

EFEITO AGUDO DO NITRATO SOBRE ALEVINOS DA TAINHA *Mugil platanus* (PISCES: MUGILIDAE)

Luís H. POERSCH¹; Marcos H. S. SANTOS²; Kleber MIRANDA FILHO¹; Wilson WASIELESKY JR.¹

RESUMO

O nitrato não é considerado tóxico para os organismos aquáticos cultivados com renovação de água, entretanto, em sistemas de cultivo fechados, este composto pode atingir altas concentrações, tornando-se potencialmente tóxico para peixes e crustáceos. O objetivo do trabalho foi determinar o valor mediano da concentração letal de nitrato para alevinos da tainha *Mugil platanus* e estabelecer os níveis de segurança para o cultivo da espécie. Para isto foram realizados ensaios de curta duração (96 h), em que alevinos de tainha (0,19 g de peso médio) foram submetidos às concentrações de 0, 125, 250, 500, 750, 1.000, 1.250, 1.500, 1.750, 2.000, 2.500 e 3.000 mg/L de N-NO₃⁻. A partir dos resultados de mortalidade nos ensaios estabeleceram-se as concentrações letais medianas (CL₅₀) de 2.287,4 e 1.522,4 mg/L N-NO₃⁻, para 24 e 96 horas, respectivamente. A partir da CL₅₀ (96 h) foi estimado o nível de segurança de 152,2 mg/L de N-NO₃⁻. Com base nos resultados observados, pode-se dizer que a tainha apresenta alta tolerância ao nitrato, fator que conta positivamente no estabelecimento do seu cultivo.

Palavras-chave: nitrato; toxicidade aguda; alevinos de tainha; *Mugil platanus*

ACUTE EFFECT OF NITRATE ON *Mugil platanus* (PISCES: MUGILIDAE) FINGERLINGS

ABSTRACT

Nitrate used to be considered not toxic for aquatic animals; however, in closed water culture system, this substance can accumulate reaching high concentrations that could become potentially toxic for fish and crustacean. The aim of the present work was to determine the median lethal concentrations (LC₅₀) of nitrate for mullet (*Mugil platanus*) fingerlings, and to establish the safe level for the culture of the species. Short-term bioassay was carried out through 96 hours. Mullet fingerlings (average weight of 0.19 g) were exposed to concentrations of 0; 125; 250; 500; 750; 1,000; 1,250; 1,500; 1,750; 2,000; 2,500; and 3,000 mg/L of N-NO₃⁻. The LC₅₀ were estimated based on mortality in the bioassays and their values were 2,287.4 and 1,522.4 mg/L, after 24 and 96 hours, respectively. Safe level was estimated in 152.2 mg/L of N-NO₃⁻. Results demonstrate that *M. platanus* is highly tolerant to nitrate, and data contribute positively for its culture.

Key words: nitrate; mullet fingerling; *Mugil platanus*; acute effect; toxicity

Nota Científica: Recebida em 26/1/2006 - Aprovada em 19/4/2007

¹ Endereço/Address: Fundação Universidade Federal de Rio Grande - Departamento de Oceanografia
Estação Marinha de Aquicultura - CP: 474 - Rio Grande - RS - CEP: 96201-900

² Inve do Brasil - Rua Augusto Calheiros, 226 - Fortaleza - CE - CEP: 60863-290

INTRODUÇÃO

Os mugilídeos são peixes costeiros que formam cardumes, sendo encontrados em abundância em ambientes estuarinos, onde passam parte do seu ciclo de vida (MENEZES e FIGUEIREDO, 1985). As espécies do gênero *Mugil* apresentam elevada importância comercial, sendo capturadas em praticamente todos os continentes, entre as latitudes 42° norte e 42° sul (SWIFT, 1988; ROSSI *et al.*, 1998). No Brasil, os dados de desembarque pesqueiro indicam a ocorrência de diferentes espécies de tainha ao longo do litoral, sendo que as capturas da espécie *Mugil platanus* estão limitadas entre o Rio de Janeiro e o Rio Grande do Sul, habitando águas marinhas, estuarinas e lagunares.

No Rio Grande do Sul, a presença de alevinos de *M. platanus* é freqüente ao longo do ano no estuário da Lagoa dos Patos (VIEIRA e SCALABRIN, 1991). Grupos numerosos de exemplares deste pequeno peixe são comuns em águas de pouca profundidade nas praias arenosas, principalmente perto da desembocadura de rios e arroios (MENEZES e FIGUEIREDO, 1985), distribuindo-se independentemente da salinidade e da temperatura (VIEIRA, 1985).

