



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**ELEVAÇÃO ISOLADA OU COMBINADA DA ALCALINIDADE E DA DUREZA
TOTAL DA ÁGUA DE CULTIVO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO,
Oreochromis niloticus, MANTIDOS EM CONDIÇÕES LABORATORIAIS**

DAVI DE HOLANDA CAVALCANTE

**Monografia apresentada ao Departamento
de Engenharia de Pesca do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal
do Ceará, como parte das exigências para a
obtenção do título de Engenheiro de Pesca.**

**FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL
DEZEMBRO/2009**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C364e Cavalcante, Davi de Holanda.

Elevação isolada ou combinada da alcalinidade e da dureza total da água de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, mantidos em condições laboratoriais / Davi de Holanda Cavalcante. – 2009.

29 f. : il. color.

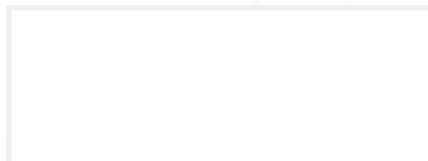
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2009.

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

1. Tilápia (Peixe). 2. Água - Qualidade. 3. Engenharia de pesca. I. Título.

CDD 639.2

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Marcelo Vínicius do Carmo e Sá, D.Sc.
Orientador/Presidente



Prof. Raimundo Nonato de Lima Conceição, D.Sc.
Membro

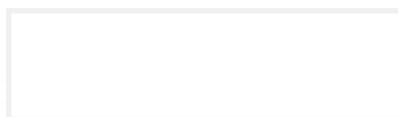


Prof. Moisés Almeida de Oliveira, D.Sc.
Membro

VISTO:



Prof. Moisés Almeida de Oliveira, D.Sc.
Chefe do Departamento de Engenharia de Pesca



Prof. Raimundo Nonato de Lima Conceição, D.Sc.
Coordenador do Curso de Engenharia de Pesca

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a minha família pela fé e confiança demonstrada.

À Lívian Matias pelo apoio incondicional.

Enfim a todos que de alguma forma tornaram este caminho mais fácil de ser percorrido.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmãos e toda minha família que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao professor Marcelo Sá, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

Aos membros da banca examinadora, professores Moisés Almeida e Raimundo Nonato, pela paciência de ler e sugestões para tornar este trabalho melhor.

Aos meus amigos e companheiros de laboratório, sem vocês não seria possível a realização desse sonho, sintam-se igualmente orgulhosos por esse feito, pois ele também pertence a vocês.

Ao DNOCS, na pessoa do eng.º agrônomo Pedro Eymar M.Sc., por ter gentilmente cedido os peixes para realização do experimento.

Aos amigos que fiz durante o curso de graduação, pelo auxílio nos trabalhos e dificuldades e principalmente por estarem comigo nesta caminhada tornando-a mais fácil e agradável.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	vi
Resumo	vi
1. Introdução	1
2. Materias e Métodos	4
2.1. Peixes e sistema experimental	4
2.2. Sistema de cultivo e delineamento experimental	4
2.3. Variáveis experimentais e procedimentos analíticos	5
2.4. Análises estatísticas	6
3. Resultados e Discussão	7
3.1. Qualidade de água	7
3.3. Desempenho zootécnico	16
4. Conclusões	19
5. Bibliografia	20

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Transmitância ótica a 670 nm em aquários de polietileno de 25 L ao longo do cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> ($0,47 \pm 0,05$ g). Letras diferentes na mesma semana significam que há diferença estatística entre os tratamentos. Água de abastecimento acidificada com HCl concentrado 1,5 mL 20 L ⁻¹ ; calagem da água de abastecimento com CaCO ₃ p.a. em 2 g 10 L ⁻¹ ; calagem da água de abastecimento com Na ₂ CO ₃ p.a. em 2 g 10 L ⁻¹ ; aplicação de CaSO ₄ p.a. à água acidificada em 2 g 10 L ⁻¹ .	7
Figura 2. Variações horárias de alcalinidade total, temperatura, CO ₂ livre e pH em aquários de polietileno de 25 L, no tratamento controle, durante o período de 25 horas, iniciando às 8 da manhã.	12
Figura 3. Variação horária de pH e alcalinidade total de aquários de polietileno de 25 L durante 25 horas, iniciando às 8 da manhã. (A) Aquários submetidos à acidificação com HCl p.a. concentrado em 1,5 mL 20 L ⁻¹ ; (B) Aquários submetidos à calagem com CaCO ₃ p.a. em 2 g 10 L ⁻¹ ; (C) Aquários submetidos à calagem com Na ₂ CO ₃ p.a. em 2 g 10 L ⁻¹ ; (D) Aquários submetidos à aplicação de CaSO ₄ p.a. em 2 g 10 L ⁻¹ .	13
Figura 4. Variação horária de pH e CO ₂ livre de aquários de polietileno de 25 L durante 25 horas, iniciando às 8 da manhã. (A) Aquários submetidos à acidificação com HCl p.a. concentrado em 1,5 mL 20 L ⁻¹ ; (B) Aquários submetidos à calagem com CaCO ₃ p.a. em 2 g 10 L ⁻¹ ; (C) Aquários submetidos à calagem com Na ₂ CO ₃ p.a. em 2 g 10 L ⁻¹ ; (D) Aquários submetidos à aplicação de CaSO ₄ p.a. em 2 g 10 L ⁻¹ .	15

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Variáveis de qualidade de água monitoradas semanalmente em aquários de polietileno de 25 L que foram estocados com juvenis de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> ($0,82 \pm 0,06$ g), submetidos a diferentes manejos (média $\pm$ d.p.; n=5). Os resultados de alcalinidade total, dureza total, dureza cálcica e dureza magnesiana estão em mg L ⁻¹ de CaCO ₃ equivalente, os resultados de amônia e CO ₂ livre estão em mg L ⁻¹ .	8
Tabela 2. Desempenho produtivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> ($0,82 \pm 0,06$ g) estocados por 6 semanas em aquários de polietileno de 25 L submetidos a diferentes manejos de qualidade de água. Os resultados de peso final, comprimento corporal final, sobrevivência e taxa de crescimento específico (TCE) estão em g peixe ⁻¹ , cm peixe ⁻¹ , % e %PV/dia, respectivamente (média $\pm$ d.p.; n = 5).	17

RESUMO

As características físico-químicas da água de cultivo afetam fortemente o crescimento, reprodução, saúde e sobrevivência dos peixes. Dentre os aspectos limnológicos de importância para a vida aquática, destacamos o equilíbrio ácido-base da água, que está diretamente relacionado com seu pH, alcalinidade e concentração de CO_2 livre. O presente trabalho foi realizado por seis semanas, com alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* ($0,55 \pm 0,04$ g), , cultivados em aquários submetidos à elevação isolada ou combinada da alcalinidade e da dureza total da água. Vinte e cinco aquários de polietileno de 25 L foram utilizados para manter os peixes experimentais (10 peixes por aquário). Os indicadores de qualidade de água que apresentaram os melhores resultados zootécnicos foram os seguintes: pH: 6,67 - 7,84 alcalinidade total: 15,5 – 73 mg L^{-1} ; dureza total: 117,2 - 149,1 mg L^{-1} ; relação dureza total/alcalinidade total: 1,61 - 9,67; CO_2 livre: 1,7 - 5,4 mg L^{-1} ; amônia total: 0,52 mg L^{-1} . Observou-se que a acidificação da água prejudicou o desenvolvimento do fitoplâncton. Os melhores resultados de desempenho zootécnico foram observados em condições de elevada dureza total e relação dureza/alcalinidade maior que 1. A elevação combinada da alcalinidade e dureza da água, ou apenas a elevação da dureza, resultou em bons resultados zootécnicos na fase de recria da tilápia. Por outro lado, a elevação apenas da alcalinidade da água, sem correção combinada da dureza, provocou estresse alcalino dos peixes no final da tarde, levando a retardo no crescimento.

