

Qualidade da água em canais de irrigação com cultivo intensivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)¹

Water quality in irrigation channels stocked with nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Carolyny Batista Lima^{2,*}, Elenise Gonçalves de Oliveira³, Jaime Miguel de Araújo Filho⁴, Francisco José de Seixas Santos⁵ e Walter Esfrain Pereira⁶

Resumo - Para avaliar a qualidade da água em um sistema de cultivo integrado entre agricultura irrigada e piscicultura foram monitorados parâmetros físicos, químicos e biológicos da água de canais de irrigação com cultivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) nas densidades de 10; 20 e 30 peixes/m³. O experimento foi conduzido em canais de irrigação do DITALPI/DNOCS, seccionado com tela, onde foram estocados peixes com peso médio de 30±3 g. Já a água foi monitorada aos 8; 14; 21; 28; 35; 43; 50; 58 e 78 dias após a colocação dos peixes no canal. As variações registradas foram para temperatura: 29 a 30,9 °C; transparência: 41 a 78 cm; alcalinidade total: 19,5 a 28,7 mg L⁻¹; pH: 6,6 a 7,9; dureza: 26 a 66 mg L⁻¹; oxigênio dissolvido: 4,3 a 6,9 mg L⁻¹; condutividade elétrica: 0,059 a 0,150 mS cm⁻¹; gás carbônico: 3,4 a 5,3 mg L⁻¹; nitrito: 1,93 a 3,36 mg L⁻¹; ortofosfato: 0,00 a 0,07 mg L⁻¹ e clorofila a: 0,00 a 3,36 µg L⁻¹. Os dados indicam que a criação de tilápia nilótica, em qualquer das densidades testadas, não alterou de forma negativa a qualidade da água do canal, sendo esse fato favorecido pelo manejo de bombeamento e vazão da água para a irrigação. Há, assim, possibilidade de integrar a piscicultura com a agricultura irrigada, maximizando o uso dos recursos hídricos continentais.

Palavras-chave - Piscicultura em canais. Limnologia de canais de irrigação. Piscicultura integrada.

Abstract - To evaluate water quality in an integrated cultivation system of agriculture and fishculture, physical, chemical and biological parameters of the water of irrigation channels stocked with nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the density 10; 20 and 30 fish/m³, were determined. The experiment was realized in tertiary irrigation channels of DITALPI/DNOCS, sectioned with screens, stocked with fish weighing 30±3 g in average, and the water monitored at 8; 14; 21; 28; 35; 43; 50; 58 and 78 days after the start of the experiment. The results of the analysis ranged from 29 to 30.9 °C for water temperature; from 41 to 78 cm for transparency; from 19.5 to 28.7 mg L⁻¹ for total alkalinity; pH: 6.6 to 7.9; hardness: 26 to 66 mg L⁻¹; dissolved oxygen: 4.3 to 6.9 mg L⁻¹; electrical conductivity: 0.059 to 0.150 mS cm⁻¹; carbonic gas: 3.4 to 5.3 mg L⁻¹; nitrite: 1.93 to 3.36 mg L⁻¹; orthophosphate: 0.00 to 0.07 mg L⁻¹ and chlorophyll a: 0.00 to 3.36 µg L⁻¹. The results indicated that raising tilapia in the channels, for the tested densities, didn't alter in a negative way the quality of the water for irrigation. In conclusion, there is the possibility of integrating the fish farming with the irrigated agriculture, maximizing the use of water resources.

Key words- Fisheries in channels. Limnology of irrigation channels. Integrated fisheries.

*autor para correspondência

¹ Recebido para publicação em 26/10/2006; aprovado em 22/10/2008

Parte da Dissertação, da primeira autora, apresentada ao Dep. de Zootecnia da UFPB, com financiamento do CNPq/CT-HIDRO e concessão de bolsa da FAPEAL

²Zootecnista, M. Sc., Profa. Substituta do Dep. de Zootecnia, CCA/UFPB, CEP: 58.397-000, Areia-PB, eblzte@hotmail.com

³Zootecnista, D. Sc., Profa. do Dep. Engenharia de Pesca, CCA/UFC, elenisego@yahoo.com.br

⁴Zootecnista, Bolsista DTI/CNPq/CT-Hidro, jaimezoo@bol.com.br

⁵Eng. Agrônomo, M. Sc., Pesquisador Embrapa Meio-Norte, jfseixas@ig.com.br

⁶Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. Dep. de Ciências Fund. e Sociais, CCA/UFPB, wep@cca.ufpb.br

Introdução

O aumento populacional está estimulando um crescimento forçado dos sistemas de produção, e esse aumento, está gerando um uso abusivo dos recursos hídricos. Dentre os sistemas de produção de alimentos que mais cresce, estão a agricultura irrigada e a aquicultura. A agricultura irrigada, responde por cerca de 20% de toda a área agrícola do mundo, por 40% da produção mundial de alimento e por cerca de 70% do consumo de água doce (FAO, 2004a). Já a aquicultura continental cresceu de 1998 a 2003, a uma medial anual de 6%, atingindo em 2003 uma produção total mundial de 25,2 milhões de toneladas (FAO, 2004b).

Apesar da ampliação das duas atividades e dos seus incontestáveis benefícios, há também aspectos críticos. No tocante a irrigação podem ser ressaltados: alto consumo consultivo da água; impactos ao meio ambiente; redução efetiva da disponibilidade da água nos mananciais e da sua qualidade. No que se refere à aquicultura, embora ela tenha menor consumo consultivo (ONGLEY, 2001), é responsável entre outras coisas pela eliminação de nutrientes, químicos diversos e patógenos no ecossistema (SCHMITTOU, 1993; LEÓN; CAVALLINI, 1999).

