

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA**

ANTONIO FÁBIO MARTINS CORREIA

**EXPOSIÇÃO CRÔNICA DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO A NITROGÊNIO
AMONÍACAL TOTAL EM pH DA ÁGUA NEUTRO A MODERADAMENTE ÁCIDO**

FORTALEZA

2011

ANTONIO FÁBIO MARTINS CORREIA

**EXPOSIÇÃO CRÔNICA DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO A NITROGÊNIO
AMONÍACAL TOTAL EM pH DA ÁGUA NEUTRO A MODERADAMENTE ÁCIDO**

Trabalho Supervisionado –
Modalidade A – Monografia –
submetido ao Departamento do
Curso de Graduação em
Engenharia de Pesca da
Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para a
obtenção do título de
Engenheiro de Pesca.

Área de concentração:
Aqüicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo
Vinícius do Carmo e Sá.

FORTALEZA

2011

C847e Correia, Fábio Martins.

Exposição crônica de juvenis de tilápia do nilo a nitrogênio amoniacal total em pH da água neutro a moderadamente ácido / Fábio Martins Correia. – 2011.

23 f. : il., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2011.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.
1. Aquicultura. 2. Limnologia. 3. Tilápia (Peixe). I. Título.

CDD 639.2

ANTONIO FÁBIO MARTINS CORREIA

EXPOSIÇÃO CRÓNICA DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO A NITROGÊNIO
AMONICAL TOTAL EM PH DA ÁGUA NEUTRO A MODERADAMENTE ÁCIDO

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Oscar Pacheco Passos Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus por me iluminar e me abençoar.

A minha mãe por sempre ter me ensinado bons valores e se esforçado para me dar uma boa educação e a meu pai (*in memoriam*), referência na minha vida.

Aos meus irmãos Fabricio e Daniele, meu tio Eduardo e minha avó Ivone e aos demais familiares, que sempre me incentivaram.

A minha namorada Lorena Holanda por todo amor e apoio.

Aos meus amigos, Thiago Fonseca, Rafael Barroso, Nacélio Segundo, Michael Akao, Davi Holanda, William Alves, que ao longo da graduação tornaram-se minha família.

Aos meus companheiros de laboratório, Roberto Lima, Nayara Caldini, Jackes Rodrigues e aos demais sem exceção que me ajudaram e foram de fundamental importância para conclusão desse projeto.

Ao Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) pelo apoio à ao trabalho, por meio do fornecimento dos peixes utilizados na pesquisa.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela apoio as pesquisas através da bolsa concedida.

Aos demais professores que ao longo da graduação contribuíam com a minha formação.

RESUMO

O presente experimento foi projetado para determinar os efeitos da aplicação NH_4Cl em alguns indicadores de qualidade da água, Amônia, Nitrito, Oxigênio dissolvido, Salinidade, Condutividade Elétrica, pH e os efeitos tóxicos do NH_4^+ , em concentrações inferiores a 2 mg L^{-1} e o desempenho do crescimento em juvenis de tilápia do Nilo. Vinte tanques de 250 L de polietileno no patio externo do Laboratório de Ciência e tecnologia aquícola- LCTA foram usados para estocar os peixes do experimento. Dez juvenis ($2,18 \pm 0,13 \text{ g}$) foram estocados em cada tanque (40 peixes / m^3) por 8 semanas. Havia três tratamentos experimentais e um grupo controle. Nos tratamentos experimentais, aplicação quinzenal de cloreto de amônio grau analítico (NH_4Cl) em água de 1, 2 e 4 g tanque^{-1} foram utilizados para produzir concentrações de Nitrogênio Amoniacal Total - NAT cerca de 0,7; 1,0 e 1,5 mg L^{-1} , respectivamente. O grupo controle não recebeu NH_4Cl e sua concentração média NAT de 0,5 mg L^{-1} . O pH médio da água em todos os tanques se manteve em torno de 7 ($7,12 \pm 0,40$). Qualidade da água e variáveis de desempenho dos peixes foi observada no presente trabalho. O pH da água diminuiu linearmente à medida que as concentrações de NAT em água aumentaram. As concentrações de nitrito (NO_2^-) em água foram elevados e aumentaram linearmente quando mais NH_4Cl foi aplicada na água. O aumento de NH_4^+ e NO_2^- dificultou o ganho de peso corporal e rendimento dos peixes. Os resultados do Fator de Conversão Alimentar tornaram-se maiores na medida em que concentrações de NH_4^+ e NO_2^- na água aumentaram. Concluiu-se que a forma ionizada da amônia (NH_4^+), quando associada com nitrito alta (NO_2^-) é tóxico para os juvenis de tilápia do Nilo mesmo em baixas concentrações em água ($<2 \text{ mg L}^{-1}$).