Devido à sua característica eurihalina e euritérmica, a espécie *M. platanus* poderá constituir-se em nova alternativa de cultivo para as regiões tropicais e temperadas (SWIFT, 1988), assim como já ocorre em diferentes partes do mundo (Cuba, Colômbia, México, Venezuela, Taiwan), podendo ser utilizada tanto em sistemas de monocultivo, como em consórcio com outras espécies de peixes e crustáceos (BENETTI e FAGUNDES NETO, 1991).

No entanto, é de extrema importância que, antes da introdução de uma espécie em cultivo, sejam realizados estudos relativos à susceptibilidade da mesma a fatores que venham a ser limitantes, dentre os quais pode-se mencionar a tolerância a parâmetros ambientais (salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e produtos nitrogenados), bem como aos relacionados ao ciclo de vida e ontogenia dos organismos, envolvendo, neste caso, nutrição, reprodução, crescimento (RUSSO, 1984; POXTON e ALLOUSE, 1987) e até mesmo aspectos socioeconômicos.

Dentre estes fatores destaca-se a ação de produtos nitrogenados, que eventualmente podem vir a se acumular em tanques de cultivo, como consequência da adubação dos mesmos, degrada-

ção da matéria orgânica e excreção dos organismos cultivados (CHEN e CHIN, 1988; OSTRENSKY *et al.*, 1991; TOMASSO, 1994; BIANCHINI *et al.*, 1996). Com relação aos produtos nitrogenados, a amônia, principal produto final do catabolismo protéico da maioria dos organismos aquáticos (KINNE, 1976), é uma substância bastante tóxica para peixes, crustáceos e moluscos, principalmente quando se encontra sob a forma gasosa (NH_3). O nitrito, composto intermediário na nitrificação bacteriana da amônia a nitrato, pode vir a ser muito tóxico, dependendo de sua concentração no meio e do estágio de desenvolvimento do organismo cultivado (THURSTON e RUSSO, 1978; MIRANDA-FILHO *et al.*, 1995). Segundo vários pesquisadores, o nitrito é uma forma nitrogenada altamente tóxica para organismos aquáticos, causando mortalidades em larviculturas e sistemas de cultivo (BROWNELL, 1980; MIRANDA-FILHO *et al.*, 1995). O nitrato é considerado uma substância com baixa toxicidade, mas, por ser o produto final da nitrificação, pode acumular-se em grandes quantidades, principalmente em sistemas fechados de cultivo (THURSTON *et al.*, 1986). Nesta situação, poderá causar efeitos letais ou subletais em diferentes organismos ou, ainda, atuar sinergicamente com as outras formas nitrogenadas (OSTRENSKY, 1997).

O grau de toxicidade apresenta variações específicas significantes, portanto torna-se de extrema importância o estudo dos efeitos tóxicos destas substâncias em diferentes espécies. Sendo assim, vários trabalhos têm sido elaborados na Estação Marinha de Aquicultura - Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), com o objetivo de determinar os efeitos agudos e crônicos de produtos nitrogenados sobre alevinos de *Mugil platanus* (MIRANDA-FILHO *et al.*, 1995; SAMPAIO *et al.*, 2002). Conseqüentemente, o presente trabalho tem a finalidade de determinar as concentrações tóxicas agudas do nitrato para *M. platanus*, assim como estabelecer o nível de segurança ("Safe Level") para a sobrevivência da espécie nos cultivos.

MATERIAL E MÉTODOS

Alevinos de *Mugil platanus* foram capturados na enseada estuarina do Saco do Justino (32°05'25' S' - 52°13'30' W) - Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, com a utilização de rede de arrasto com dimensões de 2 metros de largura, 1 metro de altura e malha com abertura de 5 mm. As tainhas capturadas, que apresentavam em média 0,19 g de peso úmido (\pm

0,02 g) e 3,1 cm de comprimento ($\pm 0,22$ cm), medido da extremidade anterior até a extremidade da nadadeira caudal, foram transportadas para a Estação Marinha de Aquacultura, da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, onde foram aclimatadas por 15 dias em caixas de polietileno (100 L) com água à salinidade de 27 e temperatura de 25 ± 1 °C. As tainhas foram mantidas em fotoperíodo natural e sob aeração constante, sendo alimentadas com náuplios de *Artemia* sp., ovos do siri *Callinectes sapidus* e ração utilizada para crescimento de trutas (Guabi), fornecidos *ad libitum*. A água usada na aclimação e nos experimentos foi bombeada do mar próximo à praia do Cassino, Rio Grande - RS e filtrada em tela de 125 μ m de abertura de malha.