As questões acima, aliado à multiplicidade de uso das águas continentais, apontam para o fato de que não é mais possível vislumbrar o crescimento da agricultura irrigada e aquicultura sem que haja um melhor planejamento para otimização do uso dos recursos hídricos. Para tornar possível a integração da piscicultura com a agricultura irrigada, é imprescindível conhecer a dinâmica limnológica dos canais durante um cultivo de peixes. Assim, objetivou-se com este trabalho determinar parâmetros físicos, químicos e biológicos da água de canais de irrigação com cultivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) nas densidades de 10; 20 e 30 peixes/m³.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de 12 de agosto a 18 de outubro de 2005, em canais de irrigação do Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI), pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e localizado no município de Parnaíba, Piauí, a 40 metros acima do nível do mar, sendo a temperatura média da região de 27 °C, a umidade relativa média anual de 76%, a velocidade média dos ventos de 18,7 km h⁻¹, a evaporação média anual de 4,0 mm e a precipitação média anual 400 mm.

Os parâmetros climáticos diferenciaram-se do início para o final do experimento, apresentando no

primeiro mês uma temperatura média de 27,3 °C, uma umidade relativa média de 56%, uma velocidade média do vento de 13,0 km h⁻¹, uma insolação média de 8 horas e uma evaporação médias de 7,2 mm. No último mês do experimento esses valores chegaram a 30 °C, 70%, 22 km h⁻¹, 9,4 horas e 9,1 mm respectivamente. Já a incidência de chuvas foi maior no primeiro mês, fato não observado no último mês do experimento.

Quanto a utilização do canal, foram destinados ao experimento 120 m de extensão do mesmo, com formato trapezoidal e dimensões de 1,30 m de altura, 5,85 m de largura na base maior e 0,40 m na base menor. A vazão média da água nesse trecho foi de 1,6 m³ s⁻¹, durante os horários de irrigação (23h00min. as 04h00min.) e nos horários de bombeamento da água do tanque pulmão para os canais (06h00 min. as 09h00min e das 17h00min as 22h00min). A altura da lâmina d'água foi controlada para ficar entre 0,80 e 1,0 m.

Para estocar os peixes, o canal foi seccionado com telas tipo alambrado, de arame revestido por zinco e PVC, apresentando 1,5 m de altura e malha de 2 x 1,5 cm. Uma tela plástica com malha de 1,0 cm foi fixada à tela alambrado, pois os peixes no momento da estocagem tinham tamanho que permitia passar pela malha de 2 cm. Ambas as telas foram fixadas a estacas de concreto, e estas presas no talude externo do canal, por meio de um vergalhão de ferro 3/8.

Cada seção de cultivo tinha 10 m de extensão e 16,20 m³ de volume. No total foram construídas 09 seções de cultivo (Figura 1), deixando um intervalo vazio de 10 m a cada 03 seções, denominada de seção de alívio ou de recuperação da água.

As seções foram povoadas com juvenis de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada, revertidos para machos, com peso médio de 30±3 g. Nas seções, as densidades foram agrupadas da maior para a menor, no sentido da correnteza da água, de forma que nas três primeiras seções foram estocados 30 peixes/m³ (D1), nas três seções seguintes 20 peixes/m³ (D2) e nas últimas três seções 10 peixes/m³ (D3), perfazendo um total de 486; 325 e 162 peixes por cada seção da D1, D2 e D3, respectivamente.

Os peixes foram alimentados com ração comercial extrusada contendo 35; 32 e 28% de PB, administrada 4 a 3 vezes por dia, em cochos circulares parcialmente submersos, a uma taxa de 5 a 3% da biomassa. Durante o período experimental as telas das seções e cochos foram limpas 2 vezes por semana e o monitoramento da água realizado pela manhã (07h00 min.) e a tarde (14h00min.), na água superficial (SC) e do fundo (FC) do canal, dentro das seções com cultivo de peixes (D1, D2 e D3), antes, entre e após as seções com cultivo de peixes (D0).



Figura 1 - Vista parcial do canal de irrigação com as seções de cultivo de peixes. Observar estaca (E), tela (T) e cochos usados do início até os 30 dias experimentais (Ci) e dos 31 até o final do experimento (Cf)

As variáveis analisadas foram: transparência (cm) com disco de Secchi; temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) - com sonda YSI, F-1550A; pH (unidade padrão) - com medidor de pH PE F-1002; condutividade elétrica (μS cm⁻¹) - com medidor de condutividade F-1000; salinidade (‰) - com refratômetro SRTS - 101ATC, gás carbônico (mg L⁻¹), dureza (mg L⁻¹) e alcalinidade total (mg L⁻¹) - por titulometria conforme Golterman et al. (1978); nitrito (mg L⁻¹) - por espectrofotometria, conforme Koroleff (1976) e Golterman et al. (1978); ortofosfato (mg L⁻¹) - por colorimetria pelo método da APHA (1985) e clorofila-a (μg L⁻¹), segundo Stirling (1985).

O experimento foi arranjado em delineamento em parcela subdividida no tempo, sendo distribuído na parcela principal as densidades de estocagem dos peixes no canal e os horários (manhã e tarde), nas sub-parcelas o período de cultivo (8; 14; 21; 28; 35; 43; 50; 58 e 78 dias). Os dados referentes à taxa de estocagem, o tempo de cultivo e os horários de monitoramento foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial.

