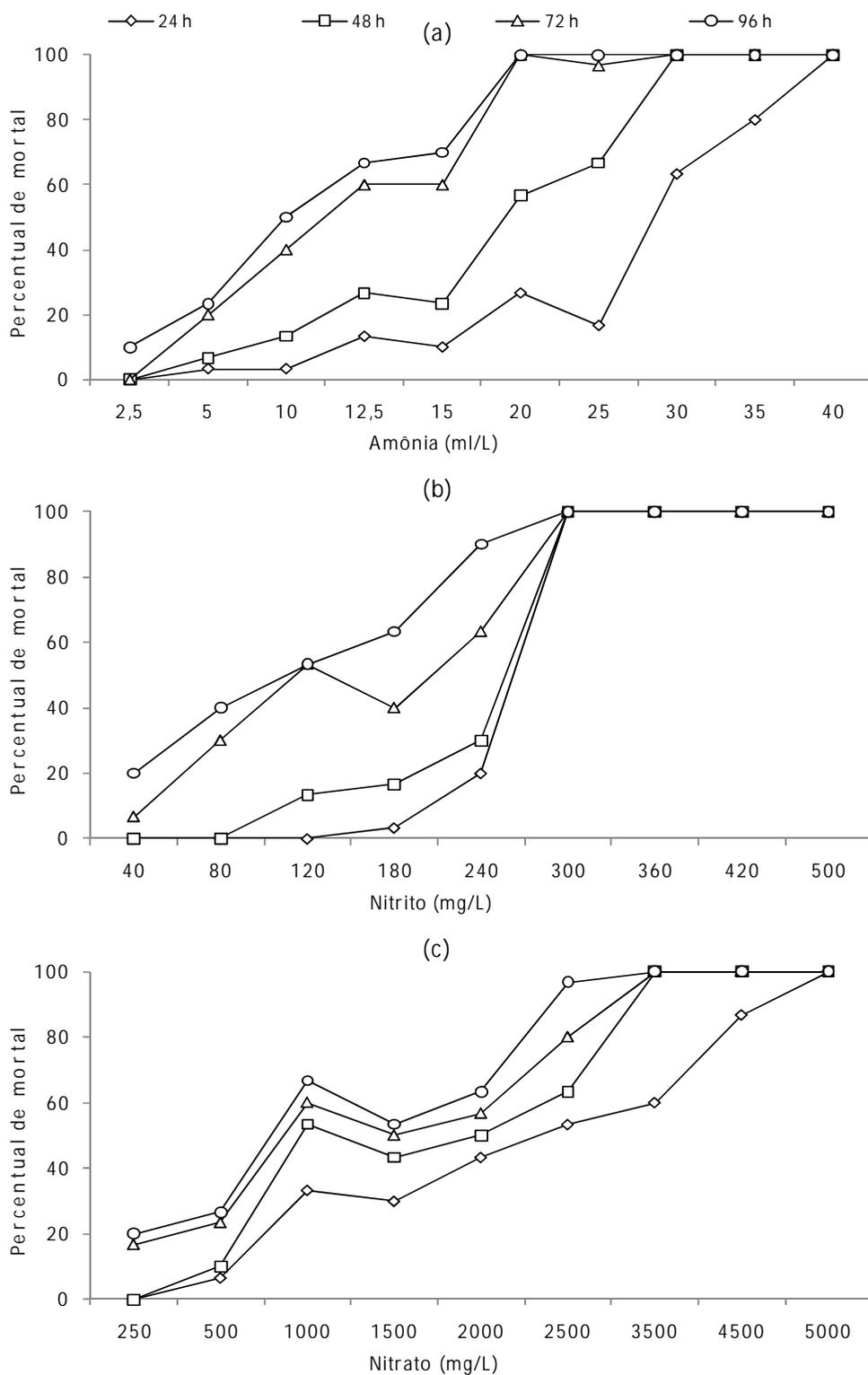


FIGURA 1 – Mortalidade de juvenis de *Farfantepenaeus brasiliensis* em diferentes concentrações de amônia, nitrito e nitrato.

A partir das mortalidades observadas para cada concentração dos nitrogenados testados,

foram estimadas a CL_{50} para 24, 48, 72 e 96 horas (Tabela 2).

TABELA 2 – Valores de CL₅₀ de amônia gasosa, amônia total, nitrito e nitrato para juvenis de *Farfantepenaeus brasiliensis* e seus respectivos intervalos de confiança entre parênteses.

