



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

QUALIDADE DA ÁGUA EM CANAIS DE IRRIGAÇÃO COM
CULTIVO INTENSIVO DE TILÁPIA NILÓTICA (*Oreochromis*
***niloticus*)**

CAROLYNY BATISTA LIMA
Zootecnista

AREIA – PB
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CAROLYNY BATISTA LIMA

**QUALIDADE DA ÁGUA EM CANAIS DE IRRIGAÇÃO COM
CULTIVO INTENSIVO DE TILÁPIA NILÓTICA (*Oreochromis
niloticus*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Comitê de Orientação:

Dra. Adriana Evangelista Rodrigues

Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira

Dr. Walter Esfrain Pereira

**AREIA-PB
MARÇO-2006**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos,
da Biblioteca Setorial de Areia, CCA/UFPB. Bibliotecária: Elisabete
Sirino da Silva CRB-4/905.

L 732q Lima, Carolyny Batista.

Qualidade da água em canais de irrigação com cultivo
intensivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) / Carolyny
Batista Lima – 2006.

75. f

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal
da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2006.

Bibliografia.

Orientadores: Adriana Evangelista Rodrigues, Elenise
Gonçalves de Oliveira, Walter Esfrain Pereira.

1. Tilápia nilótica – cultivo. 2. Piscicultura. I Rodrigues, A.
Evangelista (orient.). II. Oliveira, E. Gonçalves (orient.). III.
Pera, W. Esfrain (orient.). IV. Título.

CDU: 639.3:626.882

CAROLYNY BATISTA LIMA

**QUALIDADE DA ÁGUA EM CANAIS DE IRRIGAÇÃO COM
CULTIVO INTENSIVO DE TILÁPIA NILÓTICA (*Oreochromis
niloticus*)**

Dissertação Aprovado pela Comissão Examinadora em: 29/ 03 / 2006

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira
Universidade Federal do Ceará
Departamento de Engenharia de pesca/Campus do Pici

Prof. Dr. Roger Nicolas Beelen
Universidade Federal de Alagoas
Departamento de Zootecnia/CECA

Profa. Dra. Adriana Evangelista Rodrigues
Universidade Federal da Paraíba
Departamento de Zootecnia/CCA
Presidente

AREIA-PB
MARÇO-2006

A **DEUS** e aos meus pais:

Zuleide Batista Lima e Rafael Moraes Lima que sempre foram meu alicerce e ponto de apoio, me incentivando em todas as minhas escolhas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, que em toda trajetória de minha vida estava sempre ao meu lado me dando forças, e me fazendo uma pessoa cada vez mais forte.

Aos meus **PAIS**, que foram meu alicerce em toda minha trajetória; Aos meus **IRMÃOS**, que junto com meus pais me deram forças, me ajudando a chegar aonde cheguei. A todos os meus familiares principalmente minha **VÓ ZENAIDE** e minha **TIA ZELMA**, que sempre rezaram por mim.

A minha orientadora Profa. Dra. **ELENISE GONÇALVES DE OLIVEIRA**, que me proporcionou uma vivência prática jamais vivida até o presente momento, permitindo através desta vivência a abertura de portas. Agradeço por transmitir seus conhecimentos e por me fazer ficar cada dia mais apaixonada pela piscicultura. E a orientadora Profa. Dr. **ADRIANA EVANGELISTA RODRIGUES**, que para me ajudar se permitiu buscar conhecimentos na área de piscicultura.

Ao meu noivo **TOBYAS**, que foi meu anjo, sempre estando ao meu lado, me incentivando, me dando forças nesses dois anos de mestrado. A toda sua família, principalmente Dona Lêda que me acolheu com muito carinho.

A **EMBRAPA MEIO NORTE**, que foi um importante ponto de apoio, me ajudando durante toda a fase experimental, a **TODOS** os funcionários que compõem a Embrapa, que sempre estavam a minha disposição, aos Coordenadores **Seixas e Ângela**, que me acolheu e deu todo apoio necessário para a realização desse trabalho.

Ao meu novo amigo **JAIME**, que me ajudou a realizar esse experimento. Saiba que você foi um dos meus braços. Obrigado pelo respeito, pela paciência e pela cumplicidade.

A **UFPB – CCA – PPGZ**, que me proporcionou a conquista de mais um título na área que eu sempre desejei. Aos seus **FUNCIONARIOS**, ao pessoal da limpeza, a diretoria e a coordenação do PPGZ, principalmente o **COORDENADOR ARIOSVALDO NUNES**. Aos seus **PROFESSORES**, a quem devo parte da minha formação.

A **LURDINHA**, que foi uma pessoa maravilhosa, e sempre estava a disposição quando eu precisei.

Aos meus **AMIGOS** da graduação, que mesmo longe, sempre lembravam de mim, e me ajudaram não sabe o quanto, nessa minha nova trajetória, parte dessa minha nova conquista é deles também, aos meus de infância, que sempre mandavam uma palavra amiga, quando mais eu precisava.

Ao **CNPq/CT-HIDRO** que financiou este projeto e a **FAPEAL** que me proporcionou uma bolsa de estudo, possibilitando mais uma conquista mais um título na minha curta carreira.

**“OS HOMENS FARIAM MUITAS COISAS SE NÃO JULGASSEM TANTAS
COISAS IMPOSSÍVEIS”**

(Franções)

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xiii
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 Interação entre a piscicultura e irrigação.....	4
2.2 Qualidade da água.....	6
2.2.1 Parâmetros físicos.....	6
2.2.2 Parâmetros químicos.....	9
2.2.3 Parâmetros biológicos –Clorofila-a.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Parcerias.....	21
3.2 Período e local de condução do experimento.....	21
3.3 Instalações experimentais.....	23
3.4 Animais e Manejo alimentar.....	25
3.5 Manejo geral no canal e parâmetros analisados.....	27
3.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	29
4. RESULTADOS	30
4.1 Parâmetros físicos da água do canal de irrigação.....	30
4.2 Parâmetros químicos da água do canal de irrigação.....	33
4.3 Parâmetros biológicos – Clorofila-a.....	44

4.4 Qualidade da água do canal antes e após as seções com cultivo de tilápia.....	45
5. DISCUSSÃO.....	50
5.1 Qualidade da água dos canais de irrigação com cultivo de peixes.....	50
5.2 Operacionalização do canal	61
6. CONCLUSÕES.....	65
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1.	Vista parcial do canal terciário do DITALPI, antes da instalação do experimento.....	22
FIGURA 2.	Formato do canal de irrigação.....	22
FIGURA 3.	(A) Seções de contenção dos peixes; (B) Tela tipo alambrado revestida com PVC usada na construção das seções; (C) Haste de ferro fixadora da estaca no solo; (D1) - Entrelace do arame na extremidade superior da tela, (D2)- Detalhe da extremidade inferior da tela fixada às estacas e ao cano de PVC.....	24
FIGURA 4.	Tela de plástico fixada a tela de alambrado e vista parcial da seção de recuperação da água.....	24
FIGURA 5.	Vista geral das seções de cultivo com os cochos circulares utilizados até os 30 dias do início do cultivo (A) e a partir dos 30 dias (B).....	26
FIGURA 6.	Esquema dos locais onde foram colhidas as amostras de água para determinação dos parâmetros limnológico.....	27
FIGURA 7.	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.....	31
FIGURA 8.	Efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m ³), sobre a temperatura da água no canal de irrigação.....	31

FIGURA 9.	Efeito do horário de monitoramento (manhã =7 horas e tarde =14 horas) sobre a transparência da água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica.....	32
FIGURA 10.	Efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m ³), sobre a transparência da água do canal de irrigação.....	32
FIGURA 11.	Turbidez da água registrada no horário da manhã (7 horas) e da tarde (14 horas), na água superficial (SC) e do fundo (FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem.....	33
FIGURA 12.	Oxigênio dissolvido registrado no horário da manhã (7 horas) (A) e da tarde (14 horas) (B) na água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m ³).....	34
FIGURA 13.	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.....	35
FIGURA 14.	pH da água em função do horário (manhã=7 horas e tarde=14 horas), e do local de leitura na coluna d`água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem.....	37
FIGURA 15.	Alcalinidade total da água em função do horário (manhã =7 horas e tarde =14 horas), e do local de leitura na coluna d`água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem.....	39

- FIGURA 16.** Dureza da água em função do horário (manhã =7 horas e tarde =14 horas), e do local de leitura na coluna d`água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica..... 40
- FIGURA 17.** 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 do canal de irrigação..... 40
- FIGURA 18.** Condutividade elétrica da água em função do horário (manhã=7 horas e tarde=14 horas), e do local de leitura na coluna d`água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica..... 41
- FIGURA 19.** Valores médios da Condutividade elétrica no horário da manhã (7 horas) e da tarde (14 horas), registrados na água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³)..... 41
- FIGURA 20.** 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) no canal de irrigação..... 42
- FIGURA 21.** Concentrações de ortofosfato em função do horário de monitoramento (manhã=7 e tarde=14) da água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica..... 43
- FIGURA 22.** 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) no canal de irrigação..... 44

FIGURA 23. Concentrações de clorofila-a em função do horário de monitoramento (manhã=7 horas e tarde=14 horas), na água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica.....	45
---	----

LISTA DE TABELAS

		Páginas
TABELA 1.	Valores utilizados no manejo alimentar de tilápia nilótica cultivada em canais de irrigação do DITALPI.....	26
TABELA 2.	Temperatura da água registrada pela manhã e a tarde na superfície e no fundo do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica, em diferentes densidades de estocagem.....	31
TABELA 3.	Transparência da água registrada pela manhã e a tarde no canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica, em diferentes densidades de estocagem.....	32
TABELA 4.	Concentrações de gás carbônico (mg/L) registradas no horário da manhã e da tarde, na água superficial do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m ³).....	35
TABELA 5.	Concentrações de gás carbônico (mg/L) registradas no horário da manhã e da tarde, na água do fundo do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m ³).....	36
TABELA 6.	Concentração da alcalinidade total (CaCO ₃ mg/L) registrada no horário da manhã e da tarde, na água superficial do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m ³).....	38

TABELA 7.	Concentração da alcalinidade total (CaCO_3 mg/L) registrada pela manhã e a tarde, na água do fundo do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m ³).....	38
TABELA 8.	Médias semanais de nitrito (mg/L) registrado no horário da tarde, na água superficial e do fundo do canal de irrigação, com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0 = sem peixe, D1 = 30, D2=20 e D3=10 peixes/m ³).....	42
TABELA 9.	Variáveis físicas determinadas no canal de irrigação, antes (L1) e após (L14) as seções de criação intensiva de tilápia.....	47
TABELA 10.	Variáveis químicas determinadas no canal de irrigação, antes (L1) e após (L14) as seções de criação intensiva de tilápia.....	48
TABELA 11.	Nutrientes e clorofila-a determinados no canal de irrigação, antes (L1) e após (L14) as seções de criação intensiva de tilápia.....	49

RESUMO

Qualidade da água em canais de irrigação com cultivo de intensivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)¹. LIMA, C.B. Areia: CCA - UFPB. 2006. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Zootecnia.

A integração entre irrigação e piscicultura, deverá ser no futuro próximo uma forma de otimizar os recursos hídricos continentais e para que ambas as atividades sejam sustentáveis, é imprescindível conhecer a qualidade da água. Assim, com o presente trabalho o objetivo foi avaliar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água de canais de irrigação com cultivo intensivo de tilápia nilótica, em diferentes densidades. O experimento foi desenvolvido no período de agosto a novembro de 2005, em canais terciários do Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí/DITALPI, no município de Parnaíba. No canal foram instaladas 09 seções para cultivo de peixes, com 10 m de comprimento cada uma, fazendo uso de telas tipo alambrado em arame revestido de PVC e malha de 2 cm. As seções foram peixadas com tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada, revertidas para machos, com peso médio de 30 ± 3 g, nas densidades de 30, 20 e 10 peixes/m³, sendo as densidades agrupadas sequencialmente da maior para a menor, no sentido da correnteza da água. O monitoramento físico, químico e biológico da água, foi realizado as 07:00 e 14:00 horas, *in locu* e/ou em amostras colhidas na superfície da água e no fundo do canal. O experimento foi instalado em delineamento em parcela subdividida, sendo distribuído na parcela as densidades de estocagem (D0= sem peixe; D1= 30 peixes/m³; D2= 20 peixes/m³ e D3= 10 peixes/m³), nas sub-parcelas os horários (07:00 e 14:00 horas), os locais de coleta (superfície e fundo) e os dias de monitoramento (8 aos 78 dias da estocagem dos peixes). De acordo com a estatística, as densidades influenciaram a temperatura (30,9 e 29,0 °C), transparência (78 a 41 cm), dureza (66,0 a 26,0 mg CaCO₃/L), nitrito (0,00 a 3,36 mg/L), e ortofosfato (0,00 a 0,07 mg/L), de forma que os maiores valores, ou menores, para o caso da transparência e dureza, foram registrados nas maiores densidades; as concentrações de gás carbônico (5,3 a 3,4 mg/L), oxigênio dissolvido (6,9 a 4,3 mg/L), alcalinidade total (28,7 a 19,5 mg CaCO₃/L), pH (7,9 a 6,6), clorofila-a (1,93 a 3,36 µg/L), condutividade elétrica (0,059 a 0,150 µS/cm) e salinidade (00 ppt) permaneceram constante entre densidades, levando a dizer que para condições semelhantes às encontradas no presente estudo, é possível criar 30 peixes/m³. Por outro lado, se houver ampliação da área de cultivo no canal, as densidades mais seguras serão

aquelas menores que 30 peixes/m³; o manejo de vazão e bombeamento de água foi determinante para a manutenção da boa qualidade da água em ambos os horários e na água superficial e do fundo do canal de irrigação com cultivo de peixes; a correnteza unidirecional facilitou a transferência e acúmulo de metabólitos de uma seção para outra, sendo interessante manter a logística de diminuir a densidade à medida que se distancia do ponto de entrada da água no canal.

Palavras chaves: Canais de irrigação, integração piscicultura/irrigação, parâmetros físico-químicos e biológicos, otimização de recursos hídricos, tilápia.

¹ Pesquisa financiada pelo CT-HIDRO/Edital MCT/CNPq/CT-HIDRO 02/2003/Apoio a grupos em consolidação – Categoria B, e desenvolvido em parceria entre UFPB, Embrapa Meio Norte/Piauí e DITALPI/DNOCS.

ABSTRACT

Quality of the water in irrigation channels stoked with nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)¹. LIMA, C.B. Areia: CCA - UFPB. 2006. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Zootecnia.

The integration between irrigation and fisheries, it should be in the close future a form of to get better the resources hydrico continental and so that both activities are maintainable, it is indispensable to know the quality of the water. Like this, with the present work the objective was to evaluate the physical-chemical and biological parameters of the water of irrigation channels with intensive cultivation of nile tilapia, in different densities. The experiment was developed in the period of August to November of 2005, in tertiary channels of the District of Irrigation Tabuleiros Litorâneo of Piauí/DITALPI-Brazil, in the municipal of Parnaíba. In the channel 09 sections were installed for cultivation of fish, with 10 m of length each, using screens covered with PVC and mesh of 2 cm. The sections they were stoked with nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), lineage chitralada, males sex-reverted, with medium weight of 30 ± 3 g, in the densities of 30, 20 and 10 fish/m³, the densities were stoked in the large for smallest, in the sense of the course of the water. The water they were monitored the 07:00 and 14:00 hours, in *locu* and/or in samples picked in the surface of the water and in the bottom of the channel. The experiment was installed in subdivided portion, being distributed in the portion the stoked densities (D0 = without fish; D1 = 30 fish/m³; D2 = 20 fish/m³; and D3 = 10 fish/m³), in the sub-portions the hours (07:00 and 14:00 hours), the collection places (surface and bottom) and the days monitored (8 to the 78 days of the stoked of the fish). In agreement with the statistics, the densities influenced the temperature (30,9 and 29,0 °C), transparency (78 to 41 cm), hardness (66,0 to 26,0 mg CaCO₃/L), nitrite (0,00 to 3,36 mg/L), and ortophosphate (0,00 to 0,07 mg/L), so that the largest values, or smaller, for the case of the transparency and hardness, they were registered in the largest densities; the concentrations of carbonic gas (5,3 to 3,4 mg/L), dissolved oxygen (6,9 to 4,3 mg/L), total alkalinity (28,7 to 19,5 mg CaCO₃/L), pH (7,9 to 6,6), chlorophyll α (1,93 to 3,36 μ g/L), electric conductivity (0,059 to 0,150 μ S/cm) and salinity (00 ppt) they stayed constant among densities, taking to say that for conditions similar to found them in the present study, it is possible to create 30 fish/m³. on the other

hand, if there is amplification of the cultivation area in the channel, the safest densities will be those smaller ones than 30 fish/m³; the empty handling and pump of water went decisive for the maintenance of the good quality of the water in both schedules and in the superficial water and of the bottom of the irrigation channel with cultivation of fish; the current in an only direction facilitated the transfer and accumulation of metabólitos of a section for other, being interesting to maintain the logistics of reducing the density as he/she goes away of the point of entrance of the water in the channel.