O modelo estatístico utilizado para análise das densidades foi:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + D_i + P_j + DP_{ij} + e_{(ij)}$$

\hat{Y}_{ij} = valor observado da densidade i durante o período de monitoramento j ;

μ = constante;

D = efeito da densidade i , sendo i = densidade 0;1; 2 e 3;

P = efeito do período de monitoramento da água j , sendo j = 8; 14; 21; 28; 35; 43; 50; 58 e 78 dias de monitoramento.

$e_{(ij)}$ = erro aleatório associado a cada observação.

Resultados e discussão

Durante o período experimental foi observado que na água da superfície, em ambos os horários, e na água do fundo no horário da manhã, a temperatura permaneceu sem alteração ao longo do período experimental. Já para a temperatura registrada no fundo no horário da tarde (Figura 2) a temperatura da água diminuiu do 14° até o 58° dia experimental e, a partir daí voltou a aumentar. A diminuição registrada entre os 14 e 58 dias pode, em parte, ser atribuído à diminuição do tempo de residência da água no canal, devido ao aumento de vazão para irrigação da melancia.

Valores de temperatura entre 24,8 e 27,7 °C foram observados pela manhã e entre 29,0 e 30,9 °C no horário da tarde. Temperaturas mais elevadas à tarde, são normalmente encontradas em ambientes aquáticos, refletindo o acúmulo de energia proveniente da radiação solar e favorecendo o desempenho de peixes tropicais como a tilápia, via aceleração do metabolismo e aumento da ingestão de alimentos (PEZZATO et al., 2004). Em todas as densidades (Figura 3) oscilações na faixa de 3 °C, para mais ou menos, foram observados entre alguns monitoramentos.

Também foram identificadas diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre densidades, de forma que aos 8; 14 e 43 dias experimentais nas seções com 10 peixes/m³ a temperatura foi um pouco maior. Essas diferenças não despertam grandes interesses, já que a amplitude de variação entre densidades ficou entre de 0,5 e 1,0 °C.

No que se refere aos horários (Figura 4), pode-se verificar que pela manhã a transparência permaneceu sem alterações ($P > 0,05$), enquanto à tarde ela aumentou até os 21 dias de cultivo e diminuiu a partir daí ($P < 0,05$). No efeito de densidade (Figura 5) ($P < 0,05$), a menor

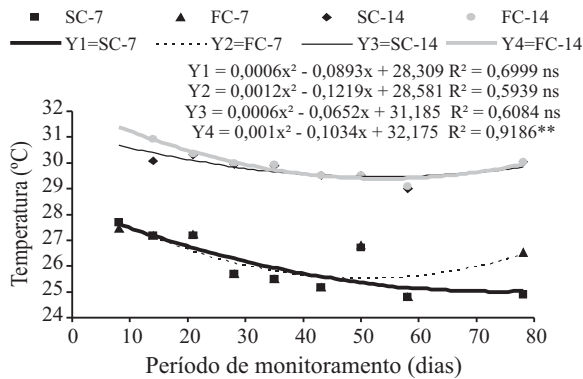


Figura 2 - Temperatura da água em função do horário (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas) e local na coluna d'água (superfície = SC e fundo = FC) do canal de irrigação com criação de tilápia nilótica

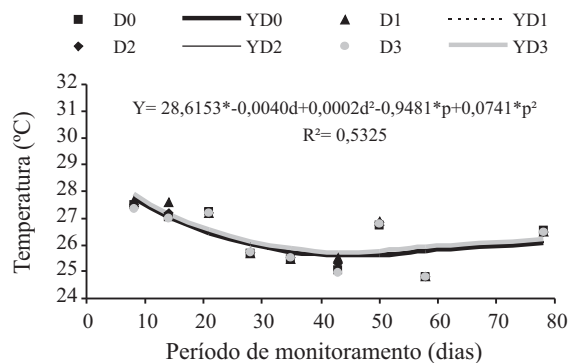


Figura 3 - Efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0 = sem peixe, D1 = 30, D2 = 20 e D3 = 10 peixes/m³), sobre a temperatura da água no canal de irrigação. d = densidade; p = período de monitoramento

transparência ocorreu para a menor densidade, podendo esse fato ser atribuído ao maior aporte de nutrientes vindo das outras seções. Baixa transparência em todas as densidades ocorreu no início do experimento, refletindo as alterações no leito do rio e no canal de adução, durante o período chuvoso. Transparência na faixa encontrada no presente estudo (46 a 60 cm) pode ser dita entre média e alta, se considerar que o canal apresentava coluna d'água entre 0,80 e 1,0 m. Alta transparência é desejável para a piscicultura intensiva e em canais de irrigação; já baixa transparência pode causar problemas à respiração dos peixes (SCHMITTOU, 1993) e transtornos aos sistemas de irrigação, tais como aumento da frequência de lavagem dos filtros e entupimento de micro-aspersores e gotejadores (RIBEIRO et al., 2005).

O oxigênio dissolvido (Figura 6A e B) não apresentou diferenças relacionadas com os fatores estudados ($P > 0,05$), e na maior parte do experimento

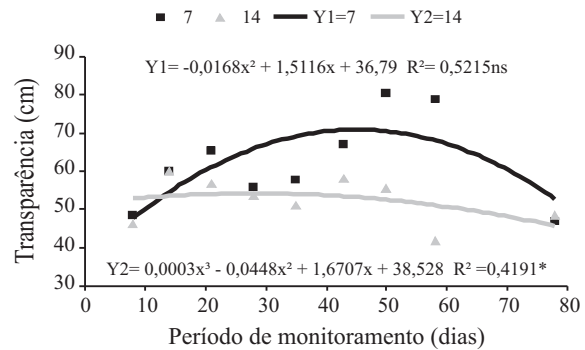


Figura 4 - Efeito do horário de monitoramento (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas) sobre a transparência da água do canal de irrigação com criação intensiva de tilápia nilótica