Palavras-chave: Aquicultura, Tilápia, Amônia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | Pág. |
|----------|--|------|
| TABELA 1 | Tabela do delineamento experimental que foi empregado no experimento, grupo controle sem adição de NH_4Cl e os tratamentos 1, 2 e 3 com dosagem de 1, 2 e 4 g/tanque 250 L respectivamente. | 11 |
| FIGURA 1 | Concentração de nitrogênio amoniacal total em tanques de 250 L com tilápia do Nilo (quase 100% como NH_4^+). NH_4Cl de grau analítico foi aplicado a cada duas semanas a 0, 1, 2 e 4 g tanque^{-1} . Cada ponto representa a média de cinco repetições. | 14 |
| FIGURA 2 | Relação entre o pH da água dos tanques com a concentração de Nitrogenio amoniacal total. O pH da água foi medido entre 9 – 10 h. O pH médio da água em todos os tanques se manteve em torno de 7 ($7,12 \pm 0,40$). | 15 |
| FIGURA 3 | Relação entre a concentração de nitrito e o nitrogenio amoniacal total da água de cultivo | 16 |
| FIGURA 4 | Condutividade Elétrica e salinidade da água de cultivo sof efeito de diferentes concentrações de nitrogenio amoniacal total. | 16 |
| FIGURA 5 | Ganho em peso de tilápia do Nilo, peso corporal final, produtividade e Fator de Conversão alimentar conversão alimentar (FCA), após oito semanas em tanques de polietileno de 250 L submetidos a diferentes concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT) (quase 100%, como NH_4^+ ; média \pm DP, n = 5). O aumento nas concentrações de NAT na água foram obtidos através da aplicação de 0, 1, 2 e 4 g de NH_4Cl tanque^{-1} a cada duas semanas. | 18 |

SUMÁRIO

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 10 |
| 2.1 Peixes e Sistema Experimental | 10 |
| 2.2 Delineamento Experimental | 10 |
| 2.3 Variáveis Experimentais e procedimentos analíticos | 11 |
| 2.4 Análises estatísticas | 11 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 13 |
| 3.1 Qualidade de água | 13 |
| 3.2 Desempenho zootécnico | 17 |
| 4 CONCLUSÕES | 19 |
| REFERÊNCIAS | 20 |

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura vem sendo nos últimos anos uma alternativa para a pesca extrativista e uma maneira de atenuar a sobrepesca de espécies ameaçadas. Dentro desse cenário a tilapicultura vem se destacando como uma alternativa promissora. A aquicultura teve um papel de destaque no crescimento da produção de pescado no país.

No mundo, esta atividade vem crescendo sensivelmente em relação à pesca, que já chegou ao seu limite máximo sustentável, tornando-se uma importante alternativa para produção de pescado, tanto em área continental como marinha (CAMARGO, 2005). No Brasil, Somente a piscicultura teve uma elevação de 60,2% em 2008 e 2009, na comparação com 2007. A criação de Tilápia chegou a 132 mil toneladas/ano, sendo o carro chefe da produção aquícola e representa 39% do total de pescado cultivado (MPA, 2010). Com base nessas informações, são necessárias pesquisas nas áreas de nutrição, manejo, saúde e qualidade de água, para obtenção de maior eficiência produtiva e econômica.

A amônia é um composto nitrogenado inorgânico tóxico para a vida animal. Em ecossistemas aquáticos, as principais fontes de amônia são excreções dos animais e decomposição bacteriana da matéria orgânica, e em viveiros a ração também é uma fonte de amônia. Existem duas formas químicas de amônia na água, NH_3 (amônia não ionizada) e NH_4^+ (amônia ionizada ou amônio). A soma de NH_3 e NH_4^+ é amônia total que é determinada analiticamente como nitrogênio amoniacal total (NAT). Estas duas formas de amônia estabelecem um equilíbrio entre si, que depende principalmente do pH da água. O aumento do pH da água faz a amônia não ionizada ser mais abundante do que NH_4^+ . Amônia não ionizada é considerada a forma mais tóxica de amônia para os animais aquáticos (BOYD e TUCKER, 1998).

De acordo com (KUBITZA, 1998), em viveiros e tanques com altos níveis de amônia, análises de pH e amônia devem ser feitas semanalmente, as análises de pH serão úteis para conhecer o poder tampão da água e também para indicar a forma de amônia mais abundante na água.

Cloreto de amônio (NH_4Cl) é geralmente usado em ensaios experimentais com o objetivo de estudar a toxicidade da amônia em peixes e camarões cultivados (FRANCES *et al* 2000; LEMARIE *et al* 2004; ALAM e FRANKEL, 2006; COSTA *et al*, 2008; BARBIERI, 2010; HEGAZI *et al*, 2010).

Em estudos sobre a concentração de amônia letal para peixes, níveis muito altos de NAT e amônia não ionizada são empregados para causar toxicidade aguda. Por outro lado, em estudos sobre as concentrações de amônia subletais, níveis muito mais baixos de NAT e amônia não ionizada são usados para expor os peixes à toxicidade crônica. Neste último, é necessário o uso adequado de taxas de aplicação de NH_4Cl que prejudicam o crescimento dos peixes, sem causar mortalidade significativa.