Key words: Irrigation Channel, integration fisheries/irrigation, physical-chemical and biological parameters, get better of resources hydricos, tilapia.

¹ Pesquisa financiada pelo CT-HIDRO/Edital MCT/CNPq/CT-HIDRO 02/2003/Apoio a grupos em consolidação – Categoria B, e desenvolvido em parceria entre UFPB, Embrapa Meio Norte/Piauí e DITALPI/DNOCS.

1. INTRODUÇÃO

As reservas hídricas docícolas somam cerca de 2,5% da água do planeta, sendo que deste total 76,7% se encontram em geleiras e lençóis glaciais, 22,1% em lençóis subterrâneos e apenas 1,2% em águas superficiais como rios, lagos e pântanos (ONU, 2006). Devido à má distribuição temporal e espacial das reservas hídricas, vários países sofrem com o déficit deste recurso natural. Neste sentido, o Brasil, apesar de ser considerado privilegiado do ponto de vista da quantidade de água, possuindo 20% da água doce do mundo (Pádua, 2003), também passa por problemas relacionados com a escassez de água, seja na região semi-árido do Nordeste, ou mesmo na Amazônica.

Não obstante aos problemas ocasionados pela má distribuição da água, o aumento populacional, vem estimulando um crescimento forçado de todos os sistemas de produção (FAO, 2004a) e agravando ainda mais este problema.

Dentre os sistemas de produção de alimentos que mais cresce estão à agricultura irrigada e a aqüicultura. A agricultura irrigada, que é considerada pela FAO como sendo um componente essencial de qualquer estratégia para aumentar o suprimento mundial de alimentos (Ongley, 2001), 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, 2004b).

A aqüicultura, e em especial a piscicultura, é também considerada pela FAO (2004a), como uma das atividades que mais poderá contribuir com o aporte de alimentos para os setores pobres e que passam fome. O crescimento desta atividade vem suplantando outras atividades pecuárias, de forma que a aqüicultura continental, vem crescendo nos últimos 6 anos (1998 – 2003) a uma medial anual de 6 %, atingindo em 2003 uma produção total mundial de 25,2 milhões de toneladas (FAO, 2004c).

Do ponto de vista de área irrigada e aquíicultura o Brasil também apresenta uma estatística numérica positiva. No período de 1985 a 1990 a área irrigada foi quase duplicada e atingiu 620 mil hectares. No Nordeste existe ainda cerca de 6 milhões de hectares de terras irrigáveis (Gheyi, 2000). Já a aquíicultura continental, cresceu em média 18,5% ao ano, no período entre 1997 e 2002, chegando a uma produção estimada de 177.125,5 toneladas no ano de 2003, o que corresponde a 17,9% da produção total de pescado do Brasil (IBAMA, 2004).

Apesar da ampliação das áreas exploradas com as duas atividades e dos seus incontestáveis benefícios do ponto de vista da segurança alimentar, há também aspectos críticos. No tocante a irrigação pode ser ressaltado: alto consumo consultivo da água (cerca de 80%) ou seja, apenas cerca de 20% dessa água utilizada volta ileso para o ambiente (Ongley, 2001); impactos ao meio ambiente e redução efetiva da disponibilidade da água nos mananciais e da sua qualidade (Lima et al., 2005). No que se refere à aquíicultura, embora ela tenha menor consumo consultivo que a agricultura (cerca de 10%) (Ongley, 2001), é também responsável entre outras coisas pela eliminação de nutrientes, químicos diversos e patógenos no ecossistema (Boyd, 1997; Schimittou s.d.; León e Cavallini, 1999; Arana, 1999).

As questões acima, aliado a multiplicidade de uso das águas continentais, apontam para o fato de que não é mais possível vislumbrar o crescimento da agricultura irrigada e aquíicultura sem que haja um melhor planejamento para otimização do uso dos recursos hídricos. Dentro deste conceito, é imprescindível que se estabeleçam formas de maximizar o uso da água antes do seu retorno para o leito dos rios, mares ou para o lençol freático e de reciclar os nutrientes (León & Cavallini, 1996; Felizato et al., 2000).

No caso das águas que correm nos canais de irrigação uma alternativa para melhorar a eficiência do seu uso é explorá-las para a criação de peixes (CODEVASF,

2003). As águas residuárias da atividade piscícola, por sua vez, poderão trazer grande contribuição para o cultivo de produtos vegetais, dada a riqueza em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (Schmittou, s.d.), provenientes das excretas de peixes e de restos de ração não consumida. Estes nutrientes, juntamente com o potássio, são fundamentais no cultivo de plantas em solos pobres, como os que ocorrem na maior parte do Brasil, podendo, portanto, serem utilizados na fertirrigação de culturas agrícolas, possibilitando o aumento na produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo.

No Brasil experiências no consórcio agricultura irrigada e piscicultura foram realizadas pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, em canais de irrigação do Projeto Jaíba (CODEVASF, 2003). Apesar da experiência exitosa, cada distrito de irrigação tem suas particularidades, e deve ser estudado, não só do ponto de vista da produção, mas também da qualidade da água, que é um fator de suma importância para a sustentabilidade de ambas as atividades.

Os estudos sobre a qualidade da água, conforme lembra a FAO (2003), permitem ao produtor exercer certo controle sobre o meio em que os peixes estão sendo criados, e sobre a quantidade de nutriente disponível para a fertirrigação. Estas informações possibilitam ajustar a quantidade de biomassa populacional de acordo com a produção de nutrientes desejáveis e fazer um uso mais eficiente das águas dos canais de irrigação.

Diante do exposto, com a realização do presente trabalho, o objetivo foi avaliar as características físico-químicas e biológicas da água de canais de irrigação com cultivo intensivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada, em diferentes densidades.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Integração entre a piscicultura e irrigação

Registros dão conta que a interação entre irrigação e piscicultura teve início há 4000 anos a.C. pelos Sumérios, com vistas a suprir a demanda de alimento em períodos de falta de chuvas. Para este fim eram utilizados para criação de peixes, as valas construídas para canalizar a água de rios (Feranet21, 2004).

Nos tempos contemporâneos a integração entre agricultura e aqüicultura, tem sido feita no sentido de viabilizar o uso dos limitados recursos hídricos e recuperação de nutrientes das rações dos animais aquáticos, aumentando a eficiência produtiva no meio rural. Está atividade vem sendo praticada em diferentes países do continente americano, oriente médio (Zimmermann e Fitzsimmons, 2004), países asiáticos e africanos (Sadek, 1988), especialmente em regiões semi-áridas, onde a população humana está se expandindo rapidamente e a necessidade de alimentos está aumentando (Zimmermann e Fitzsimmons, 2004).

Conforme Zimmermann e Fitzsimmons (2004), os sistemas integrados mais antigos são provenientes da China, Índia e Sudoeste da Ásia, mas Israel tem se destacado na proposta e prática dos sistemas integrados de produção em zonas áridas.

A FAO (2004a) relata que, embora a produção de peixes em canais de irrigação seja pequena, constitui uma parte importante do sistema agrícola em todo o mundo, mas nem sempre é considerada com a devida atenção, havendo poucas informações sobre esta nova atividade.

No Brasil os dados sobre a técnica do consorciamento da agricultura irrigada com a piscicultura são insipientes, mas animadores. Desta forma, conforme retratado pela CODEVASF (2003) em cultivo de peixes conduzido dentro dos canais de irrigação no

Projeto Jaíba/MG, e usando telas dispostas no perfil do canal, de modo a conter os peixes, foi obtida produção de 45 kg de peixes/m³/ano, com estimativas de atingir uma produção de 17,8 mil toneladas de pescado por ano e geração de mais de 600 empregos diretos, utilizando apenas 25 % da área de todo o canal.

Em canais de irrigação egípcios há registros de produção de tilápia da ordem de 40 kg/m³, com estimativas de chegar ao redor de 100 toneladas anuais a cada hectare de gaiolas, colocadas nos canais de irrigação (Ishak, 1982; 1986), indicando, conforme ressalta Redding e Midlen (1990), que este sistema de exploração é extremamente viável para aumentar a produção de peixe, principalmente nas regiões onde o peixe pode ser a única fonte de proteína animal.

Os resíduos que são gerados no cultivo de peixes, sejam aqueles de restos de ração ou das fezes, são ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (Schmittou, s.d), contribuem para o desenvolvimento das culturas agrícolas chegando a proporcionar uma redução de 50% no uso de nitrogênio na forma de uréia, na cultura do trigo (Al-Jaloud et al., 1993).

Os estudos sobre exploração de peixes em canais de irrigação ainda não são conclusivos e questionamentos como melhor densidade de estocagem, nível de alteração da qualidade da água, percentual da área do canal que pode ser destinado à piscicultura, gera uma relutância quanto à liberação dos canais de irrigação para este fim (Coates, 1984). Em contraposição a estes fatos, Dugan et al., (2004) ressaltam que este sistema de exploração é mais viável, pois causa menos impacto que as fazendas de peixe tradicionais (Dugan et al., 2004).

Muitos aspectos da exploração de peixes em canais de irrigação devem ser investigados, entre os quais se pode citar a densidade adequada; a percentagem do canal propicia para a produção de peixes, para que se obtenha o máximo proveito do ecossistema

e não ocorra conflito entre as duas atividades. Neste sentido estudar os aspectos físico-químicos da água dos canais poderá ajudar no estabelecimento de uma estratégia de manejo adequado da água, tanto para a agricultura, quanto para piscicultura.

2.2 Qualidade da água

Para a piscicultura é de vital importância conhecer as características físicas, químicas e biológicas da água, pois os peixes dependem da água para realizar todas as suas funções, ou seja: respirar, se alimentar, reproduzir e excretar. (Ostrensky e Boeger, 1998).

De acordo com Lovell (1989) as características que mais limitam a produção de peixes, em qualquer sistema de criação são as físicas como temperatura e transparência e as químicas como oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade total, gás carbônico, condutividade elétrica, salinidade, dureza, amônia, nitrito, nitrato e fósforo.

2.2.1 Parâmetros físicos

A temperatura influencia a quantidade de oxigênio presente na água, de forma que águas frias têm uma maior disponibilidade de oxigênio Barbosa et al. (2000). Por outro lado, a elevação na temperatura contribuiu para diminuir a capacidade de retenção do oxigênio dissolvido pela água e aumento do metabolismo dos peixes, vindo o consumo de oxigênio por parte deste, a aumentar em 10% a cada grau elevado na temperatura (Gurgel et al. 2005). Com o aumento do metabolismo dos peixes, vem também o aumento na ingestão de alimentos, digestão, excreção e até mesmo no crescimento, acontecendo o inverso quando a temperatura diminui (Molnar e tolg, 1962; Resende e Graef, 1985; Castagnolli, 1992; Alexandrino, 1998; Graef et al., 1987; Kubitza, 2000). Borba et al. (1998) ressaltam que peixes tropicais crescem melhor em temperaturas acima de 25°C, mas se a mesma estiver acima de 32-36°C, o crescimento pode ser reduzido.

Um fato que pode ocorrer nos ambientes aquáticos diz respeito à estratificação térmica, de modo que em ambientes aquícolas rasos em geral ocorre aquecimento da água superficial durante o dia e homogeneização durante a noite, e este processo, denominado desestratificação térmica, pode ocasionar estresse e mortalidade dos peixes (Sipaúba-Tavares, 1994). Em locais com profundidade maior que dois metros pode ocorrer estratificação térmica, ou seja, a coluna de água vai apresentar extrato (camadas), com diferentes temperaturas (Medeiros, 2002), vindo a causar problemas com oxigênio dissolvido, e com a fotossíntese, que é sempre maior na superfície, onde chega mais luz. Além disso, os compostos tóxicos que serão produzidos durante a decomposição da matéria orgânica irão se concentrar no fundo dos viveiros, tornando essa área inabitável para os peixes (Ostrensky & Boeger, 1998).

A temperatura da água também vai influenciar o desenvolvimento de populações de microorganismos (Alexandrino, 1998), que por sua vez influencia a decomposição da matéria orgânica (Medeiros, 2002), de modo que em águas com temperaturas entre 30 e 25 °C os microorganismos decompõem a matéria orgânica mais rapidamente (Boyd, 1997).

A transparência indica a que profundidade a luz penetra na coluna d'água. Muitos são os fatores que podem interferir na transparência da água, mas ela é determinada principalmente pela quantidade de materiais em suspensão, que podem ser partículas minerais (argila e silte) e partículas orgânicas (plâncton) (Medeiros, 2002). Para Schmittou (s.d.) a transparência indica o estado trófico da água, ou seja, ela estará alta quando tiver pouco nutriente e baixa quando os nutrientes forem abundantes.

Material em suspensão, principalmente silte e argila, são altamente prejudiciais aos peixes, podendo depositar-se na superfície de suas brânquias, ocasionado lesões e diminuição na sua capacidade respiratória (Conte, 2002).

Segundo Kubitza (1999) a baixa transparência pode resultar em oscilações e problemas na água, como baixo nível de oxigênio dissolvido no período noturno; elevados valores de pH, principalmente à tarde, aumentando o potencial tóxico da amônia ou prejudicando a excreção de amônia pelos peixes e aumentando o risco de auto-intoxicação; desenvolvimento da estratificação termo-química da coluna d'água reduzindo também o oxigênio dissolvido e aumentando as concentrações de substâncias nocivas como o gás carbônico, amônia, nitrito, gás metano e sulfídrico.

Em viveiros medidas de transparência inferiores a 40 cm (ambientes eutróficos), estão associadas a uma maior concentração de material em suspensão (argila, silte e plâncton). Por outro lado, medidas de transparência acima de 60 cm (ambientes meso-oligotróficos) permitem a penetração de grande quantidade de luz em uma maior profundidade, favorecendo o crescimento de plantas aquáticas submersas (Cyrino et al., 1996).

Estudando o efeito do fluxo contínuo da água no cultivo de tilápias Sipaúba-tavares et al. (2000) observaram que a transparência da água está associada com os fatores bióticos e abióticos e que o fluxo contínuo da água facilita a remoção dos resíduos, mantendo em equilíbrio as condições ambientais. Os autores observaram também que o aumento do material em suspensão na coluna d'água pode ser consequência do excesso de alimento não digerido.

Em sistemas intensivos de produção como, raceway e tanques-rede, valores de transparência inferiores a 40 cm serão prejudiciais se não houver fluxo de água durante a noite (Schmittou, 1993). Se a transparência estiver acima de 60 cm não causará tantos danos, pois, nesses sistemas são fornecidas rações extrusadas e balanceadas nutricionalmente para cada fase, não havendo necessidade de produção de alimento natural. Os canais de irrigação apresentam características próximas ao de raceway, porém

no estabelecimento da faixa ideal de transparência há um aspecto a mais que deve ser considerado, que são os irrigantes.

A turbidez determina quanto de luz é dissipada na coluna d'água. A presença de partículas em suspensão, entre elas, de argila, silte, matéria orgânica e microorganismos, dificultam a penetração de luz dos raios luminosos e, conseqüentemente, a realização de fotossíntese, diminuindo também a quantidade de oxigênio dissolvido (Galli, et al., 1984).

2.2.2 Parâmetros químicos

O oxigênio dissolvido (O_2D) é o elemento mais limitante em ambientes de cultivo de peixes e que deve receber maior atenção e, embora exista em abundância na atmosfera, ele é pouco solúvel na água (Cyrino et al., 1996; Moreira et al., 2001). Taxa fotossintética, temperatura, pressão atmosférica, salinidade, turbidez, transparência, compostos nitrogenados, ácido carbônico (Boyd, 1997; Schmittou, s.d.) e aspectos ligados ao manejo (Ayrosa, 2000) são fatores que influenciam as concentrações deste na água.

A fotossíntese responde por aproximadamente 90 % do oxigênio produzido nos corpos d'água, sendo o restante adquirido por difusão do ar (Medeiros, 2002; Schmittou, s.d.). Dependendo da energia luminosa para sua realização, a produção desse gás vai aumentando gradativamente após o nascer do sol, alcançando um máximo no meio da tarde, quando então começa a declinar, em função da diminuição da quantidade de luz disponível. A quantidade de oxigênio então acumulada na água garante a respiração dos peixes e dos próprios vegetais durante a noite, atingindo o valor mínimo nas primeiras horas antes do nascer do sol, quando sua concentração pode atingir níveis iguais ou próximos à zero. Situações como estas podem acarretar mortalidade de peixes ou piora no seu desempenho. Tal fato é acentuado nas épocas quentes, devido à menor solubilidade do

oxigênio na água e ao aumento do metabolismo dos peixes, que exige maior consumo de oxigênio, devido à elevação da temperatura da água (Sipaúba-Tavares, 1994).