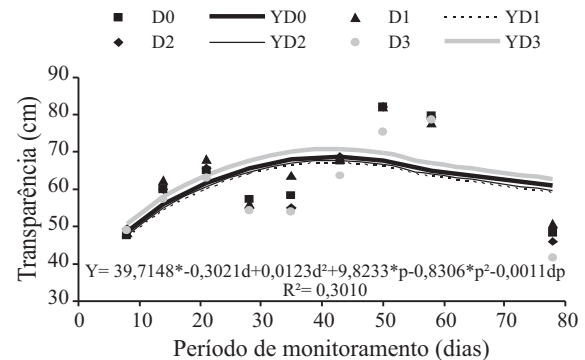


Figura 5 - Efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0 = sem peixe, D1 = 30, D2 = 20 e D3 = 10 peixes/m³), sobre a transparência da água no canal de irrigação. d = densidade; p = período de monitoramento

ficou entre 5,0 e 6,0 mg L⁻¹. Apesar da estatística não ter identificado diferenças, o oxigênio dissolvido na D1 chegou a atingir valores de até 3,5 mg L⁻¹, levando a sugerir que a densidade com 30 peixes/m³, pode vir a influenciar as concentrações dos mesmos, caso o cultivo seja mais prolongado ou a água fique parada por mais tempo. Nesse caso haverá a necessidade de um melhor manejo nas comportas do canal ou de adotar um sistema de aeração.

O pH foi semelhante entre densidades ($P > 0,05$), mas sofreu alterações em função do horário e do local de leitura na coluna d'água ($P < 0,05$). Assim, no horário da tarde, o pH da água superficial e do fundo se manteve entre 7,2 e 7,9, dos 8 aos 58 dias, e aos 78 dias diminuiu para 6,7 (Figura 7). Pela manhã as variações no pH da água superficial e do fundo, se alternaram entre aumento e diminuição, variando entre 7,2 e 6,6 em todo período de monitoramento.

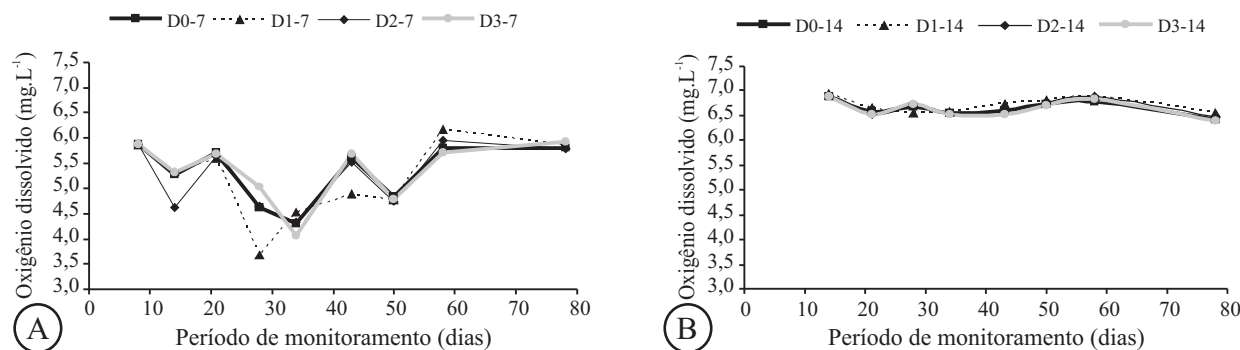


Figura 6 - Valores médios de oxigênio dissolvido registrado no horário da manhã às 7 horas (A) e da tarde às 14 horas (B) em um canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica nas densidades de 0 (D0), 30 (D1), 20 (D2) e 10 (D3) peixes/m³

As concentrações de gás carbônico (Figura 8) pela manhã, tanto na superfície quanto no fundo, se alternaram entre diminuição e aumento ($P < 0,05$), vindo a declinar de forma constante a partir dos 35 dias. À tarde as concentrações de gás carbônico também oscilaram a cada monitoramento, mas apresentaram tendência de aumento com o período de cultivo. Esse comportamento reflete a dinâmica de aumento de vazão da água, do início para o final do experimento, sendo essa vazão maior a noite do que durante o dia.

O CO₂ permaneceu entre 3,0 e 6,0 mg L⁻¹ e na maior parte do período experimental foi mais elevado pela manhã. Moreira et al. (2001), relatam que, níveis críticos de CO₂ ocorrem à noite e nas primeiras horas do dia, pelo fato dos organismos fotossintetizantes e peixes estarem utilizando o oxigênio e liberando CO₂ na água, através da respiração. Boyd (1997), afirma que concentrações de CO₂ de até 10 mg L⁻¹, sem perdurar por dias, são aceitáveis.