Com o objetivo de determinar os valores medianos das concentrações letais (CL_{50}) de nitrato para *M. platanus*, realizaram-se testes em tanques de 2 litros, com 10 alevinos de tainha em cada um. Os experimentos, com três repetições de cada tratamento, foram mantidos com aeração constante, sem oferta de alimento e em água com salinidade de 27 e termostaticada, com o intuito de manter a temperatura em 25 °C. A cada 12 horas foram realizadas medições de temperatura, pH e salinidade nas diferentes unidades experimentais. Nos experimentos, foi obtida uma média de 0,21 g de peso seco de tainha por litro de meio experimental, respeitando os padrões de bioensaios sugeridos pela "Environmental Protection Agency (EPA)" (SZUMSKI *et al.*, 1982).

Os meios utilizados para a elaboração dos diferentes tratamentos foram preparados a partir de diluições da solução-estoque de nitrato de sódio (p.a.). As concentrações testadas foram 0 (controle), 125, 250, 500, 750, 1.000, 1.250, 1.500, 1.750, 2.000, 2.500 e 3.000 mg/L de $N-NO_3^-$. Diariamente foram realizadas renovações de 100% das soluções-teste, registrando-se nessa ocasião o número de organismos mortos em cada tratamento. Os alevinos foram considerados mortos quando não apresentavam nenhum tipo de movimento e/ou reação a estímulos táteis.

Para o cálculo das CL_{50} nos diferentes tempos de exposição, bem como os intervalos de confiança de 95%, foi utilizado o software "Trimmed Spearman Karber Method", desenvolvido por HAMILTON *et al.* (1977). Para a determinação do nível de segurança, "Safe Level", o valor da CL_{50} de 96 horas foi multiplicado por 0,1, conforme descrito por SPRAGUE, 1971.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a diferenças na infra-estrutura dos laboratórios e à amplitude de valores que podem ser fixados para os parâmetros ambientais, como salinidade, temperatura e pH, durante os ensaios de toxicidade a diferentes substâncias, torna-se problemática a comparação entre resultados experimentais. Para contornar este problema e poder comparar o nível de tolerância de diferentes organismos a um mesmo tóxico, a CL_{50} é o único parâmetro que torna possível confrontar estas informações. Os dados relativos à toxicidade do nitrato para organismos aquáticos diferem amplamente em relação aos níveis tóxicos e de segurança, assim como seus efeitos nos vários estágios de desenvolvimento (FRAKES e HOFF, 1982). KINCHELOE *et al.* (1979) estimou que níveis de nitrato entre 5 e 10 mg/L $N-NO_3^-$ são pouco tóxicos para ovos e larvas de trutas (*Oncorhynchus mykiss* e *O. clarki*). SCOTT e CRUNKILTON (2000) determinaram que a CL_{50} (96 h) para larvas de *Pimephales promelas* variou entre 1.010 e 1.607 mg/litro. MUIR *et al.* (1991), em testes realizados com larvas do camarão *Penaeus monodon*, mostrou que a concentração de 1 mg/L de $N-NO_3^-$ é letal, constituindo o menor registro de efeito observado em organismos marinhos. Por outro lado, algumas espécies se mostram muito tolerantes ao nitrato, como foi verificado por PIERCE *et al.* (1993) em testes realizados com juvenis de *Pomacentrus leucostritus*, que exibiu alta tolerância ao nitrato, apresentando CL_{50} (96 h) superior a 3.000 mg/litro.

No presente trabalho, a sobrevivência de juvenis de *Mugil platanus* variou ao longo do período experimental em função da concentração de nitrato, sendo constatada mortalidade total nas primeiras 48 horas, no tratamento com maior concentração de nitrato. Por outro lado, no tratamento controle, a sobrevivência média foi de 93,4% ao final do experimento. Os resultados apresentados na tabela 1 indicam que a espécie *M. platanus* apresenta CL_{50} (96 h) semelhante à determinada para outras espécies de peixes (Tabela 2), dentre elas, algumas que são utilizadas em sistemas de cultivo comercial. PIERCE *et al.* (1993), em testes agudos realizados com cinco espécies de peixes, verificaram que alevinos de *Centropomus striata* e *Trachinotus carolinus* exibiram alta tolerância ao nitrato, apresentando CL_{50} (96 h) de 2.400 e 1.000 mg/L, respectivamente. Da mesma forma, TRAMA (1954) realizou experimentos com *Lepomis macrochirus* e observou sobrevivência de 100% dos organismos submetidos à concentração de 1.650 mg/L de $N-NO_3^-$ por 96 horas.