Quanto maior a temperatura, salinidade e altitude do local, menor será a dissolução de oxigênio na água (Galli, 1984; Schmittou, s.d.; Moreira et al., 2001). Para a salinidade, por exemplo, cada acréscimo de 9.000 mg/L resulta em uma redução de aproximadamente 5 % na solubilidade do oxigênio na água (Sipaúba-Tavares, 1994).

As concentrações de oxigênio se tornarão mais críticas se a turbidez for mais elevada, pois esta compromete a realização dos processos fotossintéticos (Boyd, 1997; Schmittou, s.d.). Conte (2002) quando estudava a produtividade e economicidade da tilapicultura em gaiolas na região sudeste do estado de São Paulo, observou que fortes chuvas ocasionaram expressivas entradas de material em suspensão, como silte, argila e matéria orgânica na represa, através de enxurradas, baixando os níveis de oxigênio de 7 para 1,58 mg/L.

A decomposição de matéria orgânica, e a presença de amônia, nitrito e ácido carbônico (HCO_3), de uma forma geral, contribuem para que haja aumento na demanda de O_2D (Moreira et al., 2001).

De acordo com Castagnolli (1992), tanto a falta como o excesso de oxigênio dissolvido é prejudicial para produção piscícola, pois em águas com grandes concentrações de O_2D existirá morte de peixes por embolia (bolhas de oxigênio no sangue), enquanto que com baixos teores esta ocorrerá por asfixia.

Para a maioria dos peixes cultivados no Brasil concentrações de O_2D à noite abaixo de 3 mg/L, causam impactos negativos no crescimento, diminuição da resistência, aumentando a incidência de doenças e mortalidade (Boyd, 1997; Medeiros, 2002), abaixo de 1 mg/L são letais, entre 2 e 3 mg são estressantes e entre 4 e 6 mg/L é a faixa ideal

(Rebeiro, 1997; Medeiros, 2002). Para Ono et al. (1999) a saturação adequada de oxigênio em tanques-rede deve ser superior a 60 % (ou seja, próximo a 5,0 mg/L).

As tilápias são consideradas tolerantes a baixas concentrações de O_2D na água e quando as concentrações atingem 45 a 50 % da saturação (aproximadamente 3 a 3,5 mg/L, a 28 – 30 °C) elas começam a reduzir sua atividade e, conseqüentemente, a redução na demanda por O_2D (Ross e Ross, 1983), este parece ser um mecanismo regulador do consumo de oxigênio, compensando assim a redução do oxigênio na água.

O gás carbônico (CO_2) é produzido, principalmente, pelo processo de respiração (Ostrensky, & Boeger, 1998). A doação do CO_2 da respiração ou a retirada dele pelo processo de fotossíntese, resulta em uma alteração no pH, levando à formação de carbonatos ou bicarbonatos. Outro fator que o influencia é a temperatura, pois, o seu valor aumenta com a elevação da mesma (Galli, 1984). Normalmente, as altas concentrações de CO_2 na água estão relacionadas com a baixa concentração de oxigênio dissolvido (Boyd, 1997; Moreira et al., 2001).

O CO_2 é produzido a partir de uma série de processos químicos que acontecem naturalmente em viveiros, principalmente em condições de pH muito baixo (Moreira et al., 2001), podendo ser armazenado temporariamente na água como bicarbonato (HCO_3) e quando reage com os carbonatos em solos alcalinos, essa relação é relativamente rápida e reversível (Schmittou, s.d.).

A solubilidade do CO_2 varia em função da temperatura (Kubitza, 2003) e em sistemas aquaculturais, manejados de forma intensiva, normalmente as concentrações flutuam em torno de 0 a mais que 20 ppm de CO_2 livre, em um ciclo de 24 horas (Schmittou, s.d.).

Para Moreira et al. (2001) altas concentrações de gás carbônico podem estar relacionadas à grande mortalidade de fitoplâncton, após a destratificação térmica, podendo ser o CO₂ capaz de acidificar a água quando esta apresenta baixa alcalinidade.

Sipaúba-Tavares (1994) relata que, embora o CO₂ seja necessário à vida aquática, em altas concentrações ele pode se tornar extremamente perigoso para os peixes. Mesmo o CO₂ sendo altamente solúvel, as concentrações na água são bastante baixas e menos de 1 % de CO₂ dissolvido na água forma ácido carbônico. Boyd (1997) relata que devem ser evitadas exposições de peixes e camarões por vários dias a concentrações de gás carbônico acima de 10 mg/L. Já Furtado (1995) diz que, embora concentrações elevadas desse gás possam ser toleradas pelos peixes, eles evitam concentrações tão baixas quanto 5 mg/L.

Os valores de pH da água indicam se esta possui reação ácida ou alcalina. O pH é definido como logaritmo negativo da concentração (em moles/L) dos íons H⁺ na água. Os íons H⁺ apresentam reações ácidas, enquanto íons OH⁻ apresentam reações alcalinas ou básicas (Galli, 1984; Kubitza, 2003).

Os principais fatores determinantes do pH na água são o dióxido de carbono (CO₂) e a concentração de sais em solução. No entanto, mesmo altas concentrações de CO₂ não são capazes de abaixar o pH da água para valores menores que 4,5. Condições de pH abaixo de 4,5 são resultantes da presença e diluição na água de ácidos minerais como o ácido sulfúrico (H₂SO₄), clorídrico (HCL) e nítrico (HNO₃), que são compostos tóxicos aos peixes (Kubitza, 2003).

Cyrino (1996) e Boyd (1997) inferem que, durante o dia, há uma remoção de CO₂ pelas plantas para produção de fotossíntese, aumentando o pH. Já à noite, a fotossíntese cessa, e o CO₂ proveniente dos processos respiratórios da comunidade aquática, se acumula reagindo com a água, produzindo íons hidrogênio, que diminuem o pH. Para Sipaúba-Tavares (1994) a elevação do pH, leva à formação de carbonatos ou bicarbonatos.

Porém, o gás carbônico nunca é totalmente consumido na reação com carbonatos, sendo que a permanência de certas quantidades deste gás denomina-se gás carbônico de equilíbrio, que é responsável pela estabilidade dos teores de bicarbonatos.

O pH também pode aumentar em função da alta concentração da forma não ionizada da amônia (NH_3) na água, ou seja, a fração tóxica da amônia (Boyd, 1984) e tende a diminuir, conforme aumenta a profundidade da água do viveiro (Boyd, 1997).

Conforme Kubitzka (2000), valores próximos à neutralidade (6,0 a 8,5) são adequados para tilápia e outros peixes tropicais. Abaixo de 4,5 e acima de 10,5 a mortalidade é significativa. Quando expostas a pH baixo as tilápias mostram sinais de asfixia (abrindo a boca na superfície da água), aumento na secreção de muco e irritação do tecido branquial e quando morrem por esta causa, os peixes ficam com a boca aberta e os olhos saltados.

Para Medeiros (2002) valores adequados de pH para peixes estão na faixa de 6,5 a 9,0 e valores de pH menores que 4 e acima de 11, são letais.

A alcalinidade total expressa em partes por milhão (ppm) ou miligramas por litro (mg/L) de carbonato de cálcio (CaCO_3) (Ostrensky & Boeger, 1998) é a medida da capacidade da água em neutralizar ácidos, ou seja, é a concentração de bases na água (Castagnolli, 1992).

Embora a amônia (NH_3), os fosfatos ($\text{PO}_4^{=}$), os silicatos (SiO_4^-) e a hidroxila (OH^-) se comportem como bases, contribuindo para alcalinidade total, os íons bicarbonato (HCO_3^-) e carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$) são os mais abundantes e responsáveis por praticamente toda a alcalinidade nas águas (Sipaúba-Tavares, 1994). O gás carbônico dissolvido na água, que vai gerar o ácido carbônico (H_2CO_3), pode também contribuir para a alcalinidade total (Kubitzka, 2003).

Segundo Sipaúba-Tavares (1994) a alcalinidade total fornece uma reserva disponível de dióxido de carbono para as plantas, e confere habilidade à água de resistir às mudanças de pH no meio (poder tampão). Para Cyrino et al. (1996) valores de alcalinidade total acima de 20 mg/CaCO₃/L indicam adequado poder tampão. De acordo com Schmittou (s.d.) em baixa alcalinidade (≤ 15 ppm) a produção de fitoplâncton é limitada pela concentração inadequada de CO₂ e HCO₃⁻, com tendência a causar a síndrome do baixo oxigênio dissolvido (SBOD) e possivelmente a morte súbita de plâncton. Por outro lado, em águas ricas em fitoplâncton, conforme ressalta Kubitzka (2003), pode ser necessário valores mais elevados de alcalinidade para impedir grandes variações no pH da água.

Águas naturais, que contém 40 mg/L ou mais de alcalinidade total, são consideradas mais produtivas do que aquelas com baixa alcalinidade (Mairs, 1966). Para Castagnolli (1992) níveis ideais de alcalinidade está em torno de 30 - 50 mg/L. Sipaúba-Tavares (1994) recomenda para viveiros de piscicultura valores acima de 20 mg/L, e ressalta que valores entre 200-300 mg/L podem proporcionar grande sucesso no cultivo, pois um bom aporte de carbonato de cálcio mantém o equilíbrio entre bicarbonatos (HCO₃⁻) e gás carbônico livre (CO₂), suavizando as variações de pH.

A dureza determina a quantidade de íons de cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) na água. Esses íons ficam ligados aos íons carbonato (CO₃) e bicarbonato (HCO₃) indicando uma dureza temporária e, quando ligados a íons de sulfatos, cloretos e outros indicam dureza permanente (Wetzel, 1975).

A dureza é expressa em mg de carbonato de cálcio (CaCO₃) por litro de água, e o nível adequado para tilápia gira em torno de 20 mg/L de CaCO₃/L (Roberts, 1994 e Kinkelin et al., 1991).

Em águas naturais, a dureza geralmente se equipara a alcalinidade, porque tanto o cálcio quanto o magnésio se encontram associados aos íons bicarbonato e carbonato. Nos casos em que a alcalinidade está maior que a dureza, os íons bicarbonato e carbonatos estão associados aos íons Na^+ e K^+ . Já nos casos em que a dureza é maior que a alcalinidade, parte dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} se encontram associados aos sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos, o que não é desejável para peixes de água doce.

Gurgel et al. (2005) observaram que a queda do carbonato de cálcio, pode estar associado a presença de alguns tipos de algas, moluscos e crustáceos, pois os mesmo necessitam de cálcio e magnésio para formação de suas carapaças (exoesqueleto).

Para peixes de água doce são recomendados valores de dureza entre 0 a 75 mg CaCO_3/L , sendo estas águas consideradas moles (Sipaúba-Tavares, 1994).

A condutividade elétrica possui grande proporcionalidade com as concentrações dos principais íons determinantes da salinidade como cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos e cloretos. Essa relação existe, principalmente, em águas continentais ricas em carbonatos (Shafer, 1985).

A condutividade elétrica também é uma maneira indireta de se avaliar a quantidade de nutrientes nos ambientes aquáticos, de forma que quanto maior a taxa de decomposição na água, maior será a quantidade de sais dissolvidos e, conseqüentemente, a sua condutividade (Moreira et al., 2001). Por outro lado, quanto mais baixo forem os valores de condutividade elétrica mais acentuada será a produção primária (Sipaúba-Tavares, 1994).

A condutividade também está relacionada com a dureza e alcalinidade, de forma que quanto mais elevada for a dureza maior será a condutividade (Castagnolli, 1992).

A salinidade da água é a medida da concentração total de seus íons dissolvidos. Os principais são: sódio (Na^+), cloreto (Cl^-), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}),

sulfato (SO_4^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-), sendo expressa em ppt (partes por mil) correspondendo a 1g/litro (1ppt = 1g/litro) (Kubitza, 2003).

Águas superficiais apresentam baixa salinidade (Cyrino et al., 1996) e os peixes de água doce, em geral são sensíveis às mudanças bruscas nessa variável (Kubitza, 2000). Cyrino et al. (1996) relata que a tilápia do Nilo pode tolerar salinidade de 24,0 ppt. Já Kubitza (2000) afirma que, mesmo a tilápia do Nilo não sendo tão eurialina, pode ser climatizada a ambientes salinos, podendo o seu crescimento, em águas com salinidades de 16 - 18 ppt ser compatível ao observado em águas doces.

A amônia é derivada da digestão das proteínas e do catabolismo dos aminoácidos (Boyce, 1999). Em ambiente aquático, 80 % da amônia é derivada das excretas dos peixes, e quando em excesso torna-se tóxica para os mesmos (Westers, 2001).

A amônia produzida pelos peixes é transportada pelo sistema sangüíneo até as brânquias, de onde é excretada, mas sob condições de elevada concentração de amônia na água e ou elevado pH da água, a difusão direta da amônia é dificultada (Boyce, 1999).

De acordo com Medeiros (2002) a amônia encontra-se na água sobre duas formas: ionizada (NH_4^+) e não-ionizada (NH_3) que é a mais tóxica. O equilíbrio da NH_3 e NH_4^+ é regulado diretamente pelo pH e temperatura, mas sua presença é devido principalmente a excretas diretas dos peixes através das brânquias, adubos nitrogenados e alimentos não consumidos.

Conforme Proença e Bittencourt (1994) a amônia pode ter várias origens, entre elas decomposição da matéria orgânica, excrementos dos organismos aquáticos, processo de denitrificação e morte das algas, sendo que níveis de 0,4 e 2,5 ppm/L podem ser letais. Já Schmittou (s.d.) relata que os peixes podem tolerar níveis de 0,6 a 2,0 ppm, por um curto período de exposição, no entanto, níveis de 0,1 ppm já são estressantes. Kubitza (2000) afirma que, em águas com pH acima de 9,3, os níveis de amônia são tóxicos quando

maiores que 1 mg/L. Este mesmo autor afirma que amônia não-ionizada acima de 0,2 mg/L já é suficiente para induzir uma toxidez crônica, levando a uma diminuição do crescimento e tolerância dos peixes as doenças. Já concentrações de amônia abaixo de 0,24 mg/L são consideradas adequadas para tilápias.

De acordo com Ostrensky & Boeger (1998) para cada unidade de aumento de pH, a quantidade de NH_3 na água aumenta em 10 vezes. O autor menciona também que, em águas com pH acima de 8,0 e com presença de amônia, há sempre grandes riscos de mortalidade de peixes. A toxidez da amônia ocorre quando a concentração do oxigênio é baixa e do CO_2 é alta (Sipaúba -Tavares, 1994).

O nitrito (NO_2^-) é o produto intermediário da transformação da amônia em nitrato, por ação das bactérias do gênero *Nitrosomonas* (Esteves, 1988; Horne e Goldman, 1994) e suas concentrações estão relacionadas à decomposição de componentes das proteínas da matéria orgânica Medeiros (2002).

O nitrito tem maior ocorrência em ambientes onde o nível de O_2D é baixo, devido não proporcionar ambiente adequado para o desempenho das bactérias do gênero *Nitrobacter* (Kubitza, 2003), pois, estas bactérias desempenham melhor suas funções em ambientes aeróbios transformando o nitrito em nitrato.

De acordo com Schmittou (s.d.) a toxidez do nitrito depende em grande parte do pH da água, da concentração de cálcio e de cloreto, e a sua toxidez está, provavelmente, associada à concentração de ácido nitroso, que oxida os íons ferroso da hemoglobina, para íons férrico produzindo a metahemoglobina. Por isso, concentrações de 0,1 ppm de nitrito na água são estressantes para os peixes, ocasionando alterações na cor do sangue, tornando-o de cor achocolatada (Kubitza, 2003).

Segundo Prince et al. (1998) o oxigênio possui um papel interativo com o nitrogênio. Quando em baixas concentrações, o oxigênio dissolvido provoca uma inibição da nitrificação gerando então uma acumulação de nitrito no ambiente.

Exposição contínua à concentrações sub-letais de nitrito (0,3 a 0,5 mg/L) pode causar redução no crescimento e na resistência dos peixes à doença. Em águas doces concentrações maiores que 0,7 mg/L pode causar grande mortalidade (Ono, 1998 e Barbosa et al., 2000).

Quanto ao nitrato (NO_3^-), sua acidez pode ser reduzida pela adição de cálcio e cloretos ao meio. O limite de tolerância do nitrato para peixes é de 5,0 mg/L (Kubtiza, 2003). Para Ostrensky & Boeger (1998) o nitrato praticamente não é tóxico para os peixes, mesmo em elevadas concentrações, por isso, não representa qualquer risco para a piscicultura.

Todo o fósforo no ecossistema aquático está na forma de fosfato, sendo o ortofosfato o mais comum e a principal forma utilizada pelos vegetais. O suprimento deste elemento geralmente regula a produtividade das águas naturais. O fósforo é considerado um fator limitante nos viveiros de cultivo. Ao entrar em contato com o sistema aquático, é imediatamente incorporado à cadeia alimentar, via fitoplâncton e zooplâncton, sendo um nutriente essencial para a manutenção destes organismos. No caso do zooplâncton, cerca de 50 % do fósforo que forma seu corpo fica livre quatro horas após sua morte, sendo incorporado novamente via decompositores (Sipaúba-Tavares, 1994).