ELEVAÇÃO ISOLADA OU COMBINADA DA ALCALINIDADE E DA DUREZA TOTAL DA ÁGUA DE CULTIVO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO, *Oreochromis niloticus*, MANTIDOS EM CONDIÇÕES LABORATORIAIS

DAVI DE HOLANDA CAVALCANTE

1. INTRODUÇÃO

As características físico-químicas da água de cultivo afetam fortemente o crescimento, reprodução, saúde e sobrevivência dos peixes. Grande parte do sucesso dos empreendimentos aquícolas depende da qualidade da água na qual os animais vivem. Por isso, os piscicultores estão permanentemente em busca de melhores condições de qualidade de água de seus tanques e viveiros. Dentre os aspectos limnológicos de importância para a vida aquática, o equilíbrio ácido-base da água ganha destaque, que está diretamente relacionado com seu pH, alcalinidade e concentração de CO₂ livre. As relações entre essas variáveis necessitam ser corretamente compreendidas para que se possa manejar corretamente as unidades de cultivo (KUBTIZA, 2003).

A faixa ideal de pH para o cultivo de peixes em viveiros vai de 6,5 a 9,0. Abaixo ou acima desses valores, há estresse e retardo no crescimento animal. Quando o pH da água de cultivo está abaixo de 4,0 ou acima de 11,0, há risco de morte iminente dos animais. Problemas com pH da água não são raros em viveiros de piscicultura (BOYD, 1992).

Em viveiros de peixes fertilizados, valores de alcalinidade total entre 20 e 120 mg L⁻¹ têm pouco efeito na produção de pescados, sendo essa faixa considerada adequada para piscicultura. Contudo, valores de alcalinidade total abaixo de 20 mg L⁻¹ afetam negativamente a produção. No outro extremo, valores de alcalinidade total muito elevados, acima de 200 – 300 mg L⁻¹, podem causar escassez de CO₂ na água, limitando com isso, a produtividade primária (BOYD, 2003).

O dióxido de carbono (CO_2) é potencialmente não tóxico aos peixes. A maioria das espécies sobrevivem por muitos dias em águas com até 60 mg/L de CO_2 , desde que haja oxigênio dissolvido na água em concentrações satisfatórias. O problema, contudo, é que concentrações elevadas de CO_2 na água correspondem, geralmente, a concentrações baixas de O_2 . Nessa situação, o peixe não consegue realizar trocas gasosas, acumulando CO_2 no sangue, o que pode levar a queda no pH sanguíneo e conseqüente morte. Concentrações elevadas de CO_2 em viveiros de peixes podem ser observadas após mortes súbitas de fitoplâncton, quando há desestratificação térmica e durante dias nublados (DANLEY et al., 2005).

A dureza total da água é a concentração de todos os cátions divalentes presentes na água e Ca^{+2} e Mg^{+2} são os cátions mais comuns em quase todos os sistemas de água doce. O valor recomendado para dureza total em viveiros de aquicultura é acima de 20 mg L^{-1} eq. CaCO_3 (ZWEIG et al., 1999). O cálcio influencia o crescimento do fitoplâncton, é essencial para os vários processos biológicos, tais como construção óssea, coagulação sanguínea, e muitas outras funções celulares. As principais fontes de cálcio para os peixes é a ingestão através do alimento e pela absorção branquial, sendo esta última a principal forma de absorção (FLIK & VERBOST, 1995).

Em tanques e viveiros de aquicultura com baixa renovação de água, a calagem pode ser empregada para corrigir o pH da água e aumentar sua alcalinidade. Além disso, quando realizada pela aplicação de calcário agrícola, que é a forma comercial de carbonato de cálcio ou magnésio, a calagem aumenta a concentração de cálcio na água, elemento fundamental ao crescimento e metabolismo animal. Geralmente, águas com pH menor que 6,5 e alcalinidade abaixo de 20 mg L^{-1} necessitam de calagem (BOYD et al., 2007).

Rojas e Rocha (2004) descobriram que pós-larvas de tilápia do Nilo ($0,03 \pm 0,007$ g) cresceram significativamente mais quando criadas em água com alcalinidade total de 30 mg L^{-1} . Os animais mantidos em água com alcalinidades totais abaixo (15 mg L^{-1}) ou acima (60 mg L^{-1}) daquele valor apresentaram crescimento significativamente menor.

Enquanto os resultados negativos obtidos por Rojas e Rocha (2004) para água com 15 mg L^{-1} para alcalinidade total já eram previstos, o resultado de desempenho das pós-larvas de tilápia mantidas em água com alcalinidade

total de 60 mg L^{-1} foi surpreendente. De acordo com as observações dos supracitados pesquisadores, a água de cultivo com alcalinidade média de 60 mg L^{-1} , concentração de cálcio de 25 mg L^{-1} , dureza total igual a 70 mg L^{-1} e pH igual a 7,9 prejudicou o crescimento dos peixes de forma acentuada. Esses valores, contudo, estão dentro das respectivas faixas de adequação para a criação de peixes tropicais (BOYD & TUCKER, 1998). Além disso, como a obtenção da alcalinidade total desejada naquele trabalho se fez pela aplicação de carbonato de cálcio à água, não se sabe até que ponto os resultados obtidos se deveram ao incremento de carbonato (aumento da alcalinidade), de cálcio (aumento da dureza) ou de ambos à água.

A aplicação de diferentes produtos químicos à água de cultivo, tais como carbonato de cálcio, sulfato de cálcio e carbonato de sódio, permite, respectivamente, o que segue: (1) elevar simultaneamente a alcalinidade e dureza da água; (2) elevar a dureza da água, sem alterar a alcalinidade e (3) elevar a alcalinidade da água, sem alterar a dureza. Deste modo, é possível se estudar isoladamente ou em conjunto os efeitos do carbonato e do cálcio adicionados à água de cultivo na qualidade da água e no crescimento animal. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a qualidade da água e o desempenho zootécnico de alevinos de tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus*, submetidos à elevação isolada ou combinada da alcalinidade e da dureza total da água de cultivo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Peixes e sistema experimental

Um milheiro de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* ($0,55 \pm 0,04$ g) foi obtido junto ao Centro de Pesquisa em Aquicultura do Departamento Nacional de Obras Contra Seca – DNOCS, localizado em Pentecoste, Ceará, Brasil. Os peixes foram transportados em sacos plásticos contendo água e oxigênio puro para o Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA, do Departamento de Engenharia de Pesca, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. Ao chegar ao laboratório, os peixes foram aclimatados e transferidos para um reservatório de 1000 L mantido com aeração constante.