Relação inversa entre CO₂ e pH, conforme registrado neste estudo, também ocorre, sendo que no

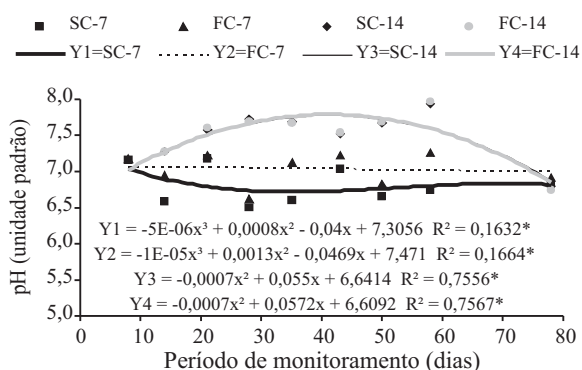


Figura 7 - pH da água em função do horário (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas) e local na coluna d'água (superfície = SC e fundo = FC) do canal de irrigação com criação de tilápia nilótica

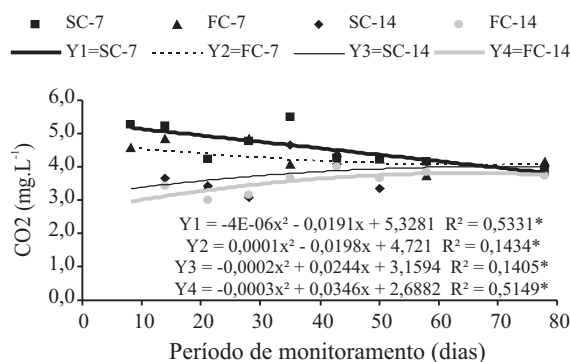


Figura 8 - Gás carbônico da água em função do horário (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas) e local na coluna d'água (superfície = SC e fundo = FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica

horário da manhã o meio se torna mais ácido e com maiores concentrações de CO₂ e, mais alcalino a tarde, com menores concentrações de CO₂ (SIPAÚBA-TAVARES, 1994). A alcalinidade total (Figura 9) não diferiu entre densidades ($P > 0,05$), mas diminuiu ao longo do cultivo, e dos 28 aos 58 dias foi mais baixa à tarde ($P < 0,05$), sendo registrado valores entre 29 e 19,3 mg L⁻¹. Concentrações de bases dissolvidas na água acima de 20 mg L⁻¹ são desejáveis para piscicultura em viveiros, a fim de manter o poder tampão da água (BOYD; QUEIROZ, 2004). Em canais de irrigação, maiores valores de bases poderão favorecer o desenvolvimento do plâncton, aspecto esse considerado não desejável para a irrigação.

A dureza declinou do início para o final do período experimental ($P < 0,05$), e de forma mais acentuada à tarde, em ambos os locais na coluna d'água (Figura 10). Essa diminuição pode ser decorrente de aumento na vazão do canal, propiciando o carreamento de cálcio e magnésio, e impedindo a fixação desses dois elementos com os

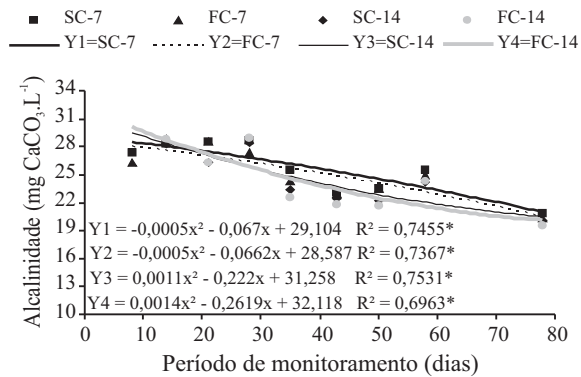


Figura 9 - Alcalinidade total da água em função do horário (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas) e local na coluna d'água (superfície = SC e fundo = FC) do canal de irrigação com criação de tilápia nilótica

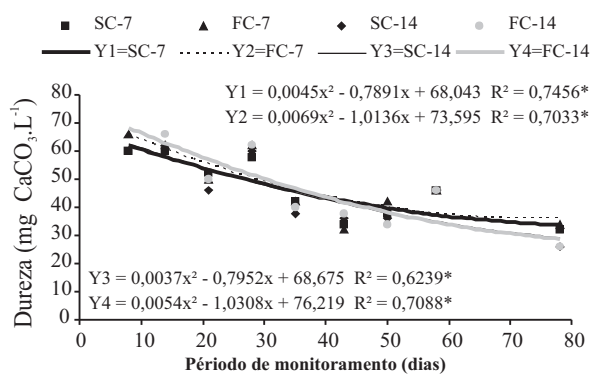


Figura 10 - Dureza da água em função do horário (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas) e local na coluna d'água (superfície = SC e fundo = FC) do canal de irrigação com criação de tilápia nilótica

bicarbonatos (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2000). A diminuição pode ainda ser atribuída à presença de moluscos (caramujos) que existia em quantidade expressiva, contribuindo com a mobilização de carbonato de cálcio e magnésio, já que eles utilizam esses elementos para a formação das conchas (GURGEL; VINATEA, 1988).

A Figura 11 mostra que, em todas as densidades, houve tendência da dureza diminuir do início para o final do experimento ($P < 0,05$), embora picos tenham ocorrido aos 28; 53 e 58 dias (Figura 11). No primeiro monitoramento a dureza foi mais baixa nas seções sem peixe, e, a partir dos 14 dias, os maiores valores se alternaram nas diferentes densidades, não havendo um comportamento padrão, em termos de maior e menor valor para uma determinada densidade. A dureza foi mais elevada que a alcalinidade total; nessas condições, parte dos íons Ca^{++} e Mg^{++} se encontram associados a sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos, o que não é desejável para

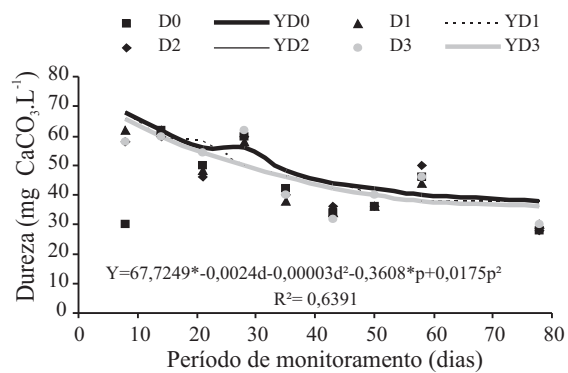


Figura 11 - Efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0 = sem peixe, D1 = 30, D2 = 20 e D3 = 10 peixes/m³), sobre a dureza da água no canal de irrigação. d = densidade; p = período de monitoramento

os peixes (SIPAÚBA-TAVARES, 1994). Por outro lado, concentrações de dureza como as observadas neste estudo (32 e 66 mg L⁻¹ pela manhã e 22 e 66 mg L⁻¹ à tarde) são consideradas favoráveis ao cultivo de peixes de água doce (ROBERTS, 1994).