Ainda conforme Sipaúba-Tavares (1994) o fósforo serve como indicativo do estado de trofia do ambiente e em águas com pH elevado e altas concentrações de Ca, pode ocorrer formação do fosfato de cálcio, que precipita no sedimento, podendo ser perdido no sistema. O ferro e o alumínio também participam do ciclo do fósforo.

O teor de fosfato e de nitratos na água é inversamente proporcional à produtividade planctônica, em virtude do plâncton utilizar o fósforo e o nitrogênio daquelas fontes. Por um lado isto é bom, pois vai contribuir para um aumento na quantidade de alimento natural para os peixes, além de melhorar as condições de oxigenação do ambiente, por outro lado, quando proliferam excessivamente, podem formar uma camada junto à superfície d'água, que dificulta, ou mesmo impede a passagem da luz e a penetração do ar na massa d'água (Galli, 1984).

Esteves (1998) infere que altas temperaturas aumentam consideravelmente o metabolismo dos organismos, aumentando assim a assimilação de ortofosfato e diminuindo sua concentração no ambiente.

Concentrações de fósforo total entre 0,1 e 0,3 mg/L, provavelmente são adequadas para águas de viveiros (Boyd, 1997).

Silveira (2004) infere que em condições de baixa concentração de oxigênio, a liberação do ortofosfato para a coluna d'água é muito maior. A concentração de fosfato é considerada um indicador do estado trófico de um ecossistema aquático, daí a importância na determinação de seus valores.

Elevados níveis de nitrogênio e fósforo na água, associados à luz solar, são responsáveis pelo crescimento do fitoplâncton em ecossistemas aquáticos (Henry, 1990; Downing, 1992; Taylor et al., 1992).

2.2.3 Parâmetro biológico – Clorofila-a

Clorofila-a é o grupo de pigmentos fotossintéticos presente nos cloroplastos das algas ou plantas. Ela é capaz de canalizar a energia da luz solar e transformar em energia química através do processo de fotossíntese (Borba, 1998).

A fotossíntese é o processo através do qual as plantas, seres autotróficos, ou vegetais verdes e alguns outros organismos transformam energia luminosa em energia química processando o dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e minerais em carboidratos e oxigênio gasoso (O_2) (Wikipedia, 2004).

A clorofila-a é um dos principais responsáveis pela fotossíntese e nos últimos anos tem se tornado cada vez mais freqüente a utilização da concentração de clorofila para estimar a biomassa de fitoplâncton (Esteves, 1988). Para Boyd (1997) a concentração mínima ideal para piscicultura é acima de 50 $\mu\text{g/L}$.

Segundo Borba et al. (1998) a clorofila-a está intimamente ligada às medidas de transparência e turbidez, indicando que, ao passo que aumenta as concentrações de clorofila-a, diminui a visibilidade do disco de Secchi e aumenta a turbidez.

Estudar as características físicas, químicas e biológicas dos canais de irrigação onde o cultivo de peixes foi instalado, dará subsídios à elaboração de um modelo de exploração integrada da agricultura irrigada com a piscicultura, visando à maximização dos recursos hídricos, o aumento da oferta de proteína de origem animal e a geração de emprego e renda nos distritos de irrigação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Parcerias

O experimento foi realizado em uma parceria entre a Universidade Federal da Paraíba – Areia/PB, Embrapa Meio Norte - Parnaíba/PI, Universidade Federal do Ceará - Fortaleza/CE, Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI) - Parnaíba/PI e teve o apoio financeiro do Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do CT-HIDRO e da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL).

3.2 Período e local de condução do experimento

O cultivo de peixes foi conduzido de agosto a novembro de 2005 e o monitoramento da qualidade da água foi feito durante 78 dias, compreendendo o período de 12 de agosto a 18 de outubro, num total de 78 dias. O experimento foi conduzido em um canal terciário do DITALPI (Fig. 1), pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e localizado no município de Parnaíba/PI, sendo alimentado pelo rio Parnaíba (perene), por meio de um canal de adução de cerca de 8 km de extensão. O DITALPI tem 8.520 m de extensão, apresenta coordenadas geográficas de 2° 55' de latitude Sul e 41° 50' de longitude Oeste, fica 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 e a evapotranspiração média anual de 2.792 mm.

No experimento foi utilizado 120 m de extensão de um canal terciário do DITALPI, localizado entre a Estação de Bombeamento e Vazão (EBV) 3 e 4 (Fig. 1) e que apresenta

formato trapezoidal (Fig. 2) com as seguintes dimensões: 1,30 m 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 $1,6\text{m}^3/\text{s}$, durante os horários de irrigação. Rotineiramente o bombeamento e vazão se deu no horário noturno das 23:00 as 04:00 horas e eventualmente, durante o dia por solicitação dos irrigantes. Em algumas vezes foi necessário ajustar o manejo de comporta para atender a demanda da piscicultura, seja para aumentar o nível da água, ou melhorar as suas condições limnológicas. A altura da lâmina de água durante a execução do experimento foi controlada para ficar entre 0,80 e 1,0m.



Figura 1. Vista parcial do canal terciário do DITALPI, antes da instalação do experimento.

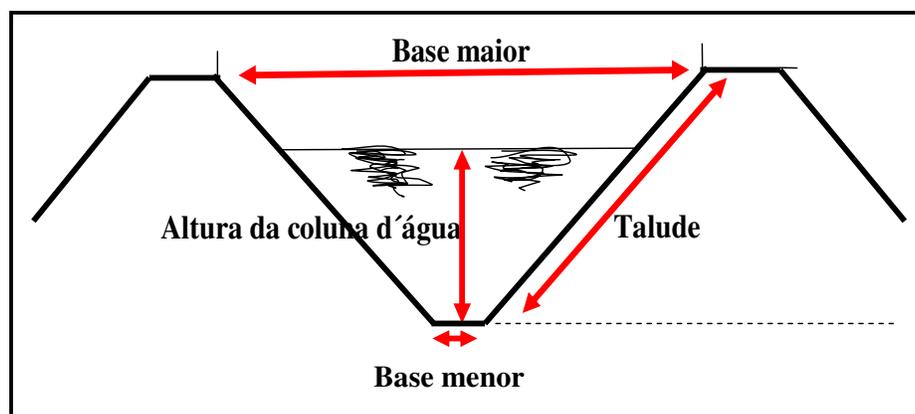


Figura 2. Formato do canal de irrigação.

3.3 Instalações experimentais

Para iniciar o experimento a equipe do projeto desenvolveu toda a técnica de construção das seções que possibilitou a contenção dos peixes no canal. As seções, ou sistema de contenção dos peixes dentro do canal terciário (Fig. 3A), foram confeccionados 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 (Fig. 3B). As telas de cada seção foram fixadas a estacas de concreto com arame de material idêntico ao das telas. As estacas, compostas de corpo (extremidade inferior) com 2,90 m e cabeça ou curva (extremidade superior) com 0,30 a 0,35 m, largura e altura de 0,10 m, foram, por sua vez, fixadas externamente à parede do canal, por meio de uma haste (vergalhão) de ferro 3/8, com 1,0m de comprimento (Fig. 3C) e que foi enterrado no solo, ficando cerca de 0,20m da haste acima do nível do solo. Na base maior da tela foi entrelaçado um fio de arame ligando uma estaca à outra para dar maior estabilidade à tela. Na base menor, a tela foi presa a um cano de PVC de ½ polegada de diâmetro, sendo este cano conectado às duas estacas, fazendo com que a tela ficasse estável e nivelada ao piso do canal, de forma a evitar a fuga de peixes (Fig. 3D).

Posteriormente à instalação das telas no canal, foi observada a necessidade de diminuir a malha das telas para evitar fuga de animais experimentais. Para este fim foi sobreposto à tela tipo alambrado, uma tela plástica com malha de 1 cm (Fig. 4). Este procedimento foi adotado, em virtude do planejamento ter sido para iniciar o experimento com peixes de 50g, com tamanho compatível a malha da tela alambrado, mas só ter sido encontrado no mercado, peixes com peso médio entre 25g e 30g. Para evitar maiores transtornos ao cultivo, a tela foi deixada até o final do cultivo, embora ela pudesse ter sido retirada por volta de 15 dias do início do experimento.

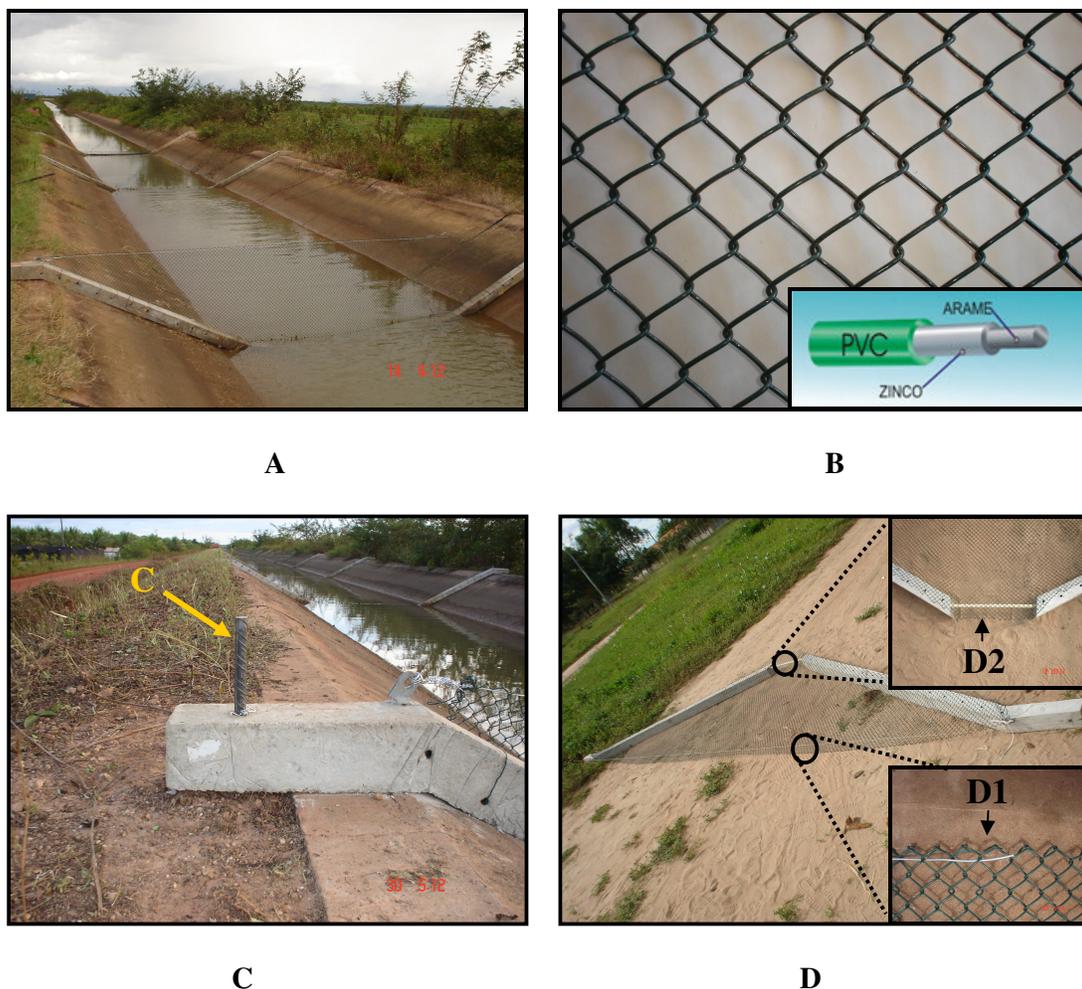


Figura 3. (A) Seções de contenção dos peixes; (B) Tela tipo alambrado revestida com PVC usada na construção das seções; (C) Haste de ferro fixadora da estaca no solo; (D1) - Entrelace do arame na extremidade superior da tela, (D2)- Detalhe da extremidade inferior da tela fixada às estacas e ao cano de PVC.

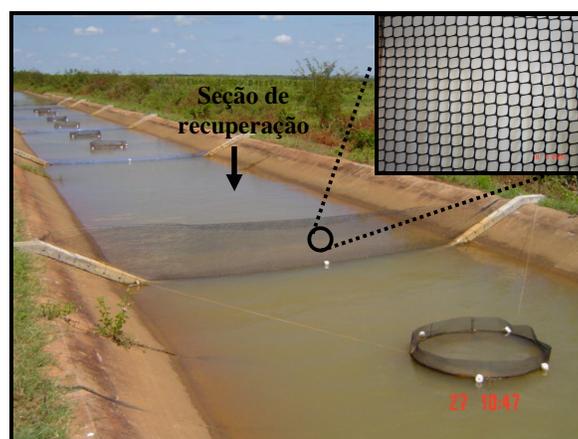


Figura 4. Tela de plástico ficada a tela de alambrado e vista parcial da seção de recuperação da água.

Cada seção foi formada por duas telas, sendo o comprimento de cada seção (distância entre uma tela e outra) de 10 m e o volume de 16,20 m³. No total foram construídas nove seções de cultivo, deixando um intervalo vazio de 10 m a cada 3 seções, denominada de seção de alívio ou de recuperação da água, visando a melhoria da qualidade da água (Fig. 4). Antes e após o início do conjunto de seções, foi colocada no perfil do canal uma tela plástica (tela de segurança), para diminuir a incidência de predadores, e competidores dos peixes cultivados e reter sujeiras da água.

3.4 Animais e manejo alimentar

As seções foram povoadas com juvenis de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada, revertidos sexualmente para machos, com peso médio de 30±3g. Os juvenis foram adquiridos em uma fazenda comercial no Município de Caucaia/CE, localizada a cerca de 600 km de Parnaíba/PI. Os peixes foram transportados aproximadamente 10 horas (07:00 as 17:00 horas), em *transfish* de 2.000L, cedido pelo DNOCS – Pentecostes/CE, por.

Chegando ao local e após a aclimação, os peixes foram contados, pesados em lotes e estocados nas seções. Nas três primeiras seções foram estocados 30 peixes/m³ (densidade 1 = D1), nas três seções seguintes 20 peixes/m³ (densidade 2 = D2) e nas últimas três seções 10 peixes/m³ (densidade 3 = D3), perfazendo um total de 486, 325 e 162 peixes por cada seção da D1, D2 e D3, respectivamente.

Entre a última seção de cultivo da D3 e a tela plástica de segurança foram colocados 100 juvenis de tilápia, provenientes do mesmo lote de peixes utilizados nas seções experimentais, visando aproveitar ração que eventualmente passasse pelas malhas das seções de cultivo.

Os peixes foram alimentados com ração comercial extrusada contendo 35, 32 e 28 % de PB, com pélete de 4, 6 e 8 mm de diâmetro e administrada em cochos circulares, parcialmente submersos, semelhantes aos usados em tanques-rede (Fig. 5). Até os 30 dias experimentais em cada seção foram usados 2 cochos com 80 cm de diâmetro e malha de 3 mm e, a partir daí até o final do experimento, foram usados cochos com 2,30 m de diâmetro e malha de 5 mm, e apenas 1 por seção.



Figura 5. Vista geral das seções de cultivo com os cochos circulares utilizados até os 30 dias do início do cultivo (A) e a partir dos 30 dias (B).

Para o fornecimento da ração foi levado em consideração, a faixa de peso dos animais e a temperatura da água (Tab. 1), sendo feito ajustes semanais para evitar falta ou desperdício de ração. A frequência do arraçoamento foi de 4 vezes por dia do início aos 50 dias de cultivo, passando para 3 vezes por dia a partir dos 51 dias do cultivo.

Tabela 1. Valores utilizados no manejo alimentar de tilápia nilótica cultivada em canais de irrigação do DITALPI.

Dias	Peso vivo (g)	Refeições/ dia	Taxa alimentar (% PV) para temperatura entre 25 e 30°C	% PB na Ração	Diâmetro do pélete (mm)
Até 20	30 - 100	4	5	35	4
21 a 35	101 - 155	4	5	32	4
36 a 50	156 - 300	4	5	32	6
51 a 70	301 - 450	3	4	32 e 28	6 e 8
71 a 90	450 - 600	3	3	28	8

3.5 Manejo geral no canal e parâmetros analisados

Durante o período experimental as telas das seções e cochos foram limpas com escova, 2 vezes por semana, sendo nesta oportunidade retirado folhas e organismos que ficavam aderidos as malhas.

A cada 8 dias uma amostra de peixes de cada seção foi capturada com tarrafa e/ou rede de arrasto, para as determinações biométricas e reajustes de ração.

O monitoramento da água iniciou 8 dias após o peixamento dos peixes (fase de adaptação). Inicialmente as análises foram realizadas semanalmente, sendo os dois últimos monitoramentos feitos com intervalo de 20 dias entre um e outro. Isto ocorreu devido a falta de transporte. As análises foram realizadas, as 07:00 e 14:00 horas, em 14 locais, conforme indicado na figura 6.