Após um período de 24 horas, foi aplicado permanganato de potássio na concentração de 4 mg L^{-1} por 48 horas para desinfecção. Após o período de 48 horas, foi então aplicado tiosulfato de sódio na concentração de 4 mg L^{-1} para neutralização do permanganato de potássio residual. Durante o período de aclimação os peixes foram alimentados com ração farelada de alto teor de proteínas (45%). A ração foi ofertada quatro vezes ao dia às 8, 11, 13 e 16 horas, sendo que a taxa de arraçoamento foi de 10% da biomassa total ao dia.

O experimento foi desenvolvido na área do laboratório exposta a radiação solar, em 25 aquários de polietileno com volume útil de 25 litros. Os aquários foram mantidos com aeração constante através de pequenos compressores de ar conectados a mangueiras de silicones terminadas com pedras porosas. Em todos os aquários foram utilizadas telas para evitar possíveis fugas dos peixes dos aquários. No início do experimento, dez alevinos ($0,82 \pm 0,06$ g) foram estocados nos aquários. Durante a primeira semana, os peixes mortos foram substituídos por outros peixes com peso e comprimento aproximados. Os peixes foram mantidos no sistema experimental por seis semanas.

2.2. Sistema de cultivo e delineamento experimental

Nesse presente trabalho, foram desenvolvidos 5 tratamentos, a saber: controle (água de abastecimento municipal com eliminação do cloro residual), HCl (acidificação da água de abastecimento com HCl concentrado em 1,5 ml 20 L⁻¹), CaCO₃ (calagem da água acidificada com carbonato de cálcio analítico em 2 g 10 L⁻¹), Na₂CO₃ (calagem da água acidificada com carbonato de sódio analítico em 2 g 10 L⁻¹), CaSO₄ (aplicação de sulfato de cálcio analítico à água acidificada em 2 g 10 L⁻¹). Assim, criou-se cinco condições experimentais: (1) controle positivo, (2) água com alcalinidade total baixa e dureza total moderada, (3) água com alcalinidade total alta e dureza total elevada, (4) água com alcalinidade total alta e dureza total moderada e (5) água com alcalinidade total baixa e dureza total elevada.

Inicialmente, todos os aquários foram abastecidos com água descansada e nos quatro primeiros dias de cultivo as águas foram sendo trocadas de acordo com seu respectivo tratamento. As trocas parciais de água ocorreram nas seguintes proporções 1/3, 2/3 e 3/3 a cada dia. Após os quatro dias iniciais, as trocas de água aconteciam semanalmente, onde se retirava cerca de 1/3 do volume total apenas para sifonamento dos resíduos do fundo do aquário. No quinto dia de cultivo, foi inoculado uma amostra de água contendo fitoplâncton, de aproximadamente 250 mL, em todos os aquários.

Na fase principal, os peixes foram alimentados com a mesma ração utilizada no período de aclimação. Os peixes eram alimentados quatro vezes ao dia, às 8, 11, 13 e 16 horas. As taxas de arraçoamento utilizadas foram as seguintes: 15,0, 12,5 e 10,0 % da biomassa total, nas semanas 1-2, 3-4 e 5-6, respectivamente.

2.3 Variáveis experimentais e procedimentos analíticos

Foram analisados no presente trabalho variáveis de qualidade de água e desempenho zootécnico. Foram monitorados semanalmente pH, alcalinidade total, dureza total, dureza cálcica, CO₂ livre e amônia total, essas análises aconteciam sempre às 9 horas da manhã. Além das análises semanais, houve acompanhamento da variação de temperatura, pH, alcalinidade total e CO₂

livre ao longo de 25 horas, iniciando as 8 horas da manhã. Essas análises foram realizadas em dois dias diferentes ao longo do experimento. O pH da água foi medido usando medidor digital. A temperatura foi observada com o uso de um termômetro digital. As determinações analíticas de alcalinidade total, dureza total, dureza cálcica, CO₂ livre e amônia total foram realizadas de acordo com as orientações apresentadas pela APHA (1999). Para medições da abundância de fitoplâncton, semanalmente foi medido a absorbância da água de cultivo em um comprimento de luz de 670 nm (SILVA-NETO et al., 2008; VAHATALO et al., 2005).

2.4. Análises estatísticas

Os resultados de qualidade de água e desempenho zootécnico foram submetidos à análise da ANOVA unifatorial e bifatorial, respectivamente. Quando havia diferença significativa entre os resultados, estes eram então submetidos, dois a dois, ao teste de Tukey para comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Sigmastat 2.0 (Jandel Statistics, EUA). O nível de significância adotado foi de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Qualidade de água

A transmitância ótica a 670 nm diminuiu ao longo das semanas de cultivo em todos os tratamentos, exceto nos aquários com água acidificada (Figura 1). Essa diminuição se deveu ao desenvolvimento do fitoplâncton nos aquários experimentais. Com o aumento do fitoplâncton, cai a transparência da água e, conseqüentemente, o resultado de transmitância ótica (%).

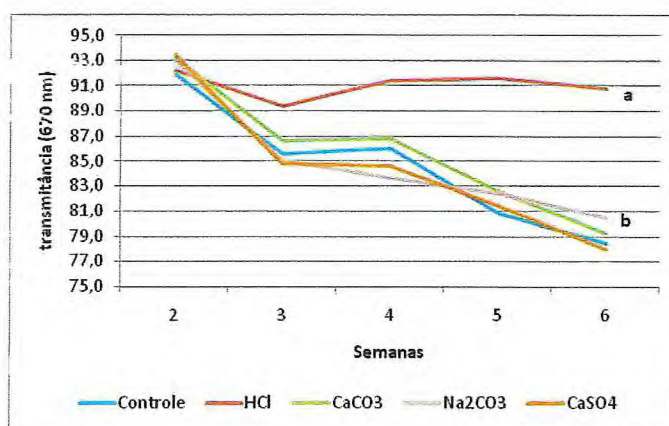


FIGURA 1. Transmitância ótica a 670 nm em aquários de polietileno de 25 L ao longo do cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* ($0,47 \pm 0,05$ g). Letras diferentes na mesma semana significam que há diferença estatística entre os tratamentos. Água de abastecimento acidificada com HCl concentrado $1,5 \text{ mL } 20 \text{ L}^{-1}$; calagem da água de abastecimento com CaCO_3 p.a. em $2 \text{ g } 10 \text{ L}^{-1}$; calagem da água de abastecimento com Na_2CO_3 p.a. em $2 \text{ g } 10 \text{ L}^{-1}$; aplicação de CaSO_4 p.a. à água acidificada em $2 \text{ g } 10 \text{ L}^{-1}$.

A transmitância ótica do tratamento HCl foi significativamente maior na última semana de cultivo em relação aos demais tratamentos, mostrando que a acidificação dos aquários foi prejudicial ao desenvolvimento do fitoplâncton e que a calagem realizada sobre as águas acidificadas nos demais tratamentos (Na_2CO_3 , CaCO_3 e CaSO_4) corrigiu a acidificação, beneficiando o desenvolvimento do fitoplâncton.