A salinidade da água não foi alterada, permaneceu em zero, não deferindo entre densidades, horários e locais de coleta ($P > 0,05$). Já a condutividade elétrica apresentou diferenças em função do período de cultivo ($P < 0,05$), nos diferentes horários e locais de coleta (Figura 12), mas não diferiu entre densidades ($P > 0,05$) (Figura 13), predominando o comportamento de diminuir ao longo do cultivo. As variações registradas para condutividade elétrica, do início para o final do período de cultivo, foram da ordem de 0,166 a 0,055 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Assim como para outras variáveis, as oscilações e a diminuição são atribuídas às trocas de água durante a vazão e bombeamento de água para a irrigação.

Segundo Castagnolli (1992), existe uma grande proporcionalidade entre condutividade elétrica e íons determinantes da dureza, alcalinidade e salinidade. Assim, quanto mais elevados forem, maior será a condutividade elétrica. Shafer (1985), diz que existe relação entre esses parâmetros, principalmente em águas continentais ricas em carbonatos. A proporcionalidade e a relação entre condutividade elétrica e as variáveis mencionadas pelos autores, foram constatadas neste estudo.

Valores de condutividade mais elevado no fundo do canal pode ser consequência do acúmulo de resíduos nessa profundidade. A colocação de um cano de PVC entre as estaca, para fixar a tela e impedir a passagem de peixes, certamente contribuiu com a retenção de material no fundo, indicando que a estrutura deve ser aprimorada para prevenir esse acúmulo. Moreira et al., (2001), relatam que quanto maior as quantidades de compostos orgânicos precipitados, maior será a condutividade elétrica.

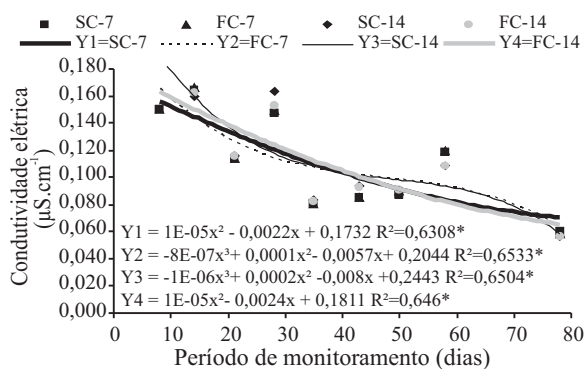


Figura 12 - Condutividade elétrica da água em função do horário (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas) e local na coluna d'água (superfície = SC e fundo = FC) do canal de irrigação com criação de tilápia nilótica

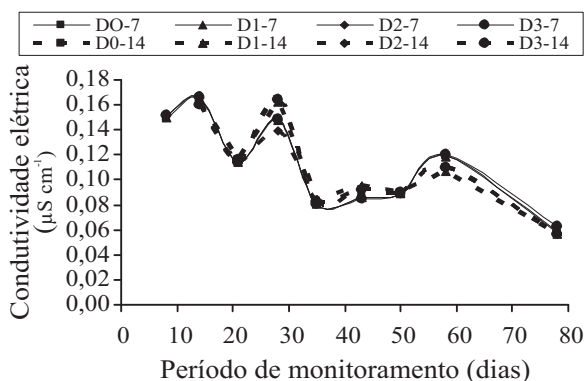


Figura 13 - Valores médios de condutividade elétrica registrados nos dois horários, nas seções sem (D0) e com peixes (D1 = 30, D2 = 20 e D3 = 10 peixes/m³)

As concentrações de nitrito à tarde ficaram entre 0,0 e 1,16 mg L⁻¹, mas não diferiram entre os fatores estudados (P>0,05). Já pela manhã, na água superficial (Figura 14A) e do fundo (Figura 14B) do canal, em todas as densidades

e horários (P<0,05), as concentrações diminuíram durante o cultivo, ficando entre 3,58 e 0,13 mg L⁻¹. Também foi observado que, na água superficial, os valores mais elevados de nitrito se alternaram nas diferentes densidades, e na água do fundo a tendência foi de ser maior na D3, que eram as últimas seções com peixes.

Sipaúba-Tavares et al. (2000), observaram que em um cultivo de tilápia em sistema de fluxo contínuo de água, o nitrito diminuiu ao longo do experimento, chegando a ficar ausente. Amancio et al. (2005), também observaram que o nitrito diminuiu com a elevação dos níveis de água no açude em Pentecoste. Aumento do fluxo de água e diminuição do tempo de residência da água no canal, certamente contribuíram com a diminuição do nitrito neste estudo.

As concentrações de ortofosfato das densidades na água superficial (P<0,05) (Figura 15A) ficaram próximas à zero, e somente aos 78 dias valores maiores foram registrados na D3. Na água do fundo (Figura 15B) os valores foram pouco expressivos. Em relação aos horários, os valores permaneceram estáveis pela manhã e à tarde foram um pouco mais elevados e aumentaram até os 43 dias de cultivo (Figura 16).