Tabela 1. Concentração letal mediana de nitrato (mg N-NO₃/L) para alevinos da tainha *Mugil platanus*

Tempo de exposição (h)	CL ₅₀	Limite inferior	Limite superior
24	2.287,4	2.151,1	2.432,4
48	1.819,6	1.715,3	1.930,3
72	1.639,9	1.513,6	1.776,9
96	1.522,4	1.406,0	1.648,5

Tabela 2. Comparação da toxicidade do nitrato (mg N-NO₃/L) para diferentes espécies de peixes

Espécie	CL ₅₀ 96 h	Referência
Oncorhynchus tshawytscha	1.310,0	WESTIN (1974)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	1.355,0	WESTIN (1974)
<i>Ictalurus punctatus</i>	1.400,0	COLT e TCHOBANOGLOUS (1976)
<i>Lepomis macrochirus</i>	420,0 – 2.000,0	TRAMA (1954)
<i>Poecilia reticulata</i>	180 – 200	RUBIN e ELMARAGHY (1977)
<i>Trachinotus carolinus</i>	1.000,0	PIERCE <i>et al.</i> (1993)
<i>Centropristis striata</i>	2.400,0	PIERCE <i>et al.</i> (1993)
<i>Mugil platanus</i>	1.522,4	Presente trabalho

Adaptado de RUSSO (1984) e CAMARGO *et al.* (2005)

Com base na CL₅₀ (96 h), o nível de segurança, no presente trabalho, foi estimado em 152,2 mg/L de N-NO₃⁻, que é o limite máximo a que os alevinos de tainha poderiam ser submetidos sem prejuízo do desenvolvimento. Este valor é praticamente o dobro do que foi estabelecido por SPOTTE (1979), que indica que 88,6 mg/L de N-NO₃⁻ seria o limite máximo de aceitação de nitrato em cultivos marinhos. Estudos realizados por KNEPP e ARKIN (1973) com *Microp-terus salmoides* e *Ictalurus punctatus* demonstram que uma concentração de 96 mg/L de N-NO₃⁻ não altera o comportamento nutricional e tampouco o crescimento de ambas as espécies em um período superior a 164 dias. No entanto, FRAKES e HOFF (1982) observaram reduções do crescimento da espécie *Amphiprion ocellaris* submetida à concentração de 100 mg/L de N-NO₃⁻, e KINCHELOE *et al.* (1979) registraram mortalidade em salmonídeos, após exposição por 30 dias ao nitrato em concentrações variando entre 1,1 e 4,5 mg/litro. Estudos mais recentes, levando em conta não só peixes cultivados mas também organismos mais suscetíveis ao nitrato, consideram que as concentrações máximas de nitrato para organismos aquáticos não devem ultrapassar 20 mg/L (CAMARGO *et al.*, 2005). No Canadá, o CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) (2003) recomenda concentrações inferiores a 16 mg/L de nitrato, enquanto, no Brasil,

a resolução 357-05 do CONAMA recomenda que as concentrações de nitrato sejam inferiores a 10 mg/L em ambientes de cultivo.

O mecanismo de ação tóxica do nitrato ainda é pouco conhecido, e apenas algumas informações são reportadas. FRAKES e HOFF (1982), em exames histológicos em pós-larvas de *A. ocellaris* expostas ao nitrato, observaram evidências de necroses tubulares, com conseqüente destruição dos rins. Entretanto, as causas disto não podem ser efetivamente atribuídas ao nitrato, pois durante os testes foi empregado sulfato de quinino no controle de enfermidade. No trabalho realizado por GRABDA *et al.* (1974) com trutas arco-íris expostas a concentrações de 22,0 a 26,4 mg/L de nitrato, foram observados aumento dos níveis de ferrohémoglobina no sangue, assim como danos nos centros hematopoiéticos e fígado. Embora não tenham sido realizados exames histológicos em *M. platanus*, observaram-se mudanças durante a exposição ao nitrato, principalmente nas concentrações mais elevadas, análogas às modificações dos padrões de coloração registradas por FRAKES e HOFF (1982) para *A. ocellaris*. Além das mudanças de coloração, também foram observadas alterações no comportamento de natação dos exemplares de tainha submetidos às concentrações mais altas de nitrato.