A Tabela 1 mostra os resultados para as seguintes variáveis de qualidade de água: pH, alcalinidade de água, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésiana, relação alcalinidade total/dureza total, CO₂ livre e amônia total.

TABELA 1. Variáveis de qualidade de água monitoradas semanalmente em aquários de polietileno de 25 L que foram estocados com juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (0,82 ± 0,06 g), submetidos a diferentes manejos (média ± d.p.; n=5). Os resultados de alcalinidade total, dureza total, dureza cálcica e dureza magnésiana estão em mg L⁻¹ de CaCO₃ equivalente, os resultados de amônia e CO₂ livre estão em mg L⁻¹

	Controle	HCl ¹	CaCO ₃ ²	Na ₂ CO ₃ ³	CaSO ₄ ⁴
pH	7,52 ± 0,13 c	5,98 ± 0,11 e	7,84 ± 0,10 b	8,26 ± 0,03 a	6,67 ± 0,14 d
Alcalinidade	30,8 ± 1,08 c ⁵	9,2 ± 1,72 e	73,0 ± 2,27 b	90,4 ± 2,65 a	15,5 ± 1,46 d
Dureza total	54,2 ± 2,60 c	58,7 ± 1,69 c	117,2 ± 4,56 b	55,5 ± 1,60 c	149,1 ± 4,67 a
Dureza Cálcica	29,3 ± 1,78 c	33,2 ± 1,48 c	89,4 ± 4,22 b	31,6 ± 1,73 c	123,1 ± 3,30 a
Dureza Magnésiana	25,2 ± 1,96	25,5 ± 2,19	27,8 ± 3,90	23,9 ± 0,93	26,0 ± 1,96
Relação Dur./Alc.	1,76 ± 0,10 c	6,57 ± 1,07 b	1,61 ± 0,11 c	0,61 ± 0,03 d	9,67 ± 0,84 a
CO ₂ livre	3,2 ± 0,36 b	5,9 ± 1,92 a	1,7 ± 0,67 bc	0,6 ± 0,43 c	5,4 ± 0,99 a
Amônia total	0,40 ± 0,04 a	0,99 ± 0,08 b	0,52 ± 0,11 a	0,40 ± 0,14 a	0,52 ± 0,13 a

¹ Água de abastecimento acidificada com HCl concentrado 1,5 mL 20 L⁻¹; ² Calagem da água de abastecimento com CaCO₃ p.a. em 2 g 10 L⁻¹; ³ Calagem da água de abastecimento com Na₂CO₃ p.a. em 2 g 10 L⁻¹; ⁴ Aplicação de CaSO₄ p.a. em 2 g 10 L⁻¹; ⁵ Para cada variável, letras diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey (<0,05); Ausência de letras representa falta de significância estatística.

Houve diferença significativa entre todos os tratamentos para a variável pH (Tabela 1). A acidificação com ácido clorídrico em 1,5 mL 20 L⁻¹ foi efetiva na redução do pH, sendo este tratamento o que apresentou o menor valor para essa variável (5,98 ± 0,11). A calagem com compostos carbonatados, CaCO₃ e Na₂CO₃, foi efetiva na correção do pH, sendo estes os mais elevados, 7,84 ± 0,10 e 8,26 ± 0,03, respectivamente. O aumento do pH pela calagem com compostos carbonatados é explicada pela seguinte reação: CO₃⁻² + H₂O ↔

$\text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$. Assim, ao se aplicar carbonato na água, ocorre um deslocamento da reação para a formação de bicarbonato e íons hidróxido, aumentando o pH da água (QUEIROZ et al., 2004).

Apesar da calagem realizada com sulfato de cálcio não apresentar compostos carbonatados, esse tratamento também apresentou correção no pH da água ($6,67 \pm 0,14$), porém inferior a correção observada nos demais tratamentos. Isso ocorreu por conta do fitoplâncton que ao realizar fotossíntese promove a correção do pH. Cavalcante et al. (2009) mostrou que águas igualmente tratadas, mas com presença ou ausência de fitoplâncton, apresentaram pH diferentes, sendo as águas com presença de fitoplâncton as que tinham pH mais elevado.

Houve diferença significativa entre todos os tratamentos para alcalinidade total (Tabela 1). Sendo a maior alcalinidade total apresentada no tratamento com carbonato de sódio ($90,4 \pm 2,65 \text{ mg L}^{-1}$), mostrando que esse sal foi mais reativo que o carbonato de cálcio ($73 \pm 2,27 \text{ mg L}^{-1}$) para elevação da alcalinidade total. A menor alcalinidade total foi encontrada no tratamento com HCl ($9,2 \pm 1,72 \text{ mg L}^{-1}$). Portanto, a acidificação foi eficiente para redução da alcalinidade total. Ao se aplicar compostos carbonatados na água, há um aumento dos íons carbonato e bicarbonato, assim aumentando diretamente a alcalinidade total.

Os maiores valores para dureza total foram encontrados no tratamento calagem com sulfato de cálcio ($149,1 \pm 4,67 \text{ mg L}^{-1}$), sendo este diferente significativamente dos demais tratamentos (Tabela 1). A calagem com sulfato de cálcio foi mais eficiente na elevação da dureza total quando comparado com o carbonato de cálcio ($117,2 \pm 4,56 \text{ mg L}^{-1}$), mostrando que o sulfato de cálcio é mais reativo (maior solubilidade) do que o carbonato de cálcio.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos controle, acidificação com HCl e calagem com carbonato de sódio para dureza total. Portanto a acidificação não afetou a dureza total, assim como a calagem com carbonato de sódio não afetou a dureza total da água.

A dureza cálcica seguiu os padrões da dureza total, sendo esta mais elevada no tratamento calagem com sulfato de cálcio, seguida do tratamento calagem com carbonato de cálcio e não havendo diferença para os tratamentos controle, acidificação com HCl e calagem com carbonato de sódio.

Não houve diferença estatística entre nenhum tratamento para a variável dureza magnésiana. Os sais utilizados para realização dos tratamentos não continham magnésio, portanto não foi alterada a concentração desse íon.

Em água doces, os íons cálcio estão associados geralmente com bicarbonato e carbonatos, formando CaCO_3 , composto insolúvel em água. Em águas onde a concentração de carbonatos (HCO_3^- e CO_3^{2-}) é maior que a concentração dos íons de cálcio, os carbonatos estão associados a outros íons, tais como potássio e sódio, formando compostos como K_2CO_3 e Na_2CO_3 , respectivamente. Esses compostos são mais solúveis que o CaCO_3 , permitindo maior liberação de CO_3^{2-} para água, que através de hidrólise é a fonte de OH^- (BOYD, 1990). Em um período de intensa atividade fotossintética, o pH da água pode chegar a 11 ou até mais. Portanto a relação dureza total/alcalinidade total deve se manter sempre acima de 1,0 para que não se tenha problema com o pH da água.

De todos os tratamentos o único a apresentar a relação de dureza total/alcalinidade total menor que 1,00 foi o tratamento calagem com carbonato de sódio (relação DT/AT = 0,65) (Tabela 1). Portanto, os aquários submetidos a esse tratamento estavam vulneráveis a elevações excessivas de pH ao no meio/final da tarde, por conta da atividade fotossintética, fato que pode ser verificado no presente trabalho (Figura 3).