El-Shafai *et al.* (2004) aplicaram baixos níveis de NH_4Cl em tilápias do Nilo de 20g para observar seus efeitos crônicos sobre o desempenho dos peixes. Nesse trabalho, as concentrações de NAT e amônia não ionizada nas águas experimentais variaram entre 2,5- 10 mg L^{-1} e 0,07 - 0,43 mg L^{-1} , respectivamente. Os peixes do grupo controle foram estocados em água com 0,2 mg L^{-1} NAT e 0,004 mg L^{-1} amônia não ionizada, respectivamente (não foi acrescentado NH_4Cl). Os autores concluíram que os efeitos negativos no crescimento da tilápia pode ter sido provocada por concentrações acima de 0,1 mg de amônia não ionizada L^{-1} . Nesse trabalho, no entanto, os autores concentraram-se somente na amônia não ionizada e nenhuma discussão foi feita sobre o possível efeito tóxico do NH_4^+ . Além disso, a concentração do NAT na água do grupo controle (0,2 mg L^{-1}), e a faixa de NAT mais baixa na água tratada com NH_4Cl (2,5 mg L^{-1}) foi consideravelmente alta. Seria interessante também determinar os efeitos crônicos de baixas concentrações de NAT ($< 2 \text{ mg L}^{-1}$) sobre o crescimento da Tilápia do Nilo e na eficiência alimentar.

Portanto, o presente experimento foi planejado para determinar os efeitos da aplicação de NH_4Cl em alguns indicadores de qualidade da água, Amônia, Nitrito, Oxigênio dissolvido, Salinidade, Condutividade Elétrica, pH e os efeitos tóxicos do NH_4^+ , em concentrações inferiores a 2 mg L^{-1} no desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Peixes e sistema experimental

O experimento foi realizado no Laboratório de Ciência e Tecnologia aquícola-LCTA, que pertence ao Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará-UFC. Mil alevinos de tilapias, *Oreochromis niloticus*, revertidos para o sexo masculino foram obitidos no centro de pesquisas em aquicultura Rodolpho Von Ihering do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em Pentecoste, no estado do Ceará, Brasil. (3 °47'40.49 "S; 39 °16'36.07"W). Inicialmente, os peixes permaneceram em um tanque de recepção por uma semana para aclimatar-se às condições de laboratório. Durante o período de aclimatação, os peixes foram alimentados com uma dieta comercial de alta proteína, 50% PB, (Aquaxcel™, a Cargill Nutrição Animal) em quatro refeições diárias às 08:00, 11:00, 14:00 e 17:00h. A taxa de alimentação diária foi igual a 10% da biomassa estocada.

Vinte tanques de polietileno de 250L foram usados para estocar os peixes do sistema experimental no patio externo do laboratório. Portanto, estavam sujeitos às condições abientais. Os tanques tinham tampas perfuradas e eram protegidos com telas para impedir a fuga dos peixes, contudo permitiam a entrada da luz solar. No início do experimento, dez juvenis ($2,18 \pm 0,13\text{g}$) foram estocados em cada tanque (40peixes m^{-3}). Nenhuma aeração artificial foi fornecida aos tanques. Os peixes foram mantidos nesse sistema experimental durante oito semanas. Água da torneira sem cloro foi utilizada como a água inicial para preencher os tanques, não houve renovação de água, somente reposição devido à evaporação.

2.2 Delineamento experimental

Havia três tratamentos experimentais e um grupo controle com cinco repetições cada, totalizando 20 tanques. Nos tratamentos experimentais foram feitas a aplicação quinzenal de cloreto de amônio grau analítico (NH_4Cl) na água, nas taxas de 1, 2 e 4 g tanque⁻¹, que foram utilizadas para produzir concentrações de NAT de 0,7; 1,0 e 1,5 mg L⁻¹, respectivamente. O grupo controle não recebeu NH_4Cl e sua concentração média de NAT foi de 0,5 mg L⁻¹. O pH

médio da água em todos os tanques se manteve em torno de 7 ($7,12 \pm 0,40$). Sob essa condição, a presença de amônia não ionizada na água é desprezível (<1%; BOYD, 1979). Todos os peixes estocados foram alimentados com a mesma dieta artificial utilizada durante o período de aclimação em quatro refeições diárias às 08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h. A quantidade de alimento fornecido para os peixes foi ajustada a cada duas semanas após as biometrias.

TABELA 1. Tabela do delineamento experimental que foi empregado no experimento, grupo controle sem adição de NH_4Cl e os tratamentos 1, 2 e 3 com dosagem de 1, 2 e 4 g/tanque 250 L respectivamente.

| Grupo | Adição quinzenal NH_4Cl | Dosagem NH_4Cl |
|-------|---|--------------------------------|
| C1 | - | - |
| T1 | + | 1g/tanque 250 L |
| T2 | + | 2g/tanque 250 L |
| T3 | + | 4g/tanque 250 L |

2.3 Variáveis experimentais e procedimentos analíticos

Variáveis de qualidade de água e de desempenho dos peixes foram observadas no presente trabalho. Diariamente, análises de condutividade elétrica, pH e temperatura da água foram realizadas em todos os tanques com equipamentos portáteis entre 9:00 e 10:00 da manhã. Semanalmente, as concentrações de oxigênio dissolvido, íons dissolvidos totais (salinidade), NAT e nitrito (NO_2^-) foram monitorados a partir da 3ª semana experimental. As determinações analíticas de oxigênio dissolvido (método de Winkler), salinidade (titulação de nitrato de prata), NAT (método de Nessler) e nitrito foram realizados de acordo com as orientações apresentadas pela APHA (1999).