	CL ₅₀ (24h)	CL ₅₀ (48h)	CL ₅₀ (72h)	CL ₅₀ (96h)
Amônia Gasosa (mg/L)	1,99 (1,82 – 2,17)	1,34 (1,19 – 1,50)	0,85 (0,76 – 0,95)	0,71 (0,59 – 0,85)
Amônia Total (mg/L)	24,77 (22,65 – 27,10)	16,68 (14,88 – 18,69)	10,65 (9,54 – 11,89)	8,81 (7,30 – 10,62)
Nitrito (mg/L)	252,04 (241,27 - 263,29)	222,24 (204,92 - 241,03)	136,82 (115,89 - 161,53)	105,97 (83,23 - 134,93)
Nitrato (mg/L)	1882,63 (1611,00 - 2200,05)	1269,84 (1090,58 - 1478,56)	1059,88 (817,76 - 1373,70)	912,07 (684,62 - 1215,09)

Baseado nos índices de Sprague (1971), os níveis de segurança dos diferentes compostos nitrogenados para juvenis de *F. brasiliensis* foram estimados e os resultados estão expressos na Tabela 3.

TABELA 3 – Níveis de Segurança de amônia, nitrito e nitrato para juvenis de *Farfantepenaeus brasiliensis*, estimados a partir da CL₅₀ de 96h.

	CL ₅₀ 96h	Fator de Aplicação (Sprague, 1971)	Nível de Segurança
Amônia Gasosa (mg/L)	0,71		0,07
Amônia Total (mg/L)	8,81	0,1	0,88
Nitrito (mg/L)	105,97		10,59
Nitrato (mg/L)	912,07		91,20

DISCUSSÃO

A decomposição de matéria orgânica e a excreção dos organismos cultivados é a principal razão da presença de produtos nitrogenados em sistemas de cultivo (Tomasso 1994). Na revisão realizada por Colt & Armstrong (1981), o valor da CL₅₀ (96h) para amônia não-ionizada, foi de 0,40 a 2,31mg/L para crustáceos em geral. No presente

estudo, o valor foi de 0,71mg/L, estando dentro do intervalo proposto.

Com relação à amônia total, os dados obtidos no presente estudo mostraram uma CL₅₀ (96h) de 8,81mg/L, corroborando os dados obtidos por outros autores em estudos com outras espécies de juvenis de peneídeos (Tabela 4).

TABELA 4 – Valores de CL₅₀ (mg/L) de amônia total para juvenis de peneídeos.

Espécies	24h (mg/L)	48h (mg/L)	72h (mg/L)	96h (mg/L)	Autores
<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	24,77	16,68	10,65	8,81	Presente estudo
<i>Penaeus semisulcatus</i>	-	-	-	23,7	Wajsbrodt <i>et al.</i> (1990)
<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	79,9	51,1	37	35,1	Chen <i>et al.</i> (1990)
<i>Penaeus monodon</i>	-	-	-	37,4	Allan <i>et al.</i> (1990)
<i>Farfantepenaeus paulensis</i>	51,8	43,1	40,1	38,7	Ostrensky & Wasielesky (1995)
<i>Penaeus monodon</i>	97,9	88	53,4	42,6	Chen <i>et al.</i> (1990)
<i>Litopenaeus vannamei</i>	-	110,6	85,3	70,9	Frias-Espéricueta <i>et al.</i> (1999)

Comparando a toxicidade de amônia total (96h) das diferentes espécies de camarões peneídeos, é possível observar que *F. brasiliensis* é a espécie mais sensível a este composto tóxico, seguido por *Penaeus semisulcatus*, *Fenneropenaeus chinensis*, *P. monodon*, *F. paulensis* e *Litopenaeus vannamei*.

Segundo Buikema *et al.* (1982), um teste de toxicidade aguda fornece informações sobre a letalidade relativa de um tóxico, mas não pode prever a concentração que tem efeitos subletais e crônicas sobre os organismos. Sprague (1971) cita que um "nível de segurança" pode ser obtido multiplicando o valor de CL₅₀ (96h) por um fator de 0,1. No presente estudo, o "nível de segurança" para juvenis de *F. brasiliensis* é de 0,88mg/L de amônia-total e 0,071mg/L de amônia gasosa.

Segundo Wasielesky (2000), a maior parte dos estudos sobre a toxicidade do nitrito em peneídeos trata de efeitos indiretos, ou seja, que podem afetar o crescimento ou que determinam as concentrações subletais baseando-se em dados de CL₅₀ de curta ou média duração. Chen *et al.* (1990) estimaram o nível de segurança de 10,6mg/L de nitrito para juvenis de *P. monodon*. Trabalhando com adultos e juvenis de *F. paulensis*, Cavalli *et al.* (1996) e Ostrensky (1997) estimaram níveis de segurança de 10,94 e 10,2mg/L de nitrito respectivamente, resultados muito próximos daqueles obtidos por Chen *et al.* (1990) com juvenis de *P. monodon*. Nesse contexto, no presente trabalho o nível de segurança de nitrito para juvenis de *F. brasiliensis* foi de 10,59mg/L, resultado que corrobora os autores citados.