Mesmo havendo acréscimo do ortofosfato ao longo do cultivo, as concentrações foram baixas (0,0 a 0,07 mg L⁻¹) e, certamente influenciadas pela renovação de água no canal e o tipo de ração ofertada. Estes valores estão abaixo daqueles considerados adequados para viveiros (0,1 a 0,3 mg L⁻¹) (BORBA et al., 1998), e podem ser considerados animadores para a integração piscicultura/agricultura irrigada, tendo em vista não comprometer o sistema de irrigação, como consequência da eutrofização, e permitir ampliar a piscicultura no canal.

A clorofila-a, determinada apenas em três ocasiões, mostrou diferença estatística (P<0,01) relacionada com período de cultivo, ocorrendo diminuição de 1,93 para

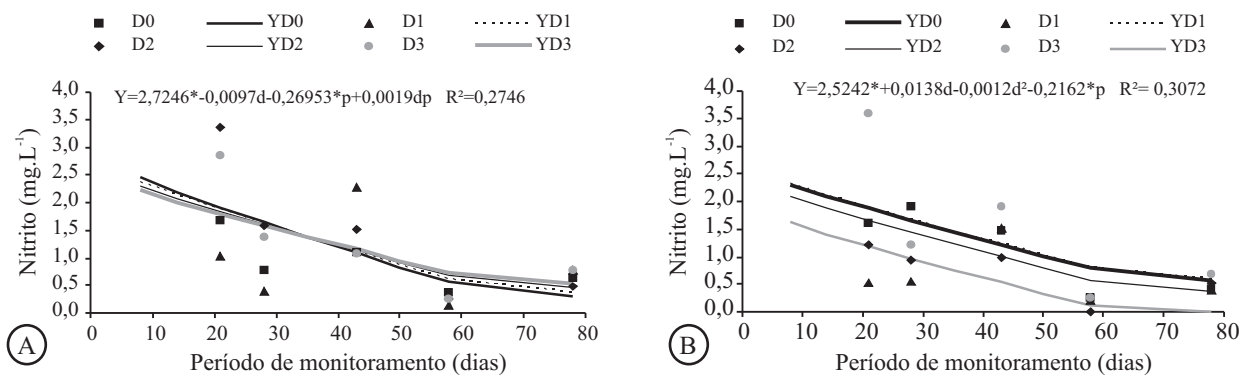


Figura 14 - Alterações nas concentrações de nitrito na água superficial (A) e do fundo (B) em função da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0 = sem peixe, D1 = 30, D2 = 20 e D3 = 10 peixes/m³) em um canal de irrigação. d = densidade; p = período de monitoramento

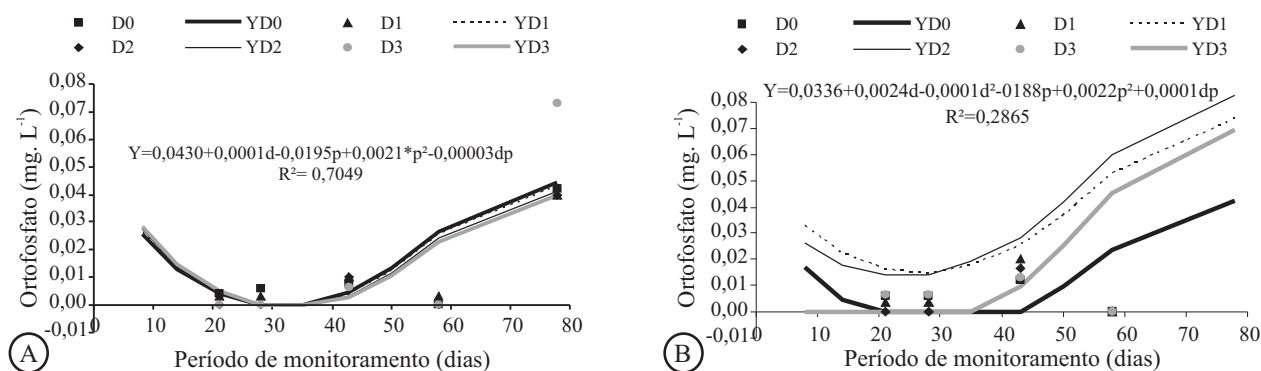


Figura 15 - Concentrações de ortofosfato na água superficial (A) e do fundo (B) em função da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0 = sem peixe, D1 = 30, D2 = 20 e D3 = 10 peixes/m³) em um canal de irrigação; d = densidade; p = período de monitoramento

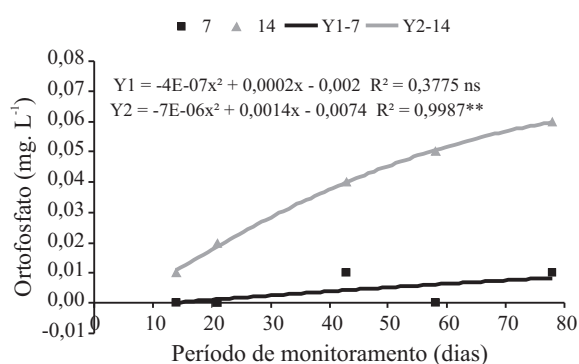


Figura 16 - Concentrações de ortofosfato na água do canal de irrigação em função do horário (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas), durante cultivo de tilápia nilótica

1,43 $\mu\text{g L}^{-1}$, do 35º ao 50º dia, e aumento para 3,36 $\mu\text{g L}^{-1}$ no 58º dia (Figura 17). O aumento deve ter ocorrido em consequência do aporte de matéria orgânica presente nas excretas dos peixes e nos resíduos de ração, e que o fluxo de água no canal não foi capaz de eliminar por completo.