A concentração de CO_2 livre não variou entre os tratamentos acidificação com HCl e aplicação de sulfato de cálcio, sendo estes os que apresentaram maiores concentrações para essa variável ($5,9 \pm 1,92 \text{ mg L}^{-1}$, $5,4 \pm 0,99 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente), (Tabela 1). Apesar dos tratamentos citados apresentarem maiores concentrações de CO_2 livre em relação aos demais, no horário de 9 horas, esses não ultrapassaram o limite crítico para estresse de organismos aquáticos, que é de 10 mg L^{-1} (BOYD & TUCKER, 1998).

As variações nas concentrações de CO_2 livre na água como efeito da calagem com compostos de carbonatos e acidificação com HCl, respectivamente, podem ser explicadas pela seguinte reação: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. Quando há entrada de carbonato na água há um consumo de íons H^+ , fazendo com que haja um aumento no pH; a redução dos íons H^+ faz com que haja um consumo de CO_2 . Por outro lado, aumento da concentração de H^+ ,

ocasionada pela aplicação de HCl na água, faz com que haja um aumento na concentração de CO_2 (HARGREAVES et al., 2000).

Dentre os tratamentos realizados no presente trabalho, apenas o tratamento acidificação com HCl apresentou diferença estatística dos demais para a concentração de amônia (Tabela 1), sendo este o que apresentou a maior concentração ($0,99 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$). Não se verificou diferença estatística entre os demais tratamentos para essa variável. A diferença entre as concentrações de amônia foram afetadas pela presença de fitoplâncton na água (Figura 1), sendo o tratamento acidificação com HCl o que apresentou a maior transmitância ótica, portanto, menor quantidade de fitoplâncton. O fitoplâncton ao realizar fotossíntese absorve amônia, fazendo com que haja uma redução na concentração desta (Mainardes-Pinto & Mercante, 2003)

O monitoramento da temperatura mostrou que esta atingiu a média máxima entre os horários de 14 e 15 horas, $32,2^\circ\text{C}$ (Figura 2), e a mínima foi registrada entre 6 e 7 horas, $25,1^\circ\text{C}$. Devido ao pequeno volume dos aquários (25 L), ocorreu essa grande amplitude de variação de temperatura ($7,1^\circ\text{C}$).

No tratamento controle, o pH variou de 7,1, no horário de 6 horas, a 8,3, no horário de 16 horas, sendo a amplitude de variação de 1,14 (Figura 2). Durante o período luminoso, o CO_2 é absorvido da água pelos produtores primários. Como resultado ocorre aumento no pH da água (TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008). Após o período de máxima intensidade fotossintética, ocorre uma redução gradual do pH até atingir um mínimo durante o período noturno.

O CO_2 livre atingiu mínimo de $0,0 \text{ mg L}^{-1}$ entre 13-18 horas e máximo de 10 mg L^{-1} no horário de 5 horas, sendo a amplitude de variação de 10 mg L^{-1} . Inversamente ao pH, a variação de CO_2 livre diminui ao passo que a atividade fotossintética aumenta. Isso ocorre porque as microalgas ao realizarem fotossíntese consomem CO_2 , fazendo com a concentração deste atinja valores mínimos no horário de maior radiação solar. À medida que a radiação diminui, as microalgas começam a diminuir a fotossíntese e não mais absorver CO_2 da água (BOYD & TUCKER, 1998).

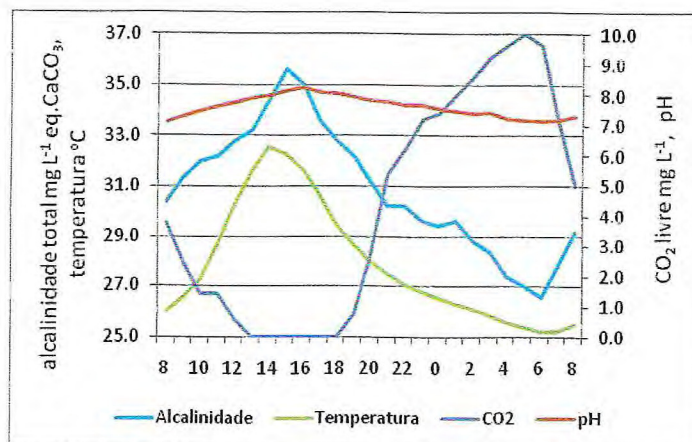


FIGURA 2. Variações horárias de alcalinidade total, temperatura, CO₂ livre e pH em aquários de polietileno de 25 L, no tratamento controle, durante o período de 25 horas, iniciando às 8 da manhã

A alcalinidade total da água atingiu máximo de 35,6 mg L⁻¹ no horário de 16 horas, e mínimo de 26,6 mg L⁻¹ no horário de 6 horas, sendo a amplitude de variação de 9,0 mg L⁻¹. A alcalinidade total variou de forma inversa à concentração de CO₂ livre. Isto ocorre porque ao realizar fotossíntese o fitoplâncton consome CO₂, aumenta o pH da água que acarreta a formação de íons HCO₃⁻ (bicarbonato) e CO₃⁻ (carbonato), aumentando assim a sua alcalinidade (PAGAND et al., 2000).

Os resultados da análise horária de pH e alcalinidade total mostraram que houve variação diretamente proporcional para esses parâmetros (Figura 3).

À medida que a radiação solar incidia sobre os aquários, a atividade fotossintética aumentava, aumentando assim o pH e a alcalinidade total da água. Quando a radiação diminuía, a taxa fotossintética também diminuía, diminuindo assim o pH e alcalinidade total (Figura 3). Os valores de pH e alcalinidade atingiram valor máximo entre 15 e 16 horas para todos os tratamentos. O pH mais elevado foi observado no tratamento Na₂CO₃, (9,3); o menor valor médio de pH foi de 5,7, tendo sido observado no tratamento acidificação com HCl.