O nitrato é o composto nitrogenado considerado de mais baixo poder tóxico para os organismos aquáticos (Wasielesky 2000). Em exposições de curta duração, os níveis letais variam entre 1000 e 3000mg/L de nitrato (Colt & Armstrong 1981).

Tsai & Chen (2002) citam que a toxicidade aguda de nitrato tem sido relatada em teleósteos de águas doce, salobra e marinha, assim como para lagostins de água doce e camarões peneídeos. Para *P. monodon*, a CL₅₀ (96h) de nitrato indicou uma variação entre 1449 a 2316mg/L, mostrando que o camarão marinho é mais tolerante ao nitrato que teleósteos, mas menos tolerantes ao nitrato que moluscos. Com base no valor de 96 horas e o fator de

aplicação empírica 0,1 (Sprague 1971), o "nível de segurança" calculado pelos autores, para juvenis de *P. monodon*, é de 232mg/L de nitrato em salinidade 25 (Tsai & Chen 2002).

Wasielesky (2000) analisando o efeito do nitrato em juvenis de *F. paulensis*, mostrou que camarões expostos a 80,7mg/L tiveram suas taxas de crescimento significativamente reduzidas, evidenciando assim uma maior sensibilidade da espécie ao nitrato do que outras espécies de peneídeos. Neste trabalho, a CL₅₀ (96h) foi de 912,07mg/L. Com base no fator de aplicação proposto por Sprague (1971), o nível de segurança calculado para juvenis de *F. brasiliensis* é 91,20mg/L, próximo ao encontrado por outros autores que trabalharam com camarões peneídeos.

A interação entre a produção dos compostos nitrogenados e produção de camarão é uma consideração importante para os aquicultores (Frias-Espicueta *et al.* 1999). Os níveis de segurança obtidos aqui têm implicações importantes para o manejo de criação de camarões, uma vez que as comparações mostram que os juvenis de camarão-rosa *F. brasiliensis* apresentam baixa tolerância aos compostos nitrogenados testados nesse estudo, principalmente à amônia, evidenciando assim, a necessidade de cuidados no manejo de cultivos de camarões para evitar o acúmulo destes compostos nos sistemas de produção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALLAN GL, GB MAGUIRE, SJ HOPKINS. 1990. Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved-oxygen levels. *Aquaculture*, 91: 265-280.
- BROWNELL, CL. 1980. Water quality requirements for first-feeding in marine fish larvae: ammonia, nitrite and nitrate. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 44: 269-283.
- BUIKEMA AL, RR NIEDERLEHNER, JJ CAIRNS. 1982. Biological monitoring Part IV. Toxicity testing. *Water Res* 16: 239-262.
- CASTAÑO, CS. 1997. Toxicidade aguda do nitrito sobre o camarão rosa *Penaeus paulensis*, cultivados em diferentes salinidades. Monografia de graduação, curso de Oceanologia, FURG, Rio Grande, RS.