O peso corporal final do peixe, comprimento, sobrevivência, ganho em peso, produtividade e taxa de conversão alimentar foram observados em todas as repetições.

2.4 Análises estatísticas

A qualidade da água e os resultados de desempenho foram submetidos à análise de regressão linear e polinomial em que o NAT foi a variável independente. As análises de

regressão foram testadas individualmente para significância pela ANOVA. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SigmaStat 2.0 (Jandel Estatística) e do Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation). O nível de significância de 5% foi adotado em todas as análises estatísticas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade da água

As concentrações médias de NAT nos tanques variaram durante o experimento, mas as diferenças entre os tratamentos foram claras e seguiram as taxas de aplicação de NH_4Cl na (Figura 1). Juntamente com a aplicação de NH_4Cl , outra importante fonte de amônia para água é a decomposição bacteriana da matéria orgânica (fezes de peixes e restos de alimentação animal; KUTAKO et al, 2009). Esta é a explicação para a concentração de $0,46 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$ de NAT nos tanques do grupo controle (sem adição de NH_4Cl). As concentrações de NAT nos tanques que receberam as taxas de aplicação de NH_4Cl de 1; 2 e 4 gt anque^{-1} foram de $0,73 \pm 0,17$; $1,05 \pm 0,14$ e $1,47 \pm 0,16 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente.

Nos tanques do grupo controle, que não receberam a adição de NH_4Cl , os níveis de nitrogenio amoniacal total foram de $0,46 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$. De acordo com a relação existente com o pH (Figura 2), que teve média em todos os tanques em torno de 7($7,12 \pm 0,40$), a predominância foi da forma ionizada da amonia (NH_4^+). Esse resultado também foi constatado para os demais tanques dos tratamentos experimentais.

Como a forma não ionizada da amônia (NH_3) estava em baixas concentrações na água, os peixes não sofreram muito sua ação tóxica. Isso porque em pH básico o íon amonio se transforma em amonia (NH_3 , livre, gasoso), que dependendo de sua concentração pode ser tóxica para estes organismos. Concentrações de $0,25 \text{ mg L}^{-1}$ ou superiores a essa afetam o crescimento dos peixes, embora a concentração letal (que mata 50% dos indivíduos) seja consideravelmente superior ($=0,5 \text{ mg L}^{-1}$) (ESTEVES, 1998).

De acordo com Piedras *et al.* (2006), que estudou a toxicidade aguda de amônia não ionizada em alevinos de Cará (*Cichlasoma facetum*), a concentração de amônia que causou a mortalidade de 50% dos animais em 96 horas, foi de $2,95 \text{ mg L}^{-1}$ de $\text{NH}_3 - \text{N}$. Segundo Karasu Benli e Köksal (2005), que estudaram a toxicidade aguda da amônia não ionizada em larvas e alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a CL_{50} (48h) foi de $1.009 \pm 0.02 \text{ mg L}^{-1}$ para larvas e $7.40 \pm 0.01 \text{ mg L}^{-1}$ para alevinos. Não foi realizada a análise específica de amônia não ionizada no presente experimento, mas se sabe que a mesma esteve provavelmente em baixas concentrações devido ao pH da água está próximo à neutralidade.