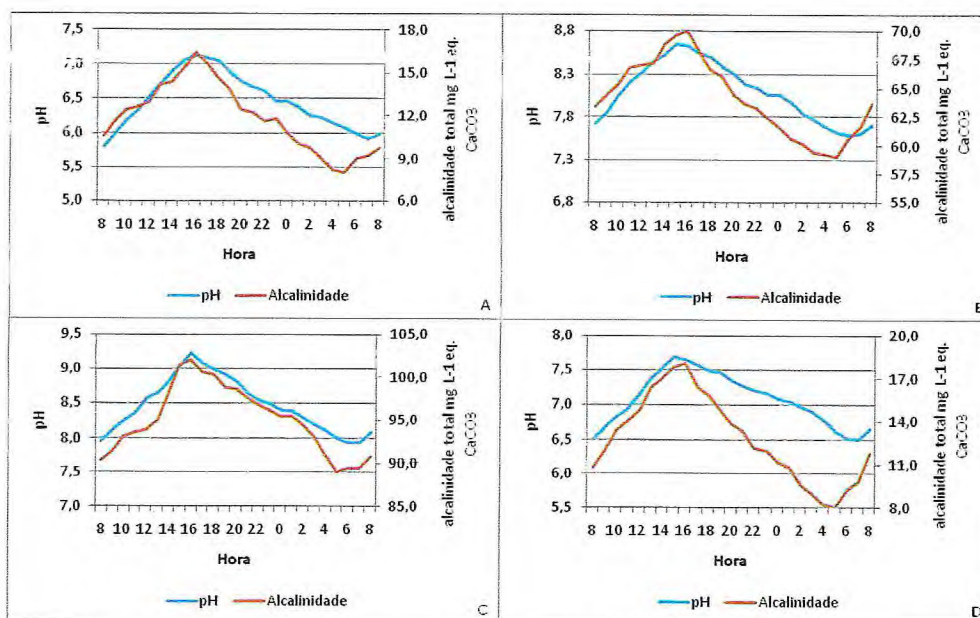


FIGURA 3. Variação horária de pH e alcalinidade total de aquários de polietileno de 25 L durante 25 horas, iniciando às 8 da manhã. (A) Aquários submetidos à acidificação com HCl p.a. concentrado em 1,5 mL 20 L⁻¹; (B) Aquários submetidos à calagem com CaCO₃ p.a. em 2 g 10 L⁻¹; (C) Aquários submetidos à calagem com Na₂CO₃ p.a. em 2 g 10 L⁻¹; (D) Aquários submetidos à aplicação de CaSO₄ p.a. em 2 g 10 L⁻¹

Segundo Leivestad (apud BOYD, 1990), o tecido branquial é o principal tecido afetado pela acidez do meio. Quando os peixes se expõem a baixos teores de pH, a quantidade de muco da superfície branquial aumenta. O excesso de muco interfere no intercâmbio gasoso e iônico que se realiza através das brânquias. De igual forma, as brânquias também são afetadas quando há eventual estresse alcalino.

A concentração de amônia total da água se refere à soma de ambas as formas e pode ser representado como $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$. As proporções de NH_3 e NH_4^+ na água dependem principalmente da temperatura e do pH. A concentração relativa de NH_3 aumenta com o aumento da temperatura e do pH (van der HEIDE et al., 2008). Em criações comerciais, a alimentação fornecida aos animais é a maior fonte de amônia. Sua toxicidade é maior do meio para o final da tarde quando o pH e a temperatura atingem seus valores máximos e a concentração de gás carbônico seus valores mínimos. Nestas condições, a amônia não ionizada (tóxica) atinge seus níveis mais críticos no tanque (BOWER & BIDWELL, 1978).

Ao realizar fotossíntese, o fitoplâncton presente nos aquários consome o CO₂ livre, fazendo com que haja aumento na concentração de OH⁻ e elevação do pH e da alcalinidade da água (SCHIPPERS et al., 2004). A maior amplitude

de variação de pH ocorreu no tratamento calagem com carbonato de sódio (2,5). Esse tratamento foi o único que apresentou uma relação de dureza total/alcalinidade total menor do que 1,00 (Tabela 1). Isso implica que os carbonatos responsáveis pela alta alcalinidade total estavam ligados a outros íons como sódio (Na^+) e potássio (K^+), fazendo com que o pH da água se elevasse a níveis tão alto quanto 9,5, como citado anteriormente. Isto ocorre porque Na_2CO_3 e K_2CO_3 são compostos mais solúveis em água que o CaCO_3 , permitindo que haja maior acúmulo de CO_3^{2-} , que através da hidrólise promove o aumento na concentração de OH^- .

A variação de pH e CO_2 livre se deu de maneira inversa em todos os tratamentos (Figura 4). Como dito anteriormente, o pH atingiu valor máximo entre os horários de 15-16 horas e valor mínimo entre os horários de 6-7 horas, em todos os tratamentos. Durante o processo fotossintético, o CO_2 e HCO_3^- são removidos pelos produtores primários, como resultado, o pH da água aumenta.

As menores concentrações de CO_2 livre foram encontradas entre os horários de 15-16 horas e as maiores concentrações foram observadas entre os horários de 4-5 horas da manhã, para todos os tratamentos. Como já referido anteriormente, as microalgas promovem a retirada de CO_2 durante a fotossíntese, aumentando a proporção do bicarbonato e do carbonato na quantidade de carbono inorgânico total (WETZEL, 2001).

No presente trabalho, os menores valores de CO_2 livre encontrados foram para os tratamentos Na_2CO_3 e CaCO_3 , onde se observou concentração zero para CO_2 livre. O tratamento com Na_2CO_3 se manteve por um período maior sem presença de CO_2 livre, aproximadamente 10 horas, quando comparado com o CaCO_3 .

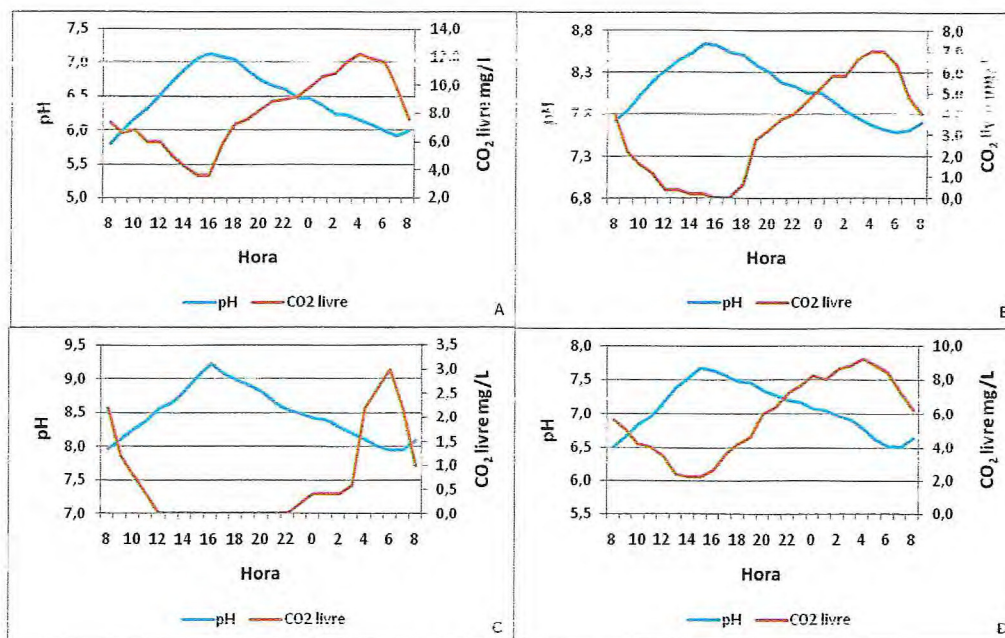


FIGURA 4. Variação horária de pH e CO_2 livre de aquários de polietileno de 25 L durante 25 horas, iniciando às 8 da manhã. (A) Aquários submetidos à acidificação com HCl p.a. concentrado em $1,5 \text{ mL } 20 \text{ L}^{-1}$; (B) Aquários submetidos à calagem com CaCO_3 p.a. em $2 \text{ g } 10 \text{ L}^{-1}$; (C) Aquários submetidos à calagem com Na_2CO_3 p.a. em $2 \text{ g } 10 \text{ L}^{-1}$; (D) Aquários submetidos à aplicação de CaSO_4 p.a. em $2 \text{ g } 10 \text{ L}^{-1}$

A respiração das algas, peixes e do zooplâncton, bem como os processos microbiológicos de decomposição da matéria orgânica, são importantes fontes de CO_2 para água. Ao longo do cultivo, a respiração e decomposição podem exceder a atividade fotossintética, aumentando consideravelmente a concentração de CO_2 no sistema (BOYD & TUCKER, 1998). As maiores concentrações de CO_2 livre foram encontrados no tratamento acidificação com HCl ($12,8 \text{ mg L}^{-1}$), entre os horários de 4-5 horas. Concentrações elevadas de CO_2 livre prejudicam as trocas gasosas dos peixes (DANLEY et al., 2005).