Segundo Boyd (1997), a concentração mínima ideal para piscicultura em sistemas semi-intensivo, seria

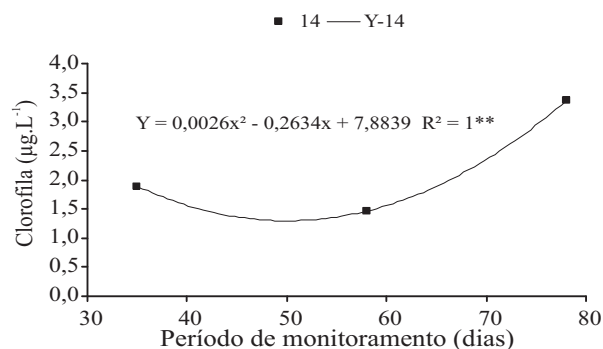


Figura 17 - Concentrações de clorofila a na água do canal de irrigação em função do horário (tarde), durante cultivo de tilápia nilótica

acima de 50 $\mu\text{g L}^{-1}$; Assim as concentrações registradas neste estudo ficaram abaixo dos valores, o que é um aspecto favorável para os sistema integrado, onde, por ser um sistema intensivo, não é de grande valia altas concentrações de clorofila-a.

Embora, alterações limnológicas tenham sido relacionadas com o período de cultivo, densidades de estocagem, horário de monitoramento e local na coluna d'água, as oscilações registradas a cada monitoramento, refletiram muito mais o manejo de bombeamento e vazão da água no canal, do que do cultivo de peixes. Esses fatos indicam que para o volume de pescado estocado, considerando toda a dimensão do canal, o manejo de bombeamento e vazão da água foi decisivo para as alterações da qualidade da água nas seções com cultivo de peixes.

Conclusões

1. A qualidade física, química e biológica da água do canal com e sem cultivo de tilápia nilótica sofreu alterações ao longo de 78 dias de observação, mas estas foram mais influenciadas pelo manejo de vazão e bombeamento da água no canal, do que pelo cultivo de peixes; e
2. A qualidade da água atestou a excelência dos canais de irrigação para a exploração intensiva de peixes e os resultados permitem inferir que é possível explorar os peixes em qualquer uma das densidades testadas, porém há que observar a extensão do canal que está sendo explorado para a piscicultura e o manejo da água no canal.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq/CT-HIDRO pelo financiamento da pesquisa; a FAPEAL, pela concessão de

uma bolsa de estudos; a Embrapa Meio-Norte, DITALPI, UFPB e UFC, pelo apoio logístico, de infra-estrutura para realização do projeto.

Referências

- AMANCIO, A. L. L.; FARIAS, W. R. L.; S. NETO, A. R. Balanço de nutrientes da água do açude Pentecoste (Pentecoste, Ceará, Brasil) no período de março a dezembro de 2002. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 01, p. 44-52, 2005.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for examination of waste water**. 16. ed. Washington: D.C., 1985. 1268 p.
- BOYD, C. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aqüicultura**. Campinas: Associação Americana de Soja, 1997. 55 p.
- BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: CYRINO, J. E. P. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p. 25–44.
- BORBA, M. G.; TOMPSON, M. M.; SILVA, A. L. N. Influência do emprego de tanques-rede sobre a qualidade da água em um viveiro de piscicultura. In: CONGRESSO AQUICULTURA BRASIL, 98., 1998, Recife. **Anais...Recife: WAS/ABR Ag**, 1998. p. 449–461.
- CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). **Water resource, development and management service**. 2004a. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/agl/aglw/>>. Acesso em: 16 mar. 2006.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. Roma: FAO, 2004b (pdf). 2004b. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/oo7/y5600s/y5600s00.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2006.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. London: Blackweel Sci. Publ., 1978. Handbook number 8. 214 p.
- GURGEL, J. J. S.; VINATEA, J. E. Métodos de aumento da produtividade aquática natural (Parte 2). In: *CHACON, J. O. et al. Manual sobre manejo de reservatórios para a produção de peixes-FAO*. 1988. 190 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab486p/ab486p02.htm>>. Acesso em: 25 out. 2005.
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (ed.) **Methods of seawater analysis**. Verlag Chemie Weinheim, 1976, p. 117-181.
- LÉON, S.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: UFPB, 1999. 110 p.
- MOREIRA, H. L. M. et al. **Fundamentos da moderna aqüicultura**. Canoas: ULBRA, 2001. 200 p.
- ONGLEY, E. D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas**. Campina Grande: UFPB, 2001. 92 p.
- PEZZATO, L. E. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J. E. P. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p. 75–170.
- RIBEIRO, T. A. P. et al. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, n. 03, p. 295–301, 2005.
- ROBERTS, R. J. **Patologia de los peces**. Madri: Mundi-Prensa, 1994. 366 p.
- SCHMITTOU, H. R. **Produção de peixes em alta densidade em tanques-redes de pequeno volume**. Campinas: ASA, 1993. 78 p.
- SHAFFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Editora Universal; UFRGS, 1985. 532 p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada a aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70 p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; YOSHIDA, C. E.; BRAGA, F. M. S. Effects of continuous water exchange on the limnology of tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture tanks. In: CONGRESSO TILAPIA AQUACULTURE, 2000, Rio de Janeiro. **Anais... Rio de Janeiro: Proceedings a from the fifth international symposium on tilapia aquaculture, 2000**. v. 02, p. 279–287.
- STIRLING, H. P. **Chemical and biological methods of water analysis for aquaculturalists**. Scotland: Institute of Aquaculture; University of Stirling, 1985.