Durante o presente experimento não se verificou variação acentuada de temperatura, que oscilou 0,5 °C. O pH medido variou entre 7,3 e 7,9, sendo os menores valores observados antes das renovações das soluções. Com relação à salinidade, foram observados aumentos nas maiores concentrações, decorrentes do acréscimo diferenciado do sal nitrato de sódio para elaboração dos meios experimentais. A variação registrada foi de aproximadamente 1 unidade a cada 250 mg/L de N-NO₃⁻ a partir da concentração de 500 mg/L de N-NO₃⁻, atingindo salinidade 37 na concentração de 3.000 mg/L de N-NO₃⁻. No entanto, em vários testes realizados com outros produtos nitrogenados (MIRANDA-FILHO *et al.*, 1995; SAMPAIO *et al.*, 2002), a espécie *M. platanus* não se mostrou susceptível quando submetida a variações de salinidade entre 15 e 35. Já, BROWNELL (1980) verificou mortalidade da espécie *Heteromycteris capensis*, quando submetida a diferentes meios contendo nitrato de sódio, a qual foi atribuída a choque osmótico.

Apesar dos esforços de alguns pesquisadores, estudos de toxicidade do nitrato são raros, e a insuficiência de dados relativos aos efeitos letais e subletais deste composto na ontogenia de peixes e crustáceos requer monitoramento periódico, com a finalidade de manter sua concentração o mais baixo possível. Embora os alevinos de *M. platanus* tenham se mostrado muito tolerantes ao nitrato, faz-se necessário o controle dos níveis desta substância, pois, além da sua ação direta sobre os organismos, também poderá ocorrer, sob condições ambientais redutoras, a conversão do nitrato a nitrito, aumentando o potencial tóxico para os cultivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENETTI, D.D. e FAGUNDES NETTO, E.B. 1991 Preliminary results on growth of mullets (*Mugil liza* and *M. curema*) fed artificial diets. *World Aquaculture*, 22(4): 55-57.
- BIANCHINI, A.; WASIELESKY, W.J.; MIRANDA, K.F. 1996 Toxicity of nitrogenous compounds to juveniles of flatfish *Paralichthys orbignyanus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 56: 453-459.
- BROWNELL, C.L. 1980 Water quality requirements for first-feeding in marine fish larvae. I. Ammonia, nitrite and nitrate. *Biol. Ecol.*, 44: 269-283.
- CAMARGO, J.A.; ALONSO, A.; SALAMANCA, A. 2005 Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*, 58: 1255-1267.
- CCME (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT) 2003 Canadian water quality guidelines for protection of aquatic life: nitrate ion. In: *Canadian environmental quality guidelines*, (1999). Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, n° 1299.
- CHEN, J.C. e CHIN, T.S. 1988 Join action of ammonia and nitrite on tiger prawn *Penaeus monodon* postlarvae. *J. World. Aquac. Soc.*, 19(3): 143-148.
- COLT, J. e TCHOBANOGLOUS, G. 1976 Evolution of the short-term toxicity of nitrogenous compounds to channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 8: 209-224.
- FRAKES, T. e HOFF, F.H. 1982 Effect of high nitrite-N on the growth and survival of juvenile and larval anemonefish, *Amphiprion ocellaris*. *Aquaculture*, 29: 155-158.
- GRABDA, E.; EINSZPORN-ORECKA, T.; FELINSKA, C.; ZBANYSEK, R. 1974 Experimental methemoglobinemia in trout. *Acta Ichthyol. Pisc.*, 4: 43-71.
- HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.S.; THURSTON, R.V. 1977 Trimmed Spearman Karber Method for estimating median lethal concentration in toxicity bioassays. *Environ. Sci. Technol.*, 11: 714-719. Correção 12: 417 (1978).
- KINCHELOE, J.W.; WEDEMEYER, G.A.; KOCH, D.L. 1979 Tolerance of developing salmonid eggs and fry to nitrate exposure. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 23: 575-578.
- KINNE, O. 1976 *Marine ecology*. London: John Wiley and Sons Ltd. v. 3.
- KNEPP, G.L. e ARKIN, G.F. 1973 Ammonia toxicity levels and nitrate tolerance of channel catfish. *Progress Fish Cult.*, 35: 221-224.
- MENEZES, N.A. e FIGUEIREDO, J.L. 1985 *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil V. Teleostei* (4). São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 105p.
- MIRANDA FILHO, K.; WASIELESKY JUNIOR, W.B.; MAÇADA, A. 1995 Efeito da amônia e nitrito no crescimento da tainha *Mugil platanus* (Pisces, Mugilidae). *Rev. Brasil. Biol.*, 55(1): 45-50.