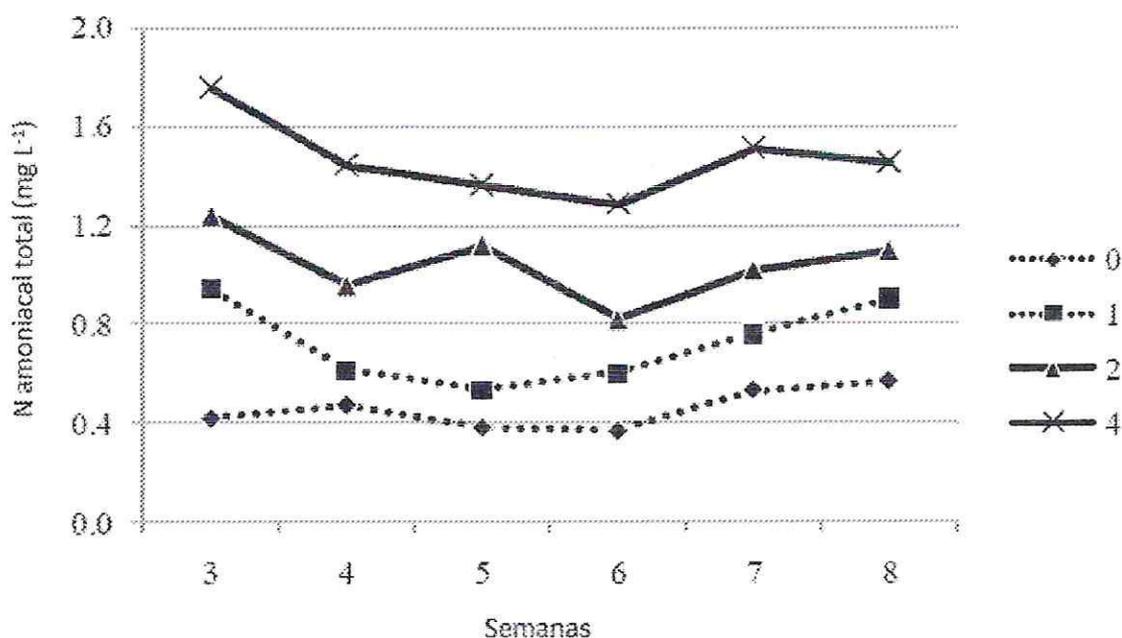


FIGURA 1. Concentração de nitrogênio amoniacal total em tanques de 250 L com tilápia do Nilo (quase 100% como NH_4^+). NH_4Cl de grau analítico foi aplicado a cada duas semanas a 0, 1, 2 e 4 g tanque⁻¹. Cada ponto representa a média de cinco repetições.

Taxas de aplicação cada vez maiores de NH_4Cl foram usadas para produzir deliberadamente diferentes concentrações de NAT e amônia não ionizada na água. Embora o propósito único de usar NH_4Cl é aumentar a NAT e amônia não ionizada, a entrada de Cl^- na água não deve ser desconsiderada. Cloreto reage com a amônia e forma, por exemplo, cloraminas inorgânicas (NH_2Cl) que pode ser muito tóxico para os peixes (WAN *et al.*, 2000).

O pH da água diminuiu de forma linear à medida que as concentrações de NAT da água aumentaram (Figura 2). Cloraminas (NH_2Cl) são produzidas na água pela reação entre a amônia e o cloro. O aumento de cloraminas leva a acidificação da água através da seguinte reação: $2\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}^+ + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ (BOYD e TUCKER, 1998). A diminuição do pH da água nos tanques submetidos à maior taxa de aplicação de NH_4Cl atingiu o valor mínimo de 5,8. Nesse pH, praticamente todo o NAT está na forma ionizada NH_4^+ (SERAFINI *et al.*, 2009). Esta situação torna o transporte ativo de NH_4^+ o principal mecanismo de excreção de amônia pelos peixes (ALAM e FRANKEL, 2006).

Portanto, esses resultados sugerem que os peixes criados em tanques onde a maior aplicação de NH_4Cl foi realizada sofreram duplamente, primeiro pela elevada toxicidade da amônia e segundo, pelo gasto aumentado de energia metabólica devido à excreção ativa de amônio para água.

Esteves (1998) explica que em valores de pH ácido e neutro a amônia formada é instável sendo convertida por hidratação a íon amônio ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$). Esse processo deve ter ocorrido no presente trabalho, observando-se os valores de pH da água (Figura 2).

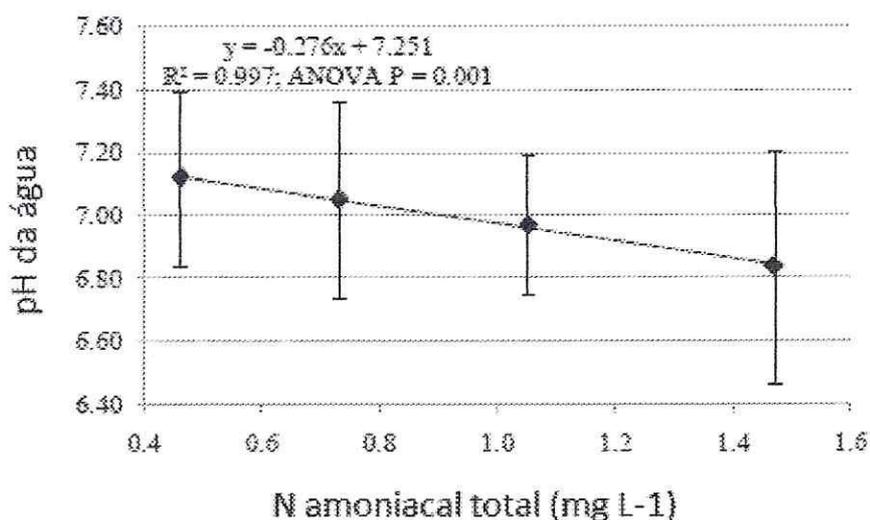


FIGURA. 2- Relação entre o pH da água dos tanques com a concentração de Nitrogênio amoniacal total. O pH da água foi medido entre 9 – 10 h. O pH médio da água em todos os tanques se manteve em torno de 7 ($7,12 \pm 0,40$).

As concentrações de nitrito (NO_2^-) na água foram elevadas e aumentaram de forma linear quando mais NH_4Cl foi aplicada na água. NO_2^- é formado quando a amônia é oxidada por bactérias quimiotróficas do gênero *Nitrosomonas*, através do processo de nitrificação (CLAROS et al., 2010). Assim, mais amônia na água geralmente implica em mais NO_2^- . Portanto, os efeitos prejudiciais da aplicação de NH_4Cl sobre o desempenho de crescimento dos peixes foram devido a amônia e ao NO_2^- . Este foi um efeito indesejável para a pesquisa, pois a intenção básica do presente trabalho foi, após a aplicação de NH_4Cl na água, estudar apenas o NAT ou a toxicidade da amônia não ionizada, e não a sua sinergia com o NO_2^- .