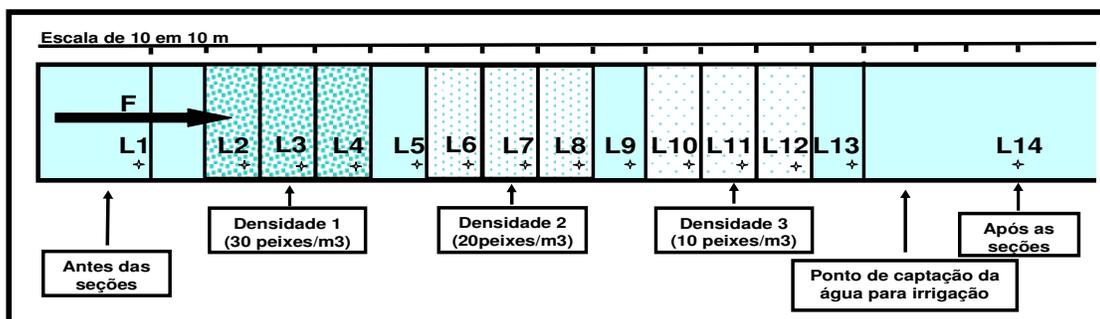


Figura 6. Esquema dos locais onde foram colhidas as amostras de água para determinação dos parâmetros limnológico.

O ponto L1 indica o local de leitura e obtenção de amostras antes das seções de cultivo; os pontos L2, L3 e L4 os locais nas seções da D1 (30 peixes/m³); o ponto L5 a primeira seção de alívio e que ficava entre a última seção da D1 e a primeira da D2 (20 peixes/m³); os pontos L6, L7 e L8 os locais nas seções da D2 (20 peixes/m³); o L9 a segunda seção de alívio e que ficava entre a última seção da D2 e a primeira da D3 (10 peixes/m³); os pontos L10, L11 e L12 os locais nas seções da D3; o L13 local onde foram

estocados juvenis para aproveitamento de sobras de ração e o L14 local a cerca de 30 m da L13. A letra F e a seta indica a direção do fluxo da água em relação a alocação das seções da D1 para a D3.

Durante o experimento em cada ponto de leitura descrito acima foi monitorado *in locu*, pela manhã (07:00 horas) e à tarde (14:00 horas) a transparência (cm) com disco de Secchi; e na água superficial e do fundo do canal nos mesmos horários as seguintes variáveis: temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L), com oxímetro digital portátil; pH (unidade padrão), com pH-metro digital portátil; condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), com condutivímetro digital; salinidade (‰) com refratômetro e a turbidez (NTU), com turbidímetro. Também foram colhidas amostras de água com garrafa coletora, para determinação de: gás carbônico (mg/L), dureza (mg/L) e alcalinidade total, por titulometria conforme metodologia descrita por Golterman et al., (1978); nitrito (mg/L), por espectrofotometria, conforme descrito por Golterman et al., (1978) e Koroleff (1976); ortofosfato (mg/L), por colorimetria pelo método da American Public Health Association – APHA (1975); A clorofila-a foi determinada aos 35, 58 e 78 dias de cultivo, por espectrofotometria, segundo Stirling (1985) e as três análises de turbidez foram determinadas entre o 58º e o 78º dia de cultivo, com turbidímetro digital.

Para as análises de ortofosfato as amostras de água foram armazenadas em tubos de ensaio e para as demais variáveis foram armazenadas em garrafas plásticas opacas, sendo estas acondicionadas em isopor e transportadas imediatamente para os Laboratórios de Água e Solo e de Organismos Aquáticos da Embrapa Meio Norte em Parnaíba/PI, localizada a 10 km do DITALPI.

Dentre os compostos nitrogenados, foi analisado apenas o nitrito, em virtude de problemas técnicos para aquisição de reagentes e materiais para uso na determinação de amônia e nitrato.

3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas

Foi estudado o efeito de: taxas de estocagem dos peixes (D0= sem peixe, correspondendo aos pontos de leitura L5, L9 e L13; D1= 30 peixes/m³, correspondendo aos pontos L2, L3 e L4; D2= 20 peixes/m³, correspondendo aos pontos L6, L7 e L8 e D3= 10 peixes/m³, correspondendo aos pontos L10, L11 e L12); local de monitoramento na coluna d'água do canal [superfície (SC) e fundo (FC)]; horários de monitoramento (07:00 e 14:00 horas) e período de monitoramento da água (8^o ao 78^o dia do cultivo dos peixes nos canais). Para estudar estes efeitos os dados foram arranjados em delineamento em parcela subdividida no tempo, sendo distribuído na parcela principal as densidades de estocagem dos peixes no canal, nas sub-parcelas os locais de monitoramento na coluna d'água, os horários e o período de cultivo.

Os dados referentes a taxa de estocagem, o tempo de cultivo e os horários de monitoramento foram submetidos à análise de variância, de regressão polinomial ou teste de comparação de médias (Teste F).

4. RESULTADOS

4.1 Parâmetros físicos da água do canal de irrigação

As diferenças registradas para a temperatura da água no canal durante o período de cultivo, foram relacionadas com o local de leitura na coluna d'água e horário ($P < 0,05$) e com a densidade de estocagem ($P < 0,05$).

No estudo do efeito do local de leitura na coluna d'água e do horário, 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 ($P > 0,05$). Já para a temperatura registrada no fundo, no horário da tarde, a análise de regressão indicou um perfil quadrático dos dados, demonstrando que neste local e horário a temperatura da água diminuiu do 14º até o 43º dia experimental e, a partir daí voltou a aumentar (Fig. 7). Em termos de valores, conforme pode ser observado na tabela 2, durante o período analisado, no horário da tarde a temperatura do canal ficou entre 30,1 e 29,0 °C na superfície e entre 30,9 e 29,1 °C no fundo. Já no horário da manhã os valores da superfície e os do fundo ficaram ambos entre 27,7 e 24,8 °C.

No estudo do efeito da densidade de estocagem, foi observado que a temperatura da água diminuiu com o aumento da densidade de estocagem (Fig. 8). Por outro lado, analisando os dados de temperatura (Tab. 2) é possível verificar que entre as densidades, quando ocorreu alguma diferença de valor, esta foi inferior a 1 °C, indicando que dentro de um mesmo dia de amostragem e entre densidades, houve relativa homogeneidade dos dados.

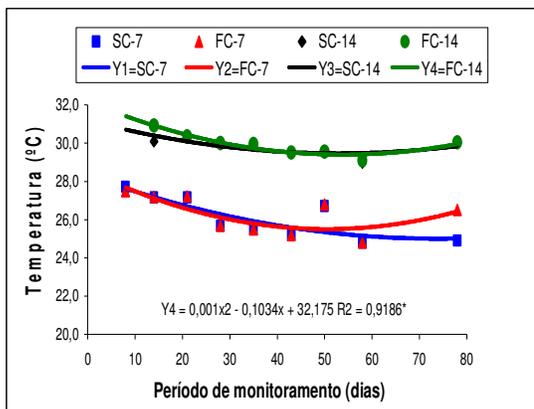


Figura 7. Temperatura da água em função do horário (manhã =7 horas e tarde =14 horas) e local na coluna d'água (superfície =SC e fundo = FC) do canal de irrigação com criação de tilápia nilótica.

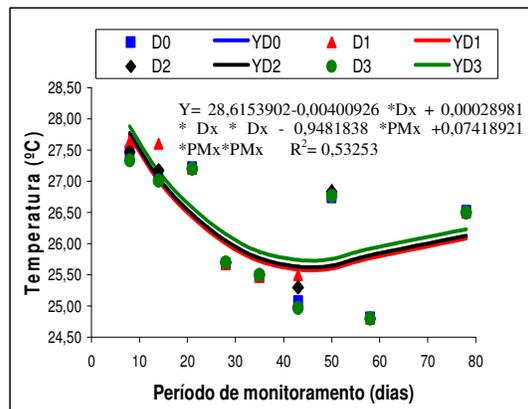


Figura 8. Efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³), sobre a temperatura da água no canal de irrigação. Dx= densidade; PMx= período de monitoramento

Tabela 2. Temperatura da água registrada pela manhã e a tarde na superfície e no fundo do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica, em diferentes densidades de estocagem.

Período de cultivo (dias)	Temperatura (°C)			
	Manhã		Tarde	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
8	27,7	27,5	-	-
14	27,2	27,2	30,1	30,9
22	27,2	27,2	30,3	30,3
28	25,7	25,7	29,9	30,0
35	25,5	25,5	29,9	30,0
43	25,2	25,2	29,5	29,5
50	26,7	26,8	29,5	29,5
58	24,8	24,8	29,0	29,1
78	24,9	26,5	30,0	30,0

A transparência da água apresentou diferença significativa relacionada com o período de cultivo, sendo esta diferença dependente do horário de monitoramento ($P < 0,05$) e da densidade de estocagem ($P < 0,05$).

Quando foi analisado o efeito do horário, foi observado que tanto no horário da manhã quanto no da tarde a transparência sofreu alterações ao longo do período de cultivo, apresentando um perfil quadrático, com os valores de transparência aumentando pela

manhã e a tarde até os 21 dias, vindo a partir daí a apresentar aumento e diminuição (Fig. 9).

Quando foi estudado o efeito da densidade (Fig. 10), foi verificado que os valores de transparência observados até os 14 dias de cultivo, foram muito próximos entre as densidades. Por outro lado, a partir dos 14 até os 78 a transparência foi maior nas seções com 10 peixes/m³ e menor nas seções com 30 peixes/m³. A aplicação da análise de regressão indicou um perfil quadrático para todas as densidades, em relação ao período de cultivo, com o ponto de inflexão da curva no sentido descendente a partir do 43º dia de cultivo.

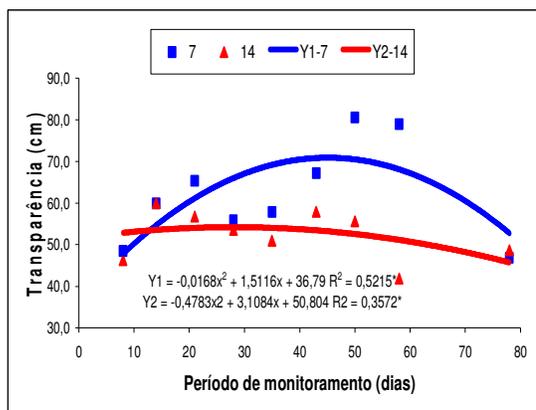


Figura 9. Efeito do horário de monitoramento (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas) sobre a transparência da água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica.

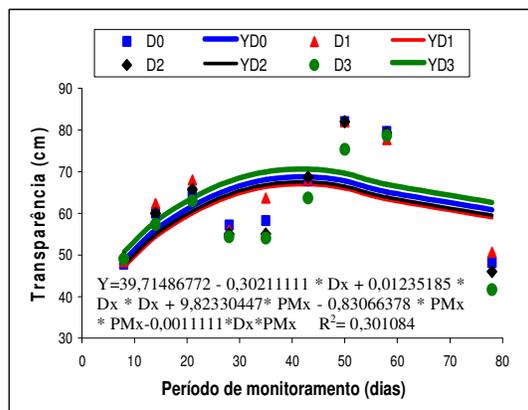


Figura 10. Efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³), sobre a transparência da água do canal de irrigação. Dx= densidades; PMx= período de monitoramento

Tabela 3. Transparência da água registrada pela manhã e a tarde no canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica, em diferentes densidades de estocagem.

Período de cultivo (dias)	Transparência (cm)	
	Manhã	Tarde
8	48,50	-
14	59,93	46,29
21	65,36	60,00
28	55,86	56,79
35	57,79	53,57
43	67,14	50,93
50	80,57	57,93
58	78,93	55,57
78	46,86	41,86

Por ter sido analisada somente no final do experimento, devido a problemas com a aquisição do equipamento, a turbidez foi monitorada apenas três vezes e os dados não foram submetidos a análises estatísticas. Do ponto de vista dos seus valores, a turbidez aumentou dos 58 aos 78 dias (Fig. 11).

No horário da manhã a turbidez da água superficial ficou entre 18,3 e 27,3 NTU, já na água do fundo ela ficou entre 21,7 e 27,7 NTU. No horário da tarde na água superficial essa variação foi de 19,2 a 22,7 NTU, e no fundo de 26,2 a 28,9 NTU.

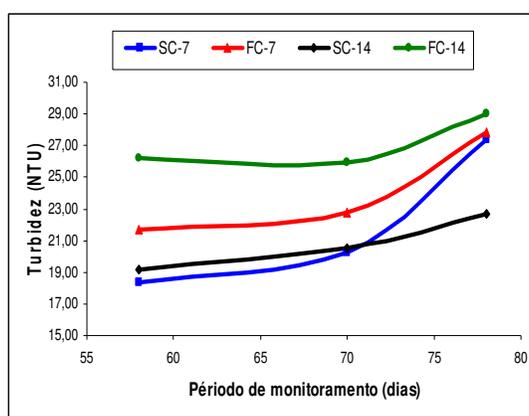


Figura 11. Turbidez da água registrada no horário da manhã (7 horas) e da tarde (14 horas), na água superficial (SC) e do fundo (FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem.

4.2 Parâmetros químicos da água do canal de irrigação

Pela análise de variância as concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L), ao longo do período de observação permaneceram sem alterações entre superfície e fundo, horários e densidades de estocagem ($P > 0,05$). Por outro lado, embora não tenham ocorrido diferenças significativas, analisando a figura 12A, pode-se observar que no horário da manhã, aos 28, 35 e 50 dias do período experimental, as concentrações de oxigênio apresentaram uma leve diminuição em todas as densidades de estocagem, voltando a

aumentar aos 58 dias de cultivo. Neste horário as concentrações mais elevadas ficaram entre 6,69 e 5,06 mg/L e as mais baixas entre 3,73 e 4,91 mg/L.

No horário da tarde as concentrações permaneceram entre 6,95 e 6,37 mg/L, mostrando-se estável entre as densidades de estocagem ao longo do período de observação (Fig. 12B).

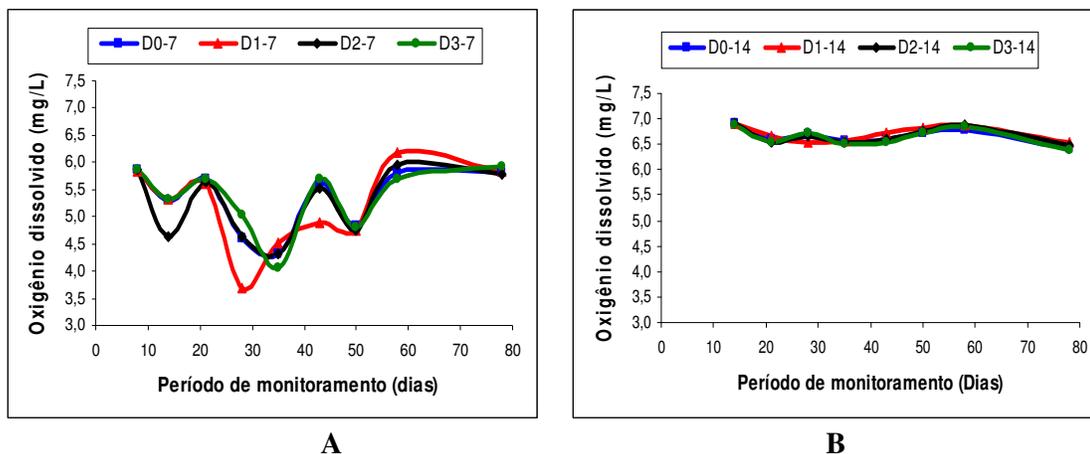


Figura 12. Oxigênio dissolvido registrado no horário da manhã (7 horas) (A) e da tarde (14 horas) (B) na água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³).

As concentrações de gás carbônico ao longo do cultivo sofreram alterações, havendo interação entre este fator, local de leitura na coluna d'água, horário de monitoramento e densidade de estocagem ($P < 0,05$). Quando foi estudada a interação entre período de cultivo, local de leitura na coluna d'água e horário de monitoramento (Fig. 13), foi observado que, pela manhã, tanto na superfície quanto no fundo, entre o 8º e o 35º dia da estocagem dos peixes no canal, as concentrações de gás carbônico se alternaram entre diminuição e aumento, 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.

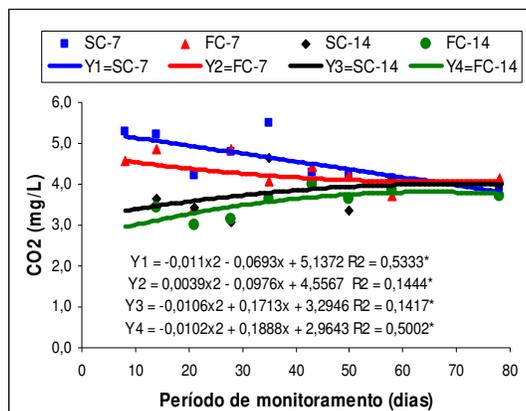


Figura 13. Gás carbônico da água em função do horário (manhã =7 horas e tarde =14 horas) e local na coluna d'água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica.