- CAVALLI, RO, WJ WASIELESKY, CS FRANCO & KC MIRANDA FILHO. 1996. Evaluation of the short-term toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to *Penaeus paulensis* (Crustacea, Decapoda) broodstock. *Arq. Biol. Tecnol.* 39: 567-575.
- CHEN, JC, CK CHIN & CK LEE. 1986. Effects of ammonia and nitrite on larval development of the shrimp *Penaeus monodon*. The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines 657-662.
- CHEN JC, PC LIU, SC LEI. 1990. Toxicity of ammonia and nitrite to *Penaeus monodon* adolescents. *Aquaculture*, 89: 127-137.
- CHEN, JC; YY TING, JN LIN & MN LIN. 1990. Lethal effects of ammonia and nitrite on *Penaeus chinensis* juveniles. *Mar. Biol.* 107(3): 427-431.
- COLT, J.E. & DA ARMSTRONG. 1981. Nitrogen toxicity to crustaceans, fish and molluscs. In: Allen, L.J. Kinney, E.C. (eds.) Proceedings of the Bioengineering Symposium for Fish Culture Section, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 34-47.
- EPA. 1985. Acute toxicity test for estuarine and marine organisms (shrimp 96-hour acute toxicity test). EPA-540/9-85-010.
- FRIAS-ESPERICUETA MG, M HARFUSH-MELENDZ, JI OSUNAL-SPZ, F PAEZ-OSUNA. 1999. Acute toxicity of ammonia to juvenile shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 62: 646-652
- FROMM, PO & JR GILLETE. 1968. Effect of ambient ammonia on blood ammonia and nitrogen excretion of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Bioch. And physiol.*, 26: 887-896.
- GROSS, A. 2004. Acute and chronic effects of nitrite on white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, cultured in low-salinity brackish water. *Journal of the aquaculture society*, 35(3) 315-321.
- GROSS, A, CE BOYD & CW WOOD. 2000. Nitrogen budget and transformations in channel catfish ponds. *Aquaculture Engineering*, 24: 113-132.
- HAMILTON, MA, RC RUSSO & RV THURSTON. 1977. Trimmed Spearman Karber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. *Environ. Sci. Technol.*, 11: 714-719. *Correction Environ. Sci. Technol.*, 12: 417 (1978).
- KINNE, O. 1976. *Mar. Ecol.* Ed. John Wiley & Sons, NY, USA, Vol III, part 1, 577.
- MIRANDA FILHO, KC. 1997. Efeito da amônia na sobrevivência e crescimento do camarão rosa *Penaeus paulensis*, dissertação de mestrado em oceanografia biológica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, RS.
- OSTRENSKY, A. 1991. Toxicidade da amônia e do nitrito no processo produtivo de pós-larvas do camarão-rosa, *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 105.
- OSTRENSKY, A. 1997. Estudos para viabilização tecnológica dos cultivos de camarões marinhos no litoral do Estado do Paraná, Brasil. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Brasil. 126.
- OSTRENSKY, A, MA MARCHIORI & LH POERSCH. 1992. Toxicidade aguda da amônia no processo produtivo de pós-larvas de *Penaeus paulensis*, Perez-Farfante, 1967. *An. Acad. Bras. Cien.*, 64(4): 383-389.
- OSTRENSKY, A & WJ WASIELESKY, 1995. Acute toxicity of ammonia to various life stages of the São Paulo shrimp *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. *Aquaculture*, 132: 339-347.
- PEIXOTO, SRM. 1996. Efeito da amônia na performance reprodutivo do camarão rosa *Penaeus paulensis* capturado no estuário da Lagoa dos Patos. Monografia de graduação, curso de Oceanologia, FURG, Rio Grande, RS. 41.
- SACHISIDA, A. 1997. Efeito do nitrato no crescimento de juvenis do camarão rosa *Penaeus paulensis* (Crustacea: Decapoda) Monografia de graduação, curso de Oceanologia, FURG, Rio Grande, RS.
- SANTOS, MHS, KF MIRANDA, LH POERSCH & WJ WASIELESKY. 1993. Efeito agudo do nitrato sobre alevinos da tainha *Mugil platanus* (Pisces: Mugilidae). *Anais do Simpósio Brasileiro sobre Cultivo de Camarões*. 811-821.
- SPRAGUE, JB. 1971. Measurement of pollutant toxicity to fish-III. Sublethal effects and "safe" concentrations. *Water Res.*, 5:245-266.
- TAHON, JP, D van HOOFF, C VINCKIER, R WITTERS, M de LEY & R LONHE. 1988. The reaction of nitrite with the haemocyanin of *Astacus leptodactylus*. *Biochem. J.* 249: 233-242.
- THURSTON, RV, RC RUSSO & CE SMITH. 1978. Acute toxicity of ammonia and nitrite to cutthroat trout fry. *Trans. Am. fish. Soc.*, 107: 361 368.
- THURSTON, RV. 1980. Some factor affecting the toxicity of ammonia to fishes. *EPA Ecol. Res. Ser.*, EPA-600/9-80-034: 118-137.
- TOMASSO, JR. 1994. Toxicity of nitrogenous Wastes to Aquaculture Animals. *Reviews Fish. Sci.*, 2(4): 291-314.
- TSAI SJ & JC CHEN. 2002. Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 89: 127-137
- WAJSBROT N, A GASITH, MD KROM, TM SAMOCH. 1990. Effect of dissolved oxygen and the molt stage on the acute toxicity of ammonia to juvenile green tiger prawn *Penaeus semisulcatus*. *Environ Toxicol Chem* 9: 497-504
- WASIELESKY, WJ. 2000. Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos dos parâmetros ambientais. Tese de doutorado. Fundação Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, RS, 199.
- YU, JP & K HIRAYAMA. 1986. The effect of un-ionized ammonia on the growth of the rotifer in mass culture. *Bull. Jpn. Sot. Sci. Fish*, 52: 1509-1513.

Submetido: 21/12/2011

Aceito: 15/02/2012