Em água doce e em função da espécie, concentrações de nitrito de $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ podem causar massiva mortandade de peixes. Exposição contínua a níveis subletais de nitrito ($0,3$ a $0,5 \text{ mg L}^{-1}$) pode causar redução no crescimento e na resistência dos peixes às doenças (KUBITZA, 1998). Portanto, os níveis de nitrito encontrados no presente trabalho estavam

acima dos níveis subletais (Figura 3) e, conseqüentemente, os peixes sofreram com a sua ação tóxica.

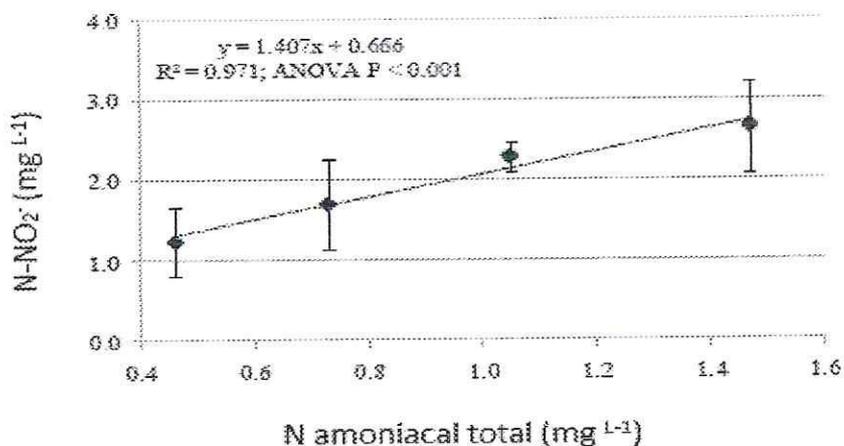


FIGURA 3- Relação entre a concentração de nitrito e o nitrogênio amoniacal total da água de cultivo.

Da mesma forma, a condutividade elétrica (CE) e a salinidade da água aumentaram de maneira significativa com o aumento das concentrações de NAT na água (Figura 4). A entrada de Cl⁻ na água através da aplicação de NH₄Cl teve impactos diretos sobre a CE e a salinidade. Sob estresse ambiental, como o que foi causado pela alta concentração de NAT, os peixes podem ter seu equilíbrio osmótico interrompido (BARTON, 2002). Assim, o aumento da salinidade da água causada pela aplicação de NH₄Cl poderia aliviar e combater essa dificuldade. O efeito final da aplicação de NH₄Cl sobre a fisiologia dos peixes dependerá do grau de influência de cada fator, salinidade vs amônia.

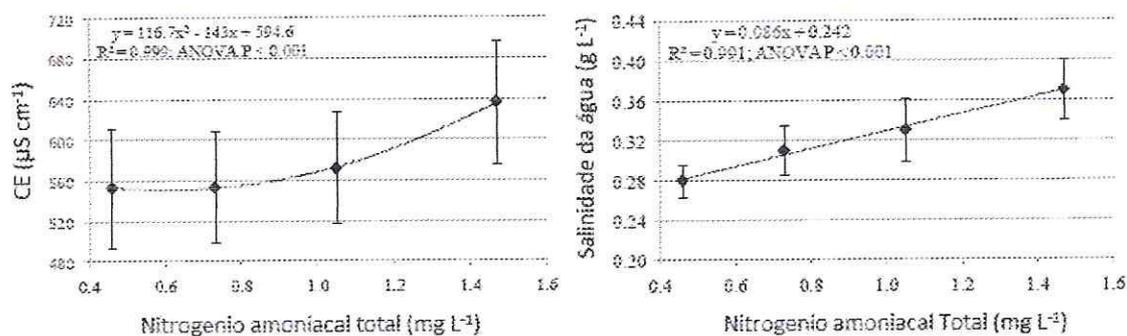


FIGURA 4- Condutividade Elétrica e salinidade da água de cultivo sob efeito de diferentes concentrações de nitrogênio amoniacal total.

Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre as concentrações de NAT na água e as concentrações de oxigênio dissolvido (r de Pearson = 0,032). Em média, a concentração de oxigênio dissolvido na água entre 9:00 e 10:00 h foi de $5,0 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$. A amônia tem uma demanda por oxigênio dissolvido quando é usada por bactérias aeróbias no processo de nitrificação (TAL et al., 2009). Portanto, seria de se esperar menos oxigênio dissolvido nas águas em que a amônia esteve mais concentrada. Talvez nos níveis mais baixos de NAT praticados no presente trabalho ($< 2,0 \text{ mg L}^{-1}$), não houve uma demanda significativa por oxigênio dissolvido. Desta forma, os efeitos prejudiciais do NAT no crescimento dos peixes que foram observados no presente trabalho foram inteiramente devido ao NAT e ao nitrito, e não as suas interações com baixos níveis de oxigênio dissolvido.