A maior amplitude na variação de CO_2 livre aconteceu no tratamento acidificação com HCl, sendo esta igual a $8,6 \text{ mg L}^{-1}$. A menor amplitude na variação de CO_2 livre foi de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$, verificada no tratamento Na_2CO_3 .

3.2. Desempenho zootécnico

A Tabela 2 apresenta os resultados de desempenho zootécnico dos alevinos de tilápia do Nilo que mantidos em água submetidas a diferentes manejos. Os resultados estão organizados de acordo com esquema fatorial 2 x 2, sendo consideradas as seguintes variáveis para a composição do fatorial: alcalinidade total alta x alcalinidade baixa e dureza total elevada x dureza total moderada. Os resultados também foram comparados com o tratamento controle.

A sobrevivência não foi estatisticamente diferente entre os tratamentos experimentais ($P > 0,05$) para nenhum fator, nem comparando os tratamentos com o tratamento controle. As taxas de sobrevivência variaram de $78 \pm 21,7\%$ a $96 \pm 5,5\%$ (Tabela 2).

Houve diferença estatística para o peso final em relação o fator dureza total ($P < 0,05$), porém não houve diferença para o fator alcalinidade total. Quando se compara o tratamento controle com os tratamentos acidificação com HCl e calagem com carbonato de sódio, verifica-se que houve diferença estatística para peso final ($P < 0,05$). Esse resultado mostra que a acidificação foi prejudicial ao crescimento dos peixes, assim como a calagem com carbonato de sódio. Ao se acidificar a água de cultivo cria-se situações de baixo pH e baixa alcalinidade total que provocam condições estressantes ao peixes e prejudicam, desse modo, o seu ganho em peso.

A calagem realizada com carbonato de sódio provocou uma elevação da alcalinidade total e pH acima dos demais tratamentos (Tabela 1). Como já discutido anteriormente esse tratamento foi o único que apresentou uma relação de dureza total/alcalinidade total menor do que 1,00, implicando que os carbonatos estavam ligados a outros íons como sódio (Na^+) e potássio (K^+), fazendo com que o pH da água se elevasse a níveis tão alto quanto 9,5. Isso foi prejudicial aos peixes pois ao longo do dia houve situações de pH acima de 9,0 (Figura 2). Nesse caso, há estresse alcalino nos peixes e prejuízo ao ganho em peso (ARANA, 2000; MUKHERJEE et al., 2007).

TABELA 2. Desempenho produtivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* ($0,82 \pm 0,06$ g) estocados por 6 semanas em aquários de polietileno de 25 L submetidos a diferentes manejos de qualidade de água. Os resultados de peso final, comprimento corporal final, sobrevivência e taxa de crescimento específico (TCE) estão em g peixe⁻¹, cm peixe⁻¹, % e %PV/dia, respectivamente (média $\pm$ d.p.; n = 5)

Variável	Experimental ¹			Controle ²	ANOVA unifatorial P ³
	Alcalinidade total	Dureza total			
		Moderada	Elevada		
Peso final	Baixa	3,68 ± 0,24 b*	4,72 ± 0,21 a ⁴	4,69 ± 0,31	<0,001
	Elevada	3,81 ± 0,07 b*	4,80 ± 0,21 a		
Comprimento final	Baixa	5,36 ± 0,14 Bb*	6,56 ± 0,32 Ba	6,36 ± 0,34	<0,001
	Elevada	6,34 ± 0,27 A ⁵ b	6,60 ± 0,11 Aa		
Sobrevivência	Baixa	78 ± 21,7	88 ± 8,4	88 ± 13,0	ns
	Elevada	82 ± 10,9	96 ± 5,5		
TCE	Baixa	3,61 ± 0,30 b *	4,20 ± 0,15 a	4,13 ± 0,14	<0,001
	Elevada	3,70 ± 0,14 b *	4,20 ± 0,26 a		
FCA	Baixa	3,17 ± 1,26 a*	2,05 ± 0,13 b	2,03 ± 0,15	<0,05
	Elevada	2,64 ± 0,27 a	1,88 ± 0,15 b		
ANOVA bifatorial P					
fator	Peso	Comprimento	Sobrevivência	TCE	FCA
Alcalinidade	ns	<0,001	ns	ns	ns
Dureza	<0,001	<0,001	ns	<0,001	<0,05
Alc. x Dur.	ns	<0,001	ns	ns	ns

¹ Análise bifatorial considerando os seguintes fatores: alcalinidade alta e baixa e dureza total moderada e elevada;

² Resultados do tratamento controle; ³ Análise unifatorial comparando com os tratamentos experimentais com o controle; ⁴ Para cada variável, letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa para o fator dureza total; para Tukey (<0,05); ⁵ Para cada variável, letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa para o fator alcalinidade total para Tukey (<0,05); Ausência de letras, na mesma linha ou coluna, representa falta de significância estatística;

Rojas e Rocha (2004) constataram que a água do cultivo de pós-larvas (0,03 g), de tilápia do Nilo, com alcalinidade total, dureza total e o pH de 57 mg L⁻¹, 70 mg L⁻¹ e 7,9, respectivamente, prejudicaram o crescimento das pós-larvas. Em contrapartida, valores tão elevados como 73 mg L⁻¹, 117 mg L⁻¹ e 7,8 para alcalinidade total, dureza total e pH, respectivamente, produziram o melhor crescimento dos peixes no presente trabalho. A explicação para esta

diferença pode ser a fase de vida dos peixes utilizados nos dois trabalhos. Rojas e Rocha (2004) trabalharam com pós-larvas de tilápia do Nilo de 0,03 g. No presente trabalho, foram utilizados alevinos de tilápia do Nilo com peso corporal inicial de 0,82 g. Há portanto indicação de que os indivíduos mais jovens de *O. niloticus* prosperam melhor quando cultivados em águas mais ácidas. Esta é uma questão que merece ser investigada em futuros trabalhos.

O comprimento final apresentou diferença estatística em relação aos fatores alcalinidade total, dureza total e para interação entre esses fatores ($P < 0,05$). Comparando-se os resultados de comprimento final dos tratamentos experimentais com o tratamento controle, verifica-se que houve diferença apenas para o tratamento acidificação com HCl. Portanto, a redução da alcalinidade total e do pH prejudicou o crescimento linear dos peixes.