Na água da superfície, quando foi estudada a interação entre período de cultivo e horário de monitoramento dentro de uma mesma densidade de estocagem (Tab. 4), foi verificado pelo teste de comparação de médias (Teste F), que na maior parte do período de observação (14, 21, 28, 50 e 78 dias do início do cultivo), as concentrações de gás carbônico nas seções sem peixe, foram mais elevadas pela manhã; nas demais seções, na maior parte do período experimental, as concentrações registradas foram semelhantes entre os dois horários.

Tabela 4. Concentrações de gás carbônico (mg/L) registradas no horário da manhã e da tarde, na água superficial do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³).

Período de cultivo (dias)	Gás carbônico (mg/L) na água da superfície do canal							
	D0		D1		D2		D3	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
8	5,4 ^a	-	5,3 ^a	-	5,3 ^a	-	5,0 ^a	-
14	5,6 ^a	3,6 ^b	5,3 ^a	4,0 ^b	5,3 ^a	3,3 ^b	4,3 ^a	3,7 ^a
21	4,6 ^a	3,0 ^b	4,0 ^a	3,3 ^a	4,0 ^a	4,3 ^a	4,0 ^a	3,3 ^a
28	4,6 ^a	3,0 ^b	5,7 ^a	3,0 ^b	5,0 ^a	3,3 ^b	4,0 ^a	3,0 ^a
35	5,4 ^a	5,0 ^a	4,7 ^a	4,3 ^a	6,0 ^a	5,0 ^a	6,0 ^a	4,0 ^b
43	4,6 ^a	4,2 ^a	3,7 ^a	3,7 ^a	4,3 ^a	4,3 ^a	4,3 ^a	4,0 ^a
50	4,8 ^a	3,2 ^b	4,0 ^a	3,3 ^a	4,0 ^a	3,3 ^a	3,7 ^a	3,7 ^a
58	4,4 ^a	4,2 ^a	3,7 ^a	3,7 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	4,3 ^a	4,7 ^a
78	3,4 ^a	5,2 ^b	4,3 ^a	3,3 ^a	4,0 ^a	3,3 ^a	4,0 ^a	3,3 ^a

Dentro de uma mesma densidade médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem entre si (Teste F, P< 0,05).

Na interação entre período de cultivo e horário, dentro de uma mesma densidade de estocagem (Tab. 5), foi constatado que o gás carbônico da água do fundo, no 14^o dia e do 28^o ao 43^o dia, apresentou diferenças entre os horários, sendo registrado valores mais baixos no horário da tarde. Também foi verificado que nas seções sem peixes, foi onde mais vezes ocorreram diferenças entre os horários estudados.

Tabela 5. Concentrações de gás carbônico (mg/L) registradas no horário da manhã e da tarde, na água do fundo do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³).

Período de cultivo (dias)	Gás carbônico (mg/L) na água do fundo do canal							
	D0		D1		D2		D3	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
8	4,6 ^a	-	4,7 ^a	-	4,3 ^a	-	4,7 ^a	-
14	5,2 ^a	3,2 ^b	4,7 ^a	3,3 ^b	4,7 ^a	3,7 ^b	4,7 ^a	3,7 ^b
21	3,2 ^a	3,0 ^a	3,7 ^a	3,0 ^a	3,3 ^a	3,0 ^a	3,7 ^a	3,0 ^a
28	5,0 ^a	3,0 ^b	5,0 ^a	3,3 ^b	5,0 ^a	3,0 ^b	4,3 ^a	3,3 ^b
35	4,4 ^a	3,6 ^b	3,7 ^a	4,0 ^a	3,7 ^a	3,7 ^a	4,3 ^a	3,3 ^b
43	4,8 ^a	4,2 ^a	4,3 ^a	4,0 ^a	4,3 ^a	3,3 ^b	4,0 ^a	4,3 ^a
50	4,2 ^a	3,6 ^a	4,0 ^a	3,7 ^a	4,3 ^a	3,7 ^a	4,3 ^a	3,7 ^a
58	3,8 ^a	4,0 ^a	3,7 ^a	4,0 ^a	3,7 ^a	3,7 ^a	3,7 ^a	3,7 ^a
78	4,4 ^a	3,8 ^a	4,3 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	3,3 ^a	3,7 ^a	3,7 ^a

Nas colunas de cada tratamento, horários seguidos de letras iguais não diferem entre si (Teste F, P< 0,05).

O pH ao longo do período de observação se apresentou estável entre densidades (P>0,05), mas sofreu alterações em função do horário de monitoramento e posição na coluna d'água (P<0,05). Assim, quando foi comparado o efeito do local de leitura na coluna d'água e o horário de monitoramento ao longo do período de observação (Fig. 14), foi obtido pela análise de regressão, uma curva quadrática para o pH da água superficial e do fundo, pela manhã e a tarde. 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. Pela manhã as variações no pH da água superficial e do fundo, se alternaram entre aumento e diminuição, ficando na casa dos 7,1 e 6,6 até os 43 dias de cultivo e, a partir daí os valores registrados ficaram na faixa de 6,6 e 6,9, exceção ao pH da água superficial aos 58 dias, que foi de 7,26.

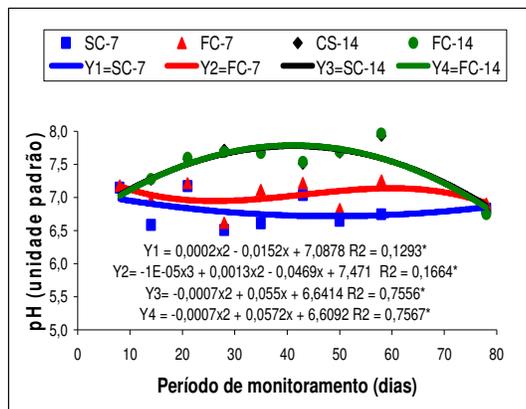


Figura 14. pH da água em função do horário (manhã=7 horas e tarde=14 horas), e do local de leitura na coluna d'água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem.

A análise de variância para a alcalinidade, indicou que não houve efeito de densidades de estocagem ($P > 0,05$), mas dentro de uma mesma densidade de estocagem as concentrações sofreram alterações em função do horário ($P < 0,05$). Ainda conforme a análise de variância as alterações registradas ao longo do período de cultivo também foram dependentes do local de leitura na coluna d'água e do horário de monitoramento ($P < 0,05$).

Quando foi estudado o efeito das horas em cada densidade, foi observado que na água superficial (Tab. 6), nas seções sem peixe (D0) foi onde mais vezes ocorreram diferenças entre a alcalinidade registrada no horário da manhã e da tarde, de forma que em 7 de 9 monitoramentos realizados (aos 21, 35, 43, 50, 58 e 78 dias), a alcalinidade foi maior pela manhã. Nas seções com peixe (D1, D2 e D3) valores mais baixo a tarde ocorreram apenas duas vezes.

Tabela 6. Concentração da alcalinidade total (CaCO_3 mg/L) registrada no horário da manhã e da tarde, na água superficial do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³).

Período de cultivo (dias)	Alcalinidade total (mg CaCO_3 /L) na água superficial							
	D0		D1		D2		D3	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
8	27,4	-	27,0	-	27,3	-	28,0	-
14	27,8 ^a	28,8 ^a	29,0 ^a	29,0 ^a	29,3 ^a	28,0 ^a	27,7 ^a	27,3 ^a
21	29,0 ^a	26,6 ^b	28,3 ^a	26,0 ^b	28,7 ^a	26,3 ^b	28,0 ^a	26,3 ^b
28	28,4 ^a	29,0 ^a	30,0 ^a	28,0 ^b	29,0 ^a	27,7 ^a	27,7 ^a	28,7 ^a
35	25,2 ^a	23,6 ^b	26,3 ^a	22,0 ^b	25,3 ^a	24,3 ^a	25,7 ^a	23,3 ^b
43	23,0 ^a	21,8 ^b	23,3 ^a	22,7 ^a	23,0 ^a	22,7 ^a	23,3 ^a	23,0 ^a
59	23,4 ^a	21,4 ^b	23,3 ^a	22,7 ^a	24,0 ^a	22,3 ^b	23,3 ^a	22,7 ^a
58	25,6 ^a	23,8 ^b	24,7 ^a	24,7 ^a	25,7 ^a	24,7 ^a	26,0 ^a	23,7 ^b
78	21,0 ^a	19,8 ^b	21,7 ^a	21,3 ^a	20,7 ^a	20,0 ^a	20,0 ^a	19,3 ^a

Dentro de uma mesma densidade, médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem entre si (Teste F, $P < 0,05$).

Na água do fundo (Tab. 7) a alcalinidade total diferiu menos vezes entre os horários. Desta forma, nas seções sem peixes, em apenas 4 dos 9 monitoramentos, a alcalinidade foi mais baixa à tarde (aos 21, 28, 35 e 50 dias). Nas demais seções, em apenas 3 e 2 monitoramentos a alcalinidade a tarde foi mais baixa que pela manhã.

Tabela 7. Concentração da alcalinidade total (CaCO_3 mg/L) registrada pela manhã e a tarde, na água do fundo do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³).

Período de cultivo (dias)	Alcalinidade total (mg CaCO_3 /L) na água do fundo							
	D0		D1		D2		D3	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
8	26,6	-	26,7	-	26,0	-	26,0	-
14	29,2 ^a	28,4 ^a	27,7 ^a	28,3 ^a	28,7 ^a	29,0 ^a	29,3 ^a	29,7 ^a
21	28,6 ^a	26,4 ^b	28,0 ^a	25,7 ^b	29,3 ^a	26,3 ^b	28,0 ^a	27,0 ^a
28	27,6 ^a	29,0 ^b	25,0 ^a	29,0 ^b	28,3 ^a	28,7 ^a	28,7 ^a	29,3 ^a
35	24,4 ^a	22,2 ^b	24,0 ^a	23,3 ^a	24,3 ^a	22,3 ^b	24,7 ^a	23,0 ^a
43	23,2 ^a	22,0 ^a	22,7 ^a	22,3 ^a	23,0 ^a	21,0 ^b	23,0 ^a	21,7 ^a
50	23,2 ^a	21,4 ^b	23,3 ^a	22,3 ^a	23,3 ^a	21,7 ^a	24,3 ^a	21,7 ^b
58	25,2 ^a	24,6 ^a	24,7 ^a	24,7 ^a	25,7 ^a	24,0 ^a	24,0 ^a	24,0 ^a
78	20,4 ^a	19,6 ^a	20,7 ^a	19,7 ^a	19,7 ^a	19,3 ^a	20,3 ^a	19,3 ^a

Dentro de uma mesma densidade, médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem entre si (Teste F, $P < 0,05$).

Na interação entre local de monitoramento e horário ao longo do período de observação (Fig. 15), foi verificado que as concentrações de alcalinidade total da água

superficial e do fundo, no início e final do período experimental, foram semelhantes entre os horários, e dos 28 dias aos 58 dias foram mais baixas à tarde do que pela manhã.

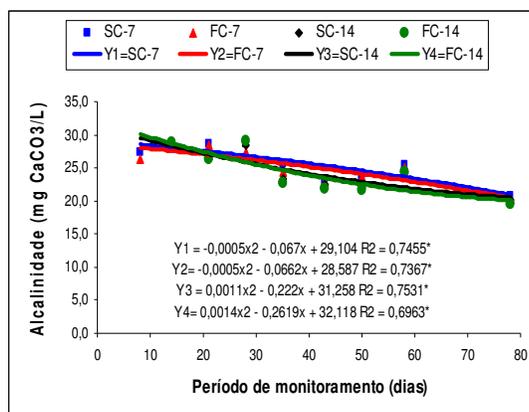


Figura 15. Alcalinidade total da água em função do horário (manhã =7 horas e tarde =14 horas), e do local de leitura na coluna d`água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem.

Em termos de valores, foi registrado entre densidades, variação na alcalinidade total entre 19,7 e 29,2 mg/L pela manhã e 19,3 e 29,3 mg/L à tarde. Na água superficial e do fundo, variações entre 20,30 e 28,8 mg/L ocorreram pela manhã e entre 19,3 e 28,80 mg/L à tarde.

A dureza ao longo do período experimental sofreu alterações sendo estas relacionadas com as densidades de estocagem ($P < 0,05$), horário e os locais de leitura na coluna d`água ($P < 0,05$).

No que se refere ao efeito da interação entre período de cultivo, local de leitura na coluna d`água e horário (Fig. 16), foi observado que a tendência da dureza declinar do início para o final do período experimental, ocorreu de forma mais acentuada a tarde na água superficial e do fundo.

Na avaliação da interação entre período de cultivo e densidade (Fig. 17), foi verificado que em todas as densidades, embora picos de dureza tenham sido registrados aos 21 e 28 dias do início do cultivo, houve tendência de diminuição do início para o final do

período experimental. No primeiro monitoramento a dureza foi mais baixa nas seções com 10 peixe/m³, já 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.

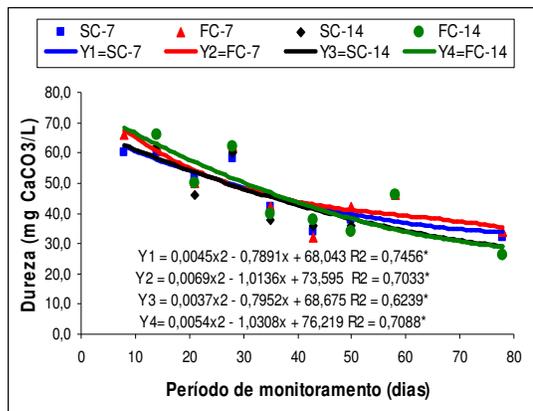


Figura 16. Dureza da água em função do horário (manhã = 7 horas e tarde = 14 horas), e do local de leitura na coluna d'água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica.

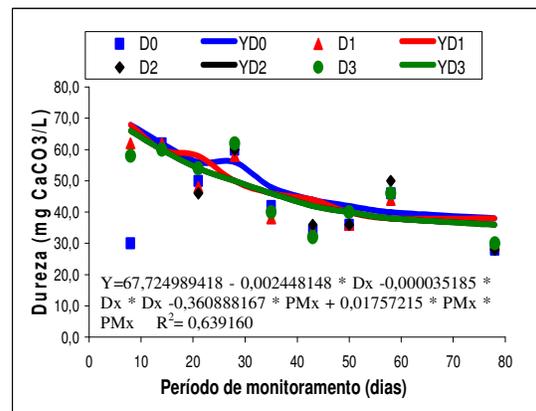


Figura 17. Efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³), sobre a dureza da água do canal de irrigação. Dx= densidade; PMx= período de monitoramento

As concentrações de dureza foram mais elevadas que as de alcalinidade e também apresentaram maior amplitude de variação entre os tratamentos. Pela manhã as concentrações ficaram entre 32 e 66 mg/L e no horário da tarde entre 22 e 66 mg/L.

A salinidade da água do canal durante o período de observação foi de 0,0 ppt não deferindo entre densidades, horários e locais de leitura na coluna d'água ($P > 0,05$). Já a condutividade elétrica apresentou diferenças relacionadas com o período de cultivo, horários e local de leitura na coluna d'água ($P < 0,05$) (Fig. 18), mas não diferiu entre densidades ($P > 0,05$) (Fig. 19). Para este fator de variação, a condutividade elétrica se alternou entre aumento e diminuição, mas com tendência geral de diminuir do início para o final do período de observação, em ambos os horários e em todas as densidades de estocagem (Fig. 19).

As variações registradas para condutividade elétrica, do início para o final do período de cultivo, foram da ordem de 0,166 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 0,55 de $\mu\text{S}/\text{cm}$.

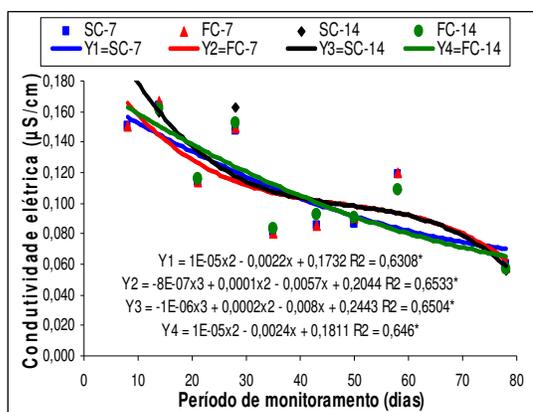


Figura 18. Condutividade elétrica da água em função do horário (manhã=7 horas e tarde=14 horas), e do local de leitura na coluna d'água (superfície=SC e fundo=FC) do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica.