3.2 Desempenho zootécnico

No presente estudo, o desempenho do crescimento da tilápia do Nilo foi significativamente afetado pela exposição crônica dos peixes ao NH_4^+ e NO_2^- . O aumento nas concentrações de NH_4^+ e NO_2^- reduziu a produtividade e ganho de peso corporal dos peixes. O mesmo efeito prejudicial de NH_4^+ e NO_2^- foi visto para o comprimento corporal final dos peixes. Os resultados de FCA tornaram-se piores na medida em que as concentrações de NH_4^+ e NO_2^- na água aumentaram (Figura 5). Por outro lado, o aumento do NAT até $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ não afetou significativamente a sobrevivência dos peixes. Em média, a sobrevivência final foi de $92,4 \pm 7,9\%$. Os resultados do presente trabalho estão de acordo com os encontrados por El-Shafai et al. (2004) que também observaram declínio no desempenho zootécnico após a exposição crônica ao NAT. El-Sherif (2008) pesquisando sobre os efeitos da amônia sobre o desempenho da Tilápia do Nilo, também encontrou que o crescimento dos peixes diminuiu e o FCA aumentou com a elevação nas concentrações de amônia não ionizada na água.

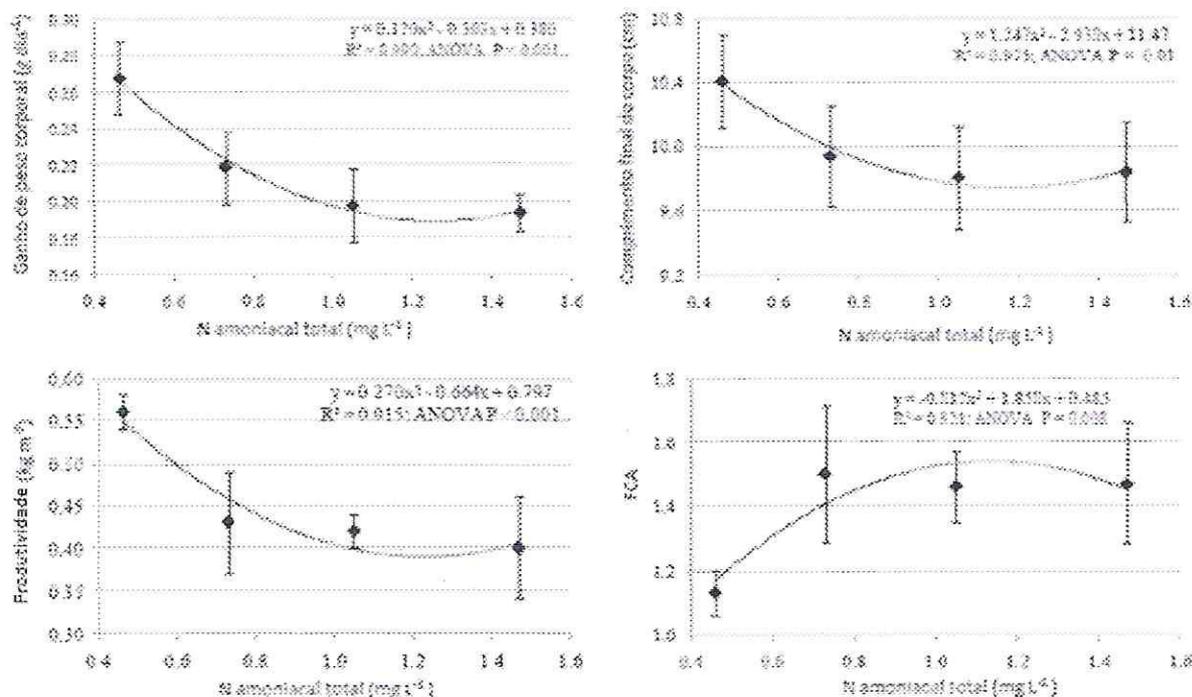


FIGURA 5. Ganho em peso de tilápia do Nilo, peso corporal final, produtividade e conversão alimentar (FCA), após oito semanas em tanques de polietileno de 250 L submetidos a diferentes concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT) (quase 100%, como NH_4^+ ; média \pm DP, n = 5). O aumento nas concentrações de NAT na água foram obtidos através da aplicação de 0, 1, 2 e 4 g de NH_4Cl tanque⁻¹ a cada duas semanas.

As duas principais diferenças entre o presente trabalho e a metodologia do trabalho de El-Shafai são 1º) a ênfase colocada nas formas de amônia (NH_4^+ vs amônia não ionizada, respectivamente e 2º) os intervalos de NAT empregados nos dois trabalhos (0,5 - 1,5 mg L⁻¹ vs 0.2 - 10 mg L⁻¹, respectivamente). No primeiro caso, os resultados do presente trabalho sugerem que não apenas a amônia não ionizada é capaz de prejudicar significativamente o crescimento dos peixes, mas também o NH_4^+ em sinergismo como NO_2^- . No último caso, sugere-se que concentrações de NH_4^+ inferiores a 2 mg L⁻¹ já são capazes de prejudicar o crescimento da tilápia do Nilo e a eficiência alimentar. Os resultados do presente trabalho demonstraram que a forma ionizada da amônia (NH_4^+), geralmente chamado de "forma de amônia menos tóxica" (LEUNG et al., 2011), associada a altos níveis de NO_2^- , comprometeu negativamente o desempenho produtivo da tilápia do Nilo.