- MUIR, P.R.; SUTTON, D.C.; OWENS, L. 1991 Nitrate toxicity to *Penaeus monodon* protozoa. *Marine Biology*, 108: 67-71.
- OSTRENSKY, A.; MARCHIORI, M.A.; SANTOS, M.H.S. 1991 Degradação de alimentos naturais utilizados na maturação de *Penaeus paulensis* e sua influência sobre a qualidade da água. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 34(2): 251-261.
- OSTRENSKY, A. 1997 *Estudos para viabilização tecnológica dos cultivos de camarões marinhos no litoral do Paraná, Brasil*. Curitiba. 122p. (Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná).
- PIERCE, R.H.; WEEKS, J.M.; PRAPPAS, J.M. 1993 Nitrate toxicity to five species of marine fish. *J. World Aquac. Soc.*, 24(1): 105-107.
- POXTON, M.G. e ALLOUSE, S.B. 1987 Cyclical fluctuations in ammonia and nitrite - nitrogen resulting from the feeding of turbot (*Scophthalmus maximus*) in recirculating systems. *Aquacultural Engineering*, 6: 301-321.
- ROSSI, A.R.; CAPULA, M.; CROSETTI, D.; CAMP-
TON, D.E.; SOLA, L. 1998 Genetic divergence and phylogenetic interferences in five species of Mugilidae (Pisces: Perciformes). *Marine Biology*, 131: 213-218.
- RUBIN, A. e ELMARAGHY, G.A. 1977 Studies on the toxicity of ammonia, nitrate and their mixture to guppy fry. *Water Res.*, 11: 927-935.
- RUSSO, R.C. 1984 Ammonia, nitrite, and nitrate. In: TAYLOR e FRANCIS (Ed.). *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. 666p.
- SAMPAIO, L.A.; WASIELESKY JUNIOR, W.B.; MIRANDA FILHO, K. 2002 Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, New York, 68(5): 668-674.
- SCOTT, G. e CRUNKILTON, R.L. 2000 Acute and chronic toxicity of nitrate to fathead minnows (*Pimephales promelas*), *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia magna*. *Environment Toxicology Chemistry*, 19: 2918-2922.
- SPOTTE, S. 1979 *Seawater aquariums*. London: John Wiley e Sons Ltd. 413p.
- SPRAGUE, J.B. 1971 Measurement of pollutant toxicity to fish III. Sublethal effects and "safe" concentrations. *Water Res.*, 5: 245-266.
- SWIFT, D.S. 1988 *Aquaculture training manual*. Surrey: Adlard and Son Ltd. 135p.
- SZUMSKI, D.S.; BARTON, D.A.; PUTNAM, H.D.; POLTA, R.C. 1982 Evaluation of EPA un-ionize toxicity criteria. *Journal WPCF*, 54(3): 281-291.
- THURSTON, R.V. e RUSSO, R.C. 1978 Acute toxicity of ammonia and nitrite to cutthroat trout fry. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107(2): 361-368.
- THURSTON, R.V.; RUSSO, R.C.; PHILLIPS, G.R. 1986 Acute toxicity of ammonia to fathead minnows. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 112: 705-711.
- TOMASSO, J.R. 1994 Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. *Reviews in Fish. Science*, 2(4): 291-314.
- TRAMA, F.B. 1954 The acute toxicity of common salts of sodium, potassium and calcium to the common bluegill (*Lepomis macrochirus* Rafinesque). *Procedures Academy Natural Sci. Philadelphia*, 106: 185-205.
- VIEIRA, J.P.S. 1985 *Distribuição, abundância e alimentação dos jovens de Mugilidae no estuário da Lagoa dos Patos, e movimentos reprodutivos da tainha (Mugil platanus Günther, 1880)*. Rio Grande. 104p. (Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande).
- VIEIRA, J.P. e SCALABRIN, C. 1991 Migração reprodutiva da tainha (*Mugil platanus* Günther, 1880) no sul do Brasil. *Atlântica*, 13(1): 131-141.
- WESTIN, D.T. 1974 Nitrate and nitrite toxicity to salmonid fishes. *Progress Fish Cult.*, 36: 86-89.