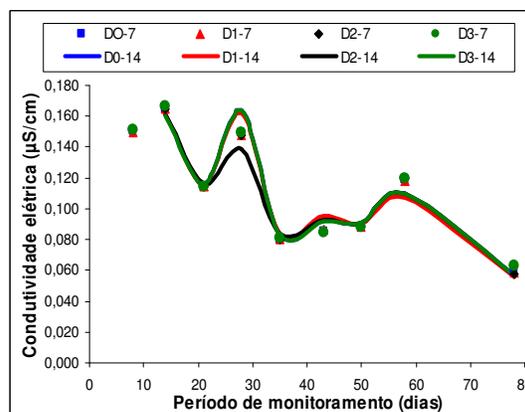


Figura 19. Valores médios da Condutividade elétrica no horário da manhã (7 horas) e da tarde (14 horas), registrados na água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/ m^3).

As concentrações de nitrito no horário da tarde não apresentaram diferenças estatísticas relacionadas com qualquer um dos fatores estudados ($P > 0,05$), mas pela manhã foram registradas diferenças estatísticas relacionadas com o período de cultivo, densidade de estocagem e local de leitura na coluna d'água ($P < 0,05$).

As concentrações de nitrito no horário da tarde ficaram entre 0,0 e 1,16 mg/L, mas não diferiram ($P > 0,05$) entre os fatores estudados. Já no horário da manhã, conforme pode ser visto na água superficial (Fig. 20A) e do fundo (Fig. 20B), a análise de regressão indicou um perfil quadrático para o efeito da densidade ao longo do período de cultivo, mas sem um padrão de resposta definida, diminuindo ao longo do cultivo e ficando entre 3,58 e 0,13 mg/L.

Também foi observado que, no horário da manhã, os valores mais elevados de nitrito se alternaram nas diferentes densidades ao longo do cultivo, na água superficial. Na água do fundo, a tendência foi de ser sempre maior na D0 e D1.

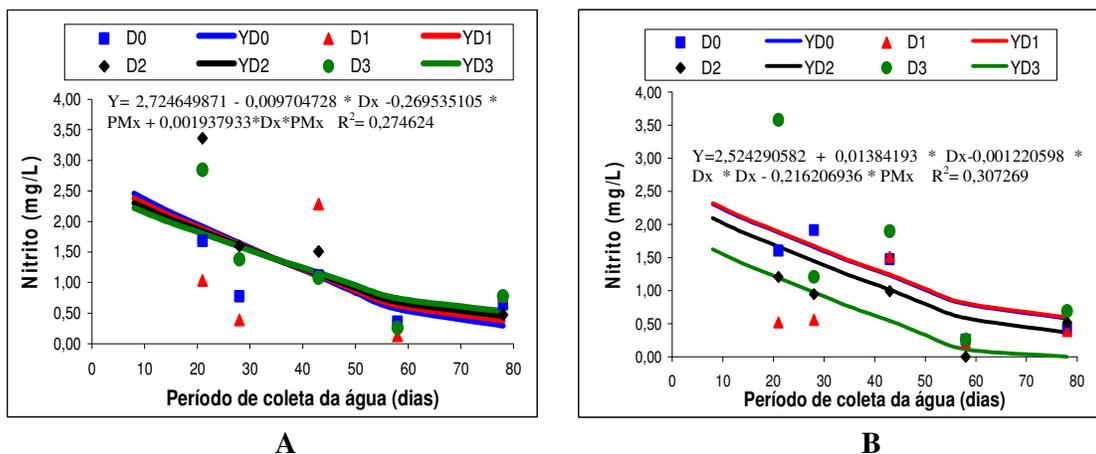


Figura 20. Concentrações de nitrito na água superficial (A) e do fundo (B) em função da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0=sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³) no canal de irrigação. Dx= densidade; PMx= período de monitoramento

Durante o período de observação no horário da manhã, na água superficial foram registradas concentrações de nitrito da ordem de: 1,68 a 0,36 mg/L na D0; 2,28 a 0,13 mg/L na D1; 3,36 a 0,26 mg/L na D2 e 2,85 a 0,26 mg/L na D3. Na água do fundo estas variações foram respectivamente de: 1,91 a 0,26 mg/L; 1,51 a 0,22 mg/L; 1,21 a 0,0 mg/L e 3,58 a 0,26 mg/L.

Tabela 8. Médias semanais de nitrito (mg/L) registrado no horário da tarde, na água superficial e do fundo do canal de irrigação, com cultivo de tilápia nilótica em diferentes densidades de estocagem (D0 = sem peixe, D1 = 30, D2=20 e D3=10 peixes/m³).

Período de cultivo (dias)	Nitrito (mg/L) á tarde							
	Superfície				Fundo			
	D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3
28	0,26	0,34	0,22	0,00	0,59	0,04	0,00	0,09
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
43	-	-	-	-	-	-	-	-
50	0,62	1,03	0,47	0,26	0,16	1,16	1,25	0,00
58	-	-	-	-	-	-	-	-
78	0,18	0,09	0,39	0,26	0,52	0,09	0,17	0,86

No horário da tarde (Tab. 8) as variações registradas para o nitrito na água superficial, foram da ordem de: 0,00 a 0,62 mg/L na D0; 0,00 a 1,03 mg/L na D1, 0,00 a 0,47 mg/L na D2 e 0,00 a 0,26 mg/L na D3. Na água do fundo estas variações foram respectivamente de: 0,00 a 0,56 mg/L na D0; 0,00 a 1,16 mg/L na D1; 0,00 a 1,25 mg/L na D2 e 0,00 a 0,86 mg/L na D3.

As concentrações de ortofosfato foram muito baixas, mas a análise de variância identificou durante o período de cultivo, diferenças estatísticas em função do horário de monitoramento ($P < 0,05$), da densidade de estocagem ($P < 0,05$) e do local de leitura na coluna d'água ($P < 0,05$). Conforme pode ser observado na figura 21, independente do local, no horário da manhã as concentrações de ortofosfato permaneceram estáveis (0,00 a 0,01 mg/L) ($P > 0,05$), já no horário da tarde as concentrações aumentaram linearmente com o tempo de cultivo, sendo registrado valores de 0,0 mg/L no início do experimento a 0,07 mg/L no final.

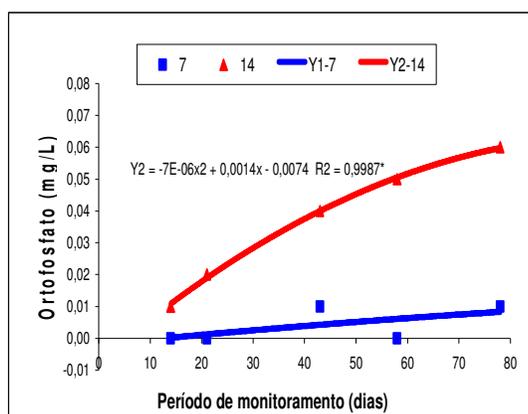


Figura 21. Concentrações de ortofosfato em função do horário de monitoramento (manhã=7 e tarde=14) da água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica.

No que se refere ao efeito da interação densidade de estocagem e horário de monitoramento, foi observado que pela manhã, na água superficial (Fig. 22A), as concentrações de ortofosfato diminuíram do início até os 35 dias do experimento e voltou a aumentar a partir daí, mostrando um comportamento quadrático dos dados. Neste local as

concentrações variaram entre 0,011 a 0,044 mg/L e os maiores valores foram registrados no final do período de observação (78 dias), nas seções com 30 peixes/m³. Na água do fundo do canal (Fig. 22B), o perfil dos dados também foi quadrático, com ausência de ortofosfato do 8º ao 35º dia de cultivo na densidade com 10 peixe/m³. A partir dos 28 dias em todas as densidades as concentrações voltaram a aumentar.

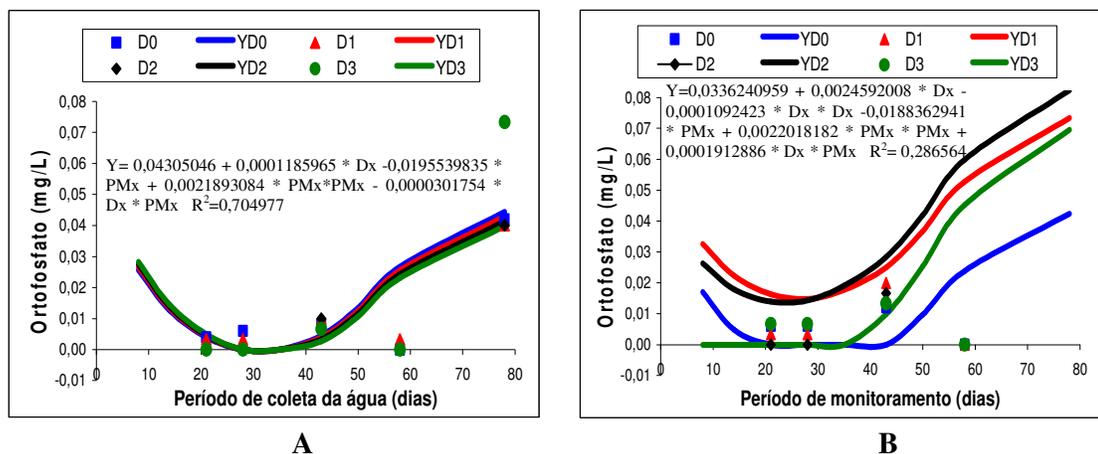


Figura 22. Concentrações de ortofosfato na água superficial (A) e do fundo (B) em função da densidade de estocagem de tilápia nilótica (D0 =sem peixe, D1=30, D2=20 e D3=10 peixes/m³) no canal de irrigação. Dx= densidade; PMx= período de monitoramento

4.3 Parâmetros biológicos – Clorofila-a

Para clorofila-a, determinada apenas no horário da tarde, a análise de variância mostrou diferença estatística significativa, relacionada apenas com período de cultivo ($P < 0,05$), sendo registrado diminuição de 1,93 para 1,43 µg/L dos 43 aos 58 dias e aumento para 3,36 µg/L aos 78 dias (Fig. 23). Nas amostras de água colhidas aos 43 dias nas seções sem cultivo de peixes, a clorofila-a foi de 2,21 µg/L, ou seja, maior do que nas seções com cultivo de peixes, que foi de 1,93 µg/L.

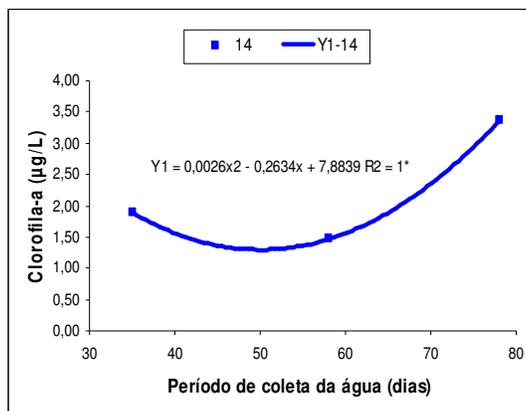


Figura 23. Concentrações de clorofila-a em função do horário de monitoramento (manhã=7 horas e tarde=14 horas), na água do canal de irrigação com cultivo de tilápia nilótica.

4.4 Qualidade da água do canal antes e após as secções com cultivo de peixes

Os valores apresentados na tabela 9, 10 e 11 são referentes aos monitoramentos realizados na água superficial e do fundo dos pontos L1 (antes das secções com o cultivo de peixes) e L14 (a cerca de 30 m da última secção que continha os peixes para recuperar a ração).

As variações na temperatura da água (Tab. 9) foram da ordem de 25,3 e 31°C e se alternaram entre os dias monitorados, sendo mais elevada a tarde do que pela manhã, mas relativamente constante entre os pontos L1 e L14.

A transparência da água no horário da manhã no L1 chegou a ser igual ou levemente maior que no L14 (diferenças ficaram entre de 0 e 20 cm), alternando-se entre aumento e diminuição durante o período experimental. A tarde foi observado um comportamento inverso, aonde a transparência da água no L14 chegou a ser maior que no L1 (diferença de 0 a 8 cm).

A turbidez aumentou da primeira para a última avaliação e foi mais alta no L14, chegando as diferenças entre L1 e L14 a ser de 1 a 32 NTUs.

O oxigênio dissolvido no L1, em quase todo período experimental apresentou valores maiores, quando comparado ao L14. Exceção ocorreu aos 28 e 43 dias experimentais, quando no horário da manhã, valores mais baixos foram registrados no L1, em ambos os locais na coluna d'água (superfície e fundo).

Em ambos os horários o gás carbônico foi, em alguns monitoramentos, mais elevado no L1 do que no L14. O pH com valores máximos de 7,8 e mínimos de 6,58 foi relativamente constante nos pontos L1 e L14.

Até os 58 dias do cultivo, a alcalinidade total pela manhã foi maior no L1. Já no horário da tarde, apenas aos 28 dias de cultivo a alcalinidade foi maior no L14. A dureza no horário da manhã e da tarde foi maior no L14 e as diferenças registradas para a condutividade elétrica em ambos os pontos de leitura e locais na coluna d'água foram muito pequenas entre o L1 e o L14.

As concentrações de nitrito foram mais elevadas no L14, exceção feita apenas aos 43 e 58 dias de cultivo na água superficial no horário da manhã, e aos 21 e 28 dias na água do fundo à tarde. O ortofosfato foi semelhante entre os dois pontos, mas a clorofila-a foi mais elevada após as seções com cultivo de tilápia.

Tabela 9. Variáveis físicas determinadas no canal de irrigação, antes (L1) e após (L14) as seções de criação intensiva de tilápia.

Variáveis	Locais e Horas	Água do L1									Água do L14								
		Período de monitoramento (dias)									Período de monitoramento (dias)								
		8	14	21	28	35	43	50	58	78	8	14	21	28	35	43	50	58	78
Temperatura (°C)	SC-7	27,6	27,1	27,3	25,7	25,4	25,3	26,6	24,8	26,7	27,8	27,0	27,2	25,7	25,5	24,8	26,6	24,8	26,5
	FC-7	27,8	27,5	27,3	25,7	25,4	25,3	26,7	24,9	26,6	27,3	27,0	27,2	25,7	25,5	24,8	26,6	24,8	26,5
	SC-14	-	31,5	30,3	30,4	30,1	29,9	30,2	30,2	31,2	-	30,8	30,5	30,0	30,0	29,5	29,5	28,9	29,9
	FC-14	-	31,0	30,2	30,0	29,9	29,7	29,7	29,7	30,1	-	30,0	30,4	30,0	29,9	29,6	29,5	28,9	30,0
Transparência (cm)	7	48	62	68	56	70	74	80	91	57	47	60	64	58	54	68	80	71	43
	14	-	41	80	55	52	45	61	51	43	-	49	80	61	54	55	60	56	40
Turbidez (NTU)	SC-7	-	-	-	-	-	-	12,01	14,04	24,3	-	-	-	-	-	-	13,20	15,19	24,5
	FC-7	-	-	-	-	-	-	12,54	14,69	32,0	-	-	-	-	-	-	13,80	15,73	64,4
	SC-14	-	-	-	-	-	-	18,40	21,70	27,9	-	-	-	-	-	-	18,52	19,89	24,5
	FC-14	-	-	-	-	-	-	19,23	22,1	27,5	-	-	-	-	-	-	18,98	23,00	29,00

SC=Superfície do canal

FC= Fundo do canal

Tabela 10. Variáveis químicas determinadas no canal de irrigação, antes (L1) e após (L14) as seções de criação intensiva de tilápia.