4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir o que segue:

- 1- A forma ionizada de amônia (NH_4^+), quando associada a altas concentrações de nitrito (NO_2^-), é tóxica para juvenis de tilapia do Nilo, até mesmo em baixas concentrações na água ($< 2 \text{ mg L}^{-1}$), tendo em vista os resultados zootécnicos afetados negativamente com o aumento de NH_4^+ e NO_2^- ;
- 2- A aplicação de NH_4Cl na água produz acidificação da água em proporção direta à sua taxa de aplicação.
- 3- O pH diminuiu a medida que foi aplicado NH_4Cl e Nitrito aumentou com aplicação de cloreto de amônio.
- 4- Em estudos futuros com NH_4Cl deve-se tentar eliminar o NO_2^- do sistema a fim de avaliar somente os efeitos do NH_4^+ .

REFERÊNCIAS

- KARASU, A. Ç.; BENLÜ, K.KOSAL G. **The Acute Toxicity of Ammonia on Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Larvae and Fingerlings**, 2005.
- ALAM, M.; FRANKEL, TL. Gill ATPase activities of silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell), and golden perch, *Macquaria ambigua* (Richardson): Effects of environmental salt and ammonia. **Aquaculture**, v.251, p.118-133, 2006.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20th ed. APHA, Washington, 1999.
- BARBIERI, E.; Acute toxicity of ammonia in white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. **Aquaculture**, v.306, p.329-333, 2010.
- BARTON, B.A.; Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integ Comp Biol**, v. 42,n.3, p. 517–525, 2002
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Springer, New York. 1998
- BRASIL. Ministério da pesca e Aquicultura.MPA. **Estatística da aquicultura e pesca no Brasil 2008/2009**. Disponível em <http://www.mpa.gov.br>, acessado em 10/11/2011
- CAMARGO, S.G.O.; POUHEY, J.L.O.F. Aquicultura – Um mercado em expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, 2005
- CLAROS, J.; JIMÉNEZ, E.; BORRÁS, L. *et al* Short-term effect of ammonia concentration and salinity on activity of ammonia oxidizing bacteria. **Water Sci Tech**, v. 61, n.12, p. 3008- 3016 .2010
- COSTA, L.D.F.; MIRANDA-FILHO, K.C.; SEVERO, M.P. *et al* (Tolerance of juvenile pompano *Trachinotus marginatus* to acute ammonia and nitrite exposure at different salinity levels. **Aquaculture**, v. 285, p. 270-272. 2008.
- EL-SHAFI S.A.; EL-GOHARY, F.A.; NASR, F.A. *et al* Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 232, p.117-127, 2004.

EL-SHERIF, M.S.; EL-FEKY, AMAL M. **effect of ammonia on Nile tilapia (*O. niloticus*) performance and some hematological and histological measures**, 2008.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª edição. Interciência :Rio de Janeiro, 1998. 602p.

FRANCES, J.; NOWAK, B.F.; ALLAN, G.L. Effects of ammonia on juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus*. **Aquaculture**, v.183, p.95-103, 2000.

HEGAZI, M.M; ATTIA, Z.I; HEGAZI, M.A.M. *et al.* Metabolic consequences of chronic sublethal ammonia exposure at cellular and subcellular levels in Nile tilapia brain. **Aquaculture**, v. 299, p.149-156, 2010,

KUBITZA, F. Qualidade da água na criação de peixes – parte II, **revista panorama da Aquicultura**, Março/Abril, v.8, n.46, p. 37, 1998.

KUTAKO, M.; POWTONGSOOK, S.; MENASVETA, P. Effect of illumination in nitrogen conversion and microorganism diversity in Sediment from Shrimp Pond. **Phycologia**,v. 48, p. 4-70. 2009.

LEMARIÉ, G.; DOSDAT, A.; COVET, D. *et al.* Effect of chronic ammonia exposure on growth of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**,v.229, p.479-491, 2004.

LEUNG, J.; JUMAR, M.; GLATZ, P. *et al.* Impacts of un-ionized ammonia in digested piggyery effluent on reproductive performance and longevity of *Daphnia carinata* and *Moina australiensis*. **Aquaculture**, v. 310, n. 3-4, p. 401-406, 2011.

PIEDRAS, S. R. N. *et al.* Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em alevinos de *Cichlasoma facetum* (JENYNS, 1842). **Ciênc.agrotec.**,Lavras, v. 30, n. 5, p. 1008-1012, set./out., 2006.

SERAFINI, R.L.; ZANIBONI-FILHO, E.; BALDISSEROTTO, B. Effect of combined non-ionized ammonia and dissolved oxygen levels on the survival of juvenile Dourado, *Salminus brasiliensis*(Cuvier). **J. World Aquac Soc**, v. 40, n.5, p.695-701, 2009.

TAL, Y.; SCHREIER, H.J.; SOWERS, K.R.; *et al.* Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. **Aquaculture**, v. 286, n.1-2, p. 28-35, 2009.

WAN, M.T.; WATTS, R.G.; CHENG, W. Acute Toxicity of Inorganic Chloramines to *Daphnia magna* in Two Types of Dilution Water. **Bull Environ Contam Tox**, v. 65, p. 147-152, 2000.