A taxa de crescimento específica (TCE) apresentou diferença estatística apenas para o fator dureza total ($P < 0,05$). Quando comparado com o tratamento controle, em relação à TCE, apenas os tratamentos calagem com carbonato de sódio e acidificação com HCl apresentaram diferença estatística significativa ($P < 0,05$).

Houve diferença estatística para o fator de conversão alimentar (FCA) em relação o fator dureza total (FCA) ($P < 0,05$). Apenas o tratamento acidificação com HCl apresentou diferença significativa quando comparado com o tratamento controle ($P < 0,05$) para FCA. Todos os tratamentos apresentaram elevados FCA, entre 1,88 e 3,17. Estes resultados mostram que algum fator interferiu para um FCA mais elevado, entre os fatores sugere-se alta densidade de estocagem dos alevinos (40 alevinos/m²) ou que o arraçoamento foi excessivo, fazendo com que houvesse desperdício de ração. A diferença entre o tratamento acidificação com HCl e o tratamento controle mostrou que a acidificação foi prejudicial a conversão de ração em peso, condições de baixo pH e baixa alcalinidade total criam situações de estresse onde os animais não se alimentam, havendo assim desperdício de ração.

4. CONCLUSÕES

Entre os produtos avaliados no presente trabalho para tratamento da água de cultivo de peixes, isto é, carbonato de cálcio, carbonato de sódio e sulfato de cálcio, as aplicações de carbonato de cálcio ou sulfato de cálcio propiciaram as melhores condições de qualidade de água para o crescimento dos peixes. Os indicadores de qualidade de água que apresentaram os melhores resultados zootécnicos foram os seguintes: pH: 6,67 - 7,84; alcalinidade total: 15,5 – 73 mg L⁻¹; dureza total: 117,2 - 149,1 mg L⁻¹; relação dureza total/alcalinidade total: 1,61 - 9,67; CO₂ livre: 1,7 - 5,4 mg L⁻¹; amônia total: 0,52 mg L⁻¹. Observou-se que a acidificação da água prejudicou o desenvolvimento do fitoplâncton.

Os melhores resultados de desempenho zootécnico foram observados em condições de elevada dureza total e relação dureza/alcalinidade maior que 1,00. Quando se elevou a alcalinidade da água sem correspondente elevação da dureza, houve prejuízo ao crescimento dos peixes. Nesse caso, a relação dureza/alcalinidade foi menor que 1,00. Portanto, a elevação combinada da alcalinidade e dureza da água ou apenas a elevação da dureza, garantindo-se nível mínimo de alcalinidade, resulta em bons resultados zootécnicos na fase de recria da tilápia. Por outro lado, elevação apenas da alcalinidade da água, sem correção combinada da dureza, provoca estresse alcalino dos peixes no final da tarde, levando a retardo no crescimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20th ed. Washington: APHA, 1999.

ARANA, L.V. **Princípios Químicos de Qualidade de Água em Aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000. 231p.

BOWER, C.E.; BIDWELL, J.P. Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH, and salinity. **Journal of Fisheries Research Board of Canada**, v.25, p.1012-1016, 1978.

BOYD, C.E. Bottom soil and water quality management in shrimp ponds. **Journal of Applied Aquaculture**, v.13, n.1-2, p.11-33, 2003.

_____. **Water quality in ponds for aquaculture**. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1990. 482 p.

_____. **Water quality in warmwater fish ponds**. 3.ed. Auburn: Auburn University, 1984. 359p.

_____. **Water quality management for pond fish culture**. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, vol.9. Elsevier, Amsterdam, 1992. 318 p.

BOYD, C.E.; TANNER, M.E.; MADKOUR, M.; MASUDA, K. Chemical characteristics of Bottom Soils from Freshwater and Brackishwater Aquaculture Ponds. **Journal of The World Aquaculture Society**, v.25, n.4, p.517-534, 2007.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Ponds aquaculture water quality management**. Springer, 1998. 700 p.

CAVALCANTE, D.H.; POLIATO, A.S. RIBEIRO, D.C.; MAGALHÃES, F.B.; SÁ, M.V.C. Effects of CaCO₃ liming on water quality and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings growth performance, **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.31, n.3, p.327 - 333, 2009.

DANLEY, M.L.; KENNEY, P.B.; MAZIK, P.M.; KISER, R.; HANKINS, J.A. Effects of Carbon Dioxide Exposure on Intensively Cultured rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*: Physiological Responses and Fillet Attributes. **Journal of the World Aquaculture Society**. v.36, n.3, p.249-261, 2005.

FLIK, G.; VERBOST, P.M. Cellular mechanisms in calcium transport and homeostasis in fishes. **Biochemistry and Molecular Biology of Fishes**, v.5, p.252-263, 1995.

HARGREAVES, J.A.; SHEELY, L.D.; TO, F.S. A control system to simulate diel pH fluctuation in eutrophic aquaculture ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.31, no.3, p.390-402, 2000.

KUBTIZA, F. **Qualidade de água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: Degaspari, 2003. 229 p.

MAINARDES-PINTO, C. S. R. e MERCANTE, C. T. J. Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* - Linnaeus), São Paulo, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. v. 25, n. 2, p. 323-328, 2003.

MUKHERJEE, S. et al. Responses of succinate dehydrogenase and non-specific alkaline phosphatases and mortality of tilapia to ambient pH stress in a sewage-fed aquaculture pond. **Indian Journal of Experimental Biology**, v.45, n.07, p.630-637, 2007.

PAGAND, P.; BLANCHETON, J.P.; LEMOALLE, J.; CASELLAS, C. The use of high rate algal ponds for the treatment of marine effluent from a recirculation fish rearing system. **Aquaculture Research**, v.31, n.10, p.729-726, 2000.

ROJAS, N.E.T.; ROCHA, O. Influência da alcalinidade da água sobre o crescimento de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 Perciformes, Cichlidae). **Acta Scientiarum**, v.26, n.2, p.163-167, 2004.

SCHIPPERS, P.; VERMAAT, J.E.; KLEIN, J.; MOOIJ, W.M. The effect of atmospheric carbon dioxide elevation on plant growth in freshwater ecosystems. **Ecosystems**, v.7, n.1, p.63-74, 2004.

SILVA-NETO, J.F.; TORRES, V.M.; LIMA, P.W.C.; FARIAS, W.R.L. Cultivo experimental de pós-larvas do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* submetidas a três estratégias de alimentação. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, no.3, p.410-415, 2008.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

VAHATALO, A.V.; WETZEL, R.G.; PAERL, H.W. Light absorption by phytoplankton and chromophoric dissolved organic matter in the drainage basin and estuary of the Neuse River, North Carolina (USA). **Freshwater biology**, v.50, n.03, p.477 - 493, 2005.

VAN DER HEIDE, T.; SMOLDERS, A.J.P.; RIJKENS, B.G.A.; VAN NES, E. H.; VAN KATWIJK, M.M.; ROELOFS, J.G.M. Toxicity of reduced nitrogen in eelgrass (*Zostera marina*) is highly dependent on shoot density and pH. **Oecologia** 158:411-419, 2008.

WETZEL, R.G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. New York: Academic Press, 2001. 850 p.

ZWEIG, R.D., MORTON, J.D., STEWART, M.M. **Source Water Quality for Aquaculture**. World Bank, Washington, 1999. 62 p.