Variáveis	Locais e Horas	Água do L1									Água do L14								
		Período de monitoramento (dias)									Período de monitoramento (dias)								
		8	14	21	28	35	43	50	58	78	8	14	21	28	35	43	50	58	78
Oxigênio dissolvido (mg/L)	SC-7	5,11	4,86	5,80	3,30	5,25	5,54	4,92	6,40	5,77	5,03	4,55	5,80	5,70	3,70	5,81	5,02	5,30	5,82
	FC-7	6,50	6,18	5,63	2,80	5,41	5,28	4,74	6,30	5,86	6,71	6,11	5,71	5,28	3,71	5,77	4,86	5,44	5,80
	SC-14	-	6,97	6,66	6,84	6,60	6,62	6,71	6,61	6,26	-	6,90	5,80	5,70	3,70	5,81	5,02	5,30	5,82
	FC-14	-	6,84	6,68	6,78	6,55	6,62	6,69	6,68	6,50	-	6,86	5,71	5,28	3,71	5,77	4,86	5,44	5,80
Gás carbônico (mg/L)	SC-7	5	6	7	5	7	4	5	4	4	5	6	4	4	6	5	4	5	3
	FC-7	5	4	3	5	4	5	4	4	4	4	4	3	5	4	4	4	4	3
	SC-7	-	5	3	3	6	3	3	4	6	-	4	3	3	4	4	3	4	4
	FC-7	-	3	3	3	4	4	3	4	3	-	3	3	3	4	4	4	4	4
pH	SC-7	7,07	6,49	7,06	6,14	6,62	6,75	6,42	6,72	6,80	7,16	6,68	7,07	6,91	6,58	7,22	6,79	6,81	6,89
	FC-7	6,59	6,93	7,19	6,43	7,00	7,21	6,56	7,29	6,93	7,29	7,23	7,29	6,81	7,13	7,29	6,89	7,34	6,86
	SC-14	-	7,20	6,66	6,84	7,59	7,28	7,77	7,76	7,00	-	7,26	6,61	6,77	7,73	7,53	7,67	7,85	6,63
	FC-14	-	7,40	6,68	6,78	7,54	7,59	7,83	7,94	6,80	-	7,5	6,63	6,71	7,73	7,38	7,53	7,88	6,69
Alcalinidade (mg/L)	SC-7	28	29	29	31	27	23	25	26	21	28	27	29	28	24	24	24	26	22
	FC-7	26	30	28	27	24	23	23	25	21	28	28	29	27	25	23	23	26	22
	SC-14	-	29	28	28	25	21	22	24	20	-	30	25	30	23	22	21	24	20
	FC-14	-	30	25	28	22	23	20	25	19	-	28	27	30	22	22	21	25	21
Dureza (mg/L)	SC-7	76	60	44	52	40	32	44	40	24	56	60	60	60	44	32	44	48	32
	FC-7	68	62	52	64	4	32	36	48	36	68	60	60	64	44	40	46	48	36
	SC-14	-	64	52	64	40	40	40	48	24	-	68	56	68	42	32	32	48	28
	FC-14	-	68	48	64	32	40	32	44	24	-	60	44	60	52	36	40	44	28
Condutividade (µS/cm)	SC-7	0,142	0,159	0,115	0,147	0,082	0,088	0,088	0,118	0,058	0,153	0,165	0,112	0,148	0,081	0,083	0,086	0,121	0,059
	FC-7	0,150	0,162	0,112	0,151	0,080	0,087	0,091	0,119	0,059	0,150	0,170	0,114	0,150	0,081	0,085	0,090	0,120	0,059
	SC-14	-	0,162	0,115	0,158	0,081	0,091	0,088	0,110	0,054	-	0,159	0,117	0,166	0,084	0,093	0,090	0,110	0,058
	FC-14	-	0,161	0,116	0,171	0,082	0,092	0,090	0,107	0,057	-	0,162	0,115	0,163	0,084	0,093	0,091	0,109	0,057

SC=Superfície do canal, FC= Fundo do canal

Tabela 11. Nutrientes e clorofila-a determinados no canal de irrigação, antes (L1) e após (L14) as seções de criação intensiva de tilápia. tilápias.

Variáveis	Locais e Horas	Água do L1										Água do L14									
		Período de monitoramento (dias)										Período de monitoramento (dias)									
		8	14	21	28	35	43	50	58	78	8	14	21	28	35	43	50	58	78		
Nitrito (mg/L)	SC-7	-	-	0,0	0,65	-	1,55	-	0,65	1,03			2,97	2,07		1,29		0,91	0,52		
	FC-7	-	-	0,0	2,46	-	1,03	-	0,52	0,90			3,23	5,17		1,94		0,26	0,39		
	SC-14	-	-	0,0	2,20	-	0,0	-	-	0,0			0,52	0,0		0,0		-	0,25		
	FC-14	-	-	0,90	0,78	-	0,0	-	-	0,52			0,0	0,0		0,0		-	0,90		
Ortofosfato (mg/L)	7			0,0	0,01		0,02		0,02	0,04			0,01	0,01		0,02		0,02	0,03		
	14			0,0	0,0		0,02		0,02	0,04			0,0	0,0		0,02		0,02	0,05		
Clorofila-a (µ/L)	14					0,21			0,32	0,34					1,97			2,34	3,95		

SC=Superfície do canal

FC= Fundo do canal

5. DISCUSSÃO

5.1 Qualidade da água dos canais de irrigação com cultivo de peixes

Maiores valores de temperatura à tarde, como ocorrido no presente estudo, são normalmente encontrados em ambientes aquáticos, refletindo o acúmulo de energia proveniente da radiação solar.

No DITALPI a pouca profundidade do canal e a correnteza da água favoreceu a não ocorrência de gradientes térmicos. Da mesma forma, o aumento da vazão, devido a maior demanda de água para a irrigação de melancia, e que ocorreu entre os 14 e 58 dias de cultivo, favoreceu a diminuição do tempo de residência da água no canal e, certamente, do acúmulo de energia térmica.

A temperatura foi maior nas seções com 10 peixes/m³. A maior temperatura nestas seções não despertou grande interesse, já que a amplitude de variação entre densidades ficou entre 0,5 e 1,0 °C.

Valores de temperatura na faixa encontrada no presente estudo (25 a 31 °C) favorecem o desempenho de peixes tropicais como a tilápia, via aceleração do metabolismo, com conseqüente aumento da ingestão de alimentos (Urbinati & Carneiro, 2004; Pezzato et al., 2004).

Durante o período experimental, a transparência apresentou alterações, tanto pela manhã quanto à tarde, mantendo-se entre 48 a 80 cm e 46 a 60 cm respectivamente. Estes valores indicam transparência de média a alta, em especial se considerar que a altura da coluna da água no canal, variou entre 0,80 e 1,0 m. Alta transparência é desejável para a piscicultura intensiva e, mais ainda a praticada em canais de irrigação, pois a diminuição da transparência pode causar transtornos para os sistemas de irrigação, tais como aumento

da frequência de lavagem dos filtros e entupimento de micro-aspersores e gotejadores (Ribeiro et al., 2005). Para os peixes a baixa transparência pode comprometer o teor de oxigênio dissolvido, vindo a prejudicar os peixes nos horários em que não está ocorrendo fluxo de água no canal.

No início do experimento a transparência da água do canal ainda refletia as alterações no leito do rio e no próprio canal de adução, causadas por material dissolvido e em suspensão na água destes ambientes, como consequência do período chuvoso.

A transparência e a turbidez, são de grandezas contrárias e têm relação direta com a quantidade de plâncton, detritos, bactérias, partículas de solo em suspensão e substâncias húmicas dissolvidas na água. Por se tratar de um canal de irrigação, onde no período de cultivo da tilápia houve manejo diário de vazão e bombeamento de água, o efeito da despesca sobre as duas variáveis foi transitório, e mais ainda quando as comportas do canal se encontravam abertas.

As diferenças na transparência em função da densidade de estocagem podem ser atribuídas ao fato de que, nas seções com maior densidade (30 peixe/m³), a quantidade de excretas sendo liberadas é maior, e há maior atividade dos peixes, em especial no momento de fornecimento da ração. Estes aspectos contribuem para uma maior disponibilidade de nutrientes, que estimulam o crescimento de plâncton, e para a re-suspensão de resíduos do fundo, fazendo com que estas seções apresentassem menor transparência. A água corrente no canal e a baixa densidade na D3 (10 peixes/m³) contribuíram para que transparência nas seções desta densidade fosse mais alta.

A comparação entre a transparência das seções com peixes e as determinadas antes (L1) e após as seções de cultivo (L14), demonstram que o cultivo interferiu na transparência da água, mas no L14 a transparência da água já apresentava valores comparáveis ao das seções sem peixes.

O oxigênio na maior parte do período experimental ficou entre 5,0 e 6,0 mg/L e apenas no horário da manhã, algumas vezes ocorreram valores inferiores a 4,0 mg/L. As pequenas alterações registradas não foram relacionadas com qualquer um dos fatores estudados, mas, apesar da estatística não ter identificado diferenças, o oxigênio na D1 chegou a atingir valores de até 3,5 mg/L, levando a sugerir que a densidade de 30 peixes/m³, pode vir a influenciar as concentrações dos mesmos, caso o cultivo seja mais prolongado. Neste caso haverá a necessidade de um melhor manejo nas comportas do canal, ou de adotar um sistema de aeração quando não estiver ocorrendo fluxo de água no canal.

As diferenças nas concentrações de oxigênio dissolvido entre L1 e L14 foram mais evidentes no horário da tarde, indicando que a vazão e bombeamento da água do canal no horário noturno foram capazes de manter os níveis de oxigênio da água sem alterações acentuadas, em decorrência do cultivo de peixes. Por outro lado, na ocorrência de baixa vazão os efeitos do cultivo de peixes, ainda foram observados a 30 m das seções.

Os valores de gás carbônico, mesmo apresentando diferenças estatísticas significativas durante o período experimental, permaneceram entre 3,0 a 5,6 mg/L, faixa considerada segura para os peixes, segundo Boyd (1997). Este autor afirma que concentrações de gás carbônico de até 10 mg/L, sem perdurar por dias, são aceitáveis. Furtado (1995) também relata que, embora concentrações elevadas de CO₂ possam ser toleradas pelos peixes, concentrações abaixo de 5mg/L, são mais recomendadas.

As concentrações de CO₂, que diminuiram do início para o final do período experimental, e do L1 para o L14, e em qualquer período de observação, foram baixas nas primeiras horas do dia, sendo este um aspecto bastante desejável em uma criação de peixes (Furtado, 1995; Boyd, 1997 e Kubitza, 1999). Estes resultados certamente foram

favorecidos pelo fluxo contínuo da água no canal durante a noite (23 às 04:00 horas da manhã) e pelo pH da água que se manteve na faixa de 6,7 a 7,8.

De acordo com Moreira et al.(2001), níveis críticos de CO_2 ocorrem à noite e nas primeiras horas do dia, pelo fato dos organismos fotossintetizantes e peixes estarem utilizando o oxigênio e liberando CO_2 na água, através da respiração.

De acordo com Ostrensky & Boeger (1998) o gás carbônico da água é inversamente proporcional ao pH, fato ocorrido neste estudo, onde o pH se concentrou entre 6,7 a 7,8, tendendo sempre do neutro para o alcalino. Boyd (1997) relata que em águas com pH entre 7 e 9 o fitoplâncton usa o CO_2 na fotossíntese, retirando-o do sistema de equilíbrio de HCO_3^- (bicarbonato) e CO_3^- (carbonato), através de uma reação em que o 2HCO_3^- do sistema é dissociado, formando CO_2 , CO_3^- e H_2O . O CO_2 formado é utilizado pelo fitoplâncton, e o CO_3^- se liga novamente ao íons H^+ , produzindo HCO_3^- tornando o meio alcalino.

Oliveira et al. (2000) não detectaram dióxido de carbono na água, quando estudaram o efeito do cultivo de peixes em tanques-rede, sobre suas variáveis físico-químicas em um açude. Os autores atribuíram a falta de CO_2 aos valores de pH, que se encontravam na faixa de 8 a 9.

A alcalinidade total diminuiu ao longo do cultivo, ficando os valores mínimos em 20 mg de CaCO_3/L e os máximos em 29 mg de CaCO_3/L . Embora concentrações de bases dissolvidas na água acima de 20 mg/L sejam desejáveis para piscicultura em viveiros, águas com valores desta ordem detém poder tampão (Boyd & Queiroz, 2004), conforme comprovado pela manutenção do pH na faixa de neutralidade. Maiores valores de bases seriam necessários para favorecer o desenvolvimento do plâncton, aspecto este considerado não desejável para a exploração de peixes em canais de irrigação.

A diminuição da alcalinidade do L1 para o L14, possivelmente está relacionada com a mobilização de bases para manter o equilíbrio ácido-base da água, nas seções com cultivo de peixes.

O perfil da dureza foi semelhante ao da alcalinidade total, diminuindo gradativamente com o período de cultivo.

A diminuição da dureza pode ter ocorrido em virtude de mudanças da qualidade da água na sua origem, de aumento na taxa de vazão do canal, propiciando o carreamento de cálcio e magnésio, juntamente com outras substâncias inorgânicas e orgânicas, e impedindo a fixação destes dois elementos com os bicarbonatos. A diminuição pode ainda ter sido favorecida pela presença de moluscos (caramujo), cuja presença foi percebida em todo canal e mais ainda a partir dos 43 dias experimentais.

Borba et al. (1998) estudando a influência de tanques-rede sobre a qualidade da água em viveiros de piscicultura, atribuiu à diminuição da dureza, a inconstância dos íons Mg^{+} e Ca^{+} e isto ocorreu devido ao aumento na renovação da água do viveiro. Já Gurgel et al. (2005) estudando métodos de aumento da produtividade aquática natural, observaram que a presença de crustáceos no ambiente, levou a um declínio das concentrações de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) da água, devido esses seres aquáticos necessitarem de carbonato de cálcio e magnésio para a formação de suas conchas.

A dureza foi mais elevada que a alcalinidade total. Em águas naturais, a dureza geralmente se equipara à alcalinidade, porque tanto o cálcio (Ca^{+}) como o magnésio (Mg^{+}) encontra-se associados aos íons bicarbonatos e carbonatos (Arana, 1997). Segundo Sipaúba-Tavares (2000) nos casos em que a dureza é maior que a alcalinidade, parte dos íons Ca^{+} e Mg^{+} se encontram associados a sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos, o que não é desejável para os peixes. Por outro lado concentrações de dureza como as observadas no

presente estudo, são consideradas favoráveis ao cultivo de peixes de água doce (Kinkelin et al., 1991; Roberts, 1994).

O fato da dureza ter sido menor nas densidades com 10 peixes/m³ pode ter relação com o baixo aporte de ração e da grande quantidade de caramujos, além da correnteza da água.

A condutividade elétrica também diminuiu com o período de cultivo, mas não foi influenciada pelas densidades. Assim como para outras variáveis, as oscilações e a diminuição nesta variável são atribuídas às trocas de água durante a vazão e bombeamento de água para a irrigação.

Segundo Castagnolli (1992) há grande proporcionalidade entre condutividade e íons determinantes da dureza, alcalinidade e salinidade. Assim, quanto mais elevados forem, maior será a condutividade. Schafer (1985) diz que existe relação entre estes parâmetros, principalmente em águas continentais ricas em carbonatos. A proporcionalidade e a relação entre condutividade e as variáveis mencionadas pelos autores, foram constatadas no presente estudo.

Os valores de condutividade mais elevado no fundo do canal pode ser uma consequência direta do acúmulo de resíduos no fundo. A colocação de um cano de PVC entre as estacas, com o intuito de fixar a tela na base menor e impedir a passagem de peixes, contribuiu com a retenção de material no fundo. Moreira et al., (2001) relata que quanto maior a quantidade de compostos orgânicos precipitados no fundo de viveiros, maior será a condutividade elétrica.

O fato da condutividade ter sido maior na D0 e D3 pode ser devido a ausência (D0) ou menor número (D3) de peixes, e ainda ao fato da seções destas densidade receberem água que passavam em outras seções e, certamente com uma maior carga orgânica. A falta ou o menor número de peixes diminui a possibilidade de re-suspender o material

depositado no fundo e a sua remoção pela correnteza. A tilápia tem hábito de fazer ninhos (construir depressões no chão), o que contribui para diminuir a deposição de resíduos no sedimento.

As concentrações de nitrito ficaram entre 2,5 a 0,13 mg/L, e na superfície da coluna d'água, no horário da manhã, em todas as densidades decresceu ao longo do cultivo. No início do experimento o nitrito foi mais elevado nas seções com 30 peixes/m³, já no final as maiores concentrações foram registradas nas seções com 10 peixe/m³. A explicação para isto é a mesma para o caso da condutividade. Corroborando com os dados, Sipaúba-Tavares et al. (2000) quando estudaram a limnologia de tanques com cultivo de tilápia em sistema de fluxo contínuo de água e verificaram que os níveis de nitrito decaíram ao longo do experimento, chegando a ficar ausente. Amancio et al. (2005) também observaram que as concentrações de nitrito diminuíram com a elevação dos níveis de água do açude de Pentecoste.

A ocorrência de maior concentração de nitrito nas seções com 10 peixes/m³ ao final do experimento, pode estar relacionada com o fato dessa densidade (D3) compor as três últimas seções, vindo então a receber metabólitos provenientes das seções anteriores.

O aumento no pH e a diminuição da transparência durante o cultivo, também pode ter participação na redução de nitrito. Schimittou (s.d.) menciona que quanto maior o pH, maior será a perda de nitrogênio. Segundo Amancio et al. (2005) a diminuição da transparência da água proporciona uma elevação nas taxas de fotossíntese e, conseqüentemente, no teor de oxigênio, proporcionando ambiente adequado para as bactérias do gênero *Nitrobacter* realizarem o processo de nitrificação, o qual ocorre em condições aeróbicas.

O aumento de nitrito na L14 em relação a L13 indica que os compostos nitrogenados são carregados e que à distância de 30 m não é uma distância suficiente para

levar a mobilização deste elemento. Estes dados levam a dizer que, será uma assertiva considerar os teores de compostos nitrogenados e a sua mobilização, para estabelecer a distância mínima entre seções.

Segundo Boyd (1997) concentrações de nitrito em torno de 0,1 mg/L já são estressantes para os peixes, e a exposição contínua a concentrações subletais de nitrito (0,3 a 0,5 mg/L), pode causar redução do crescimento e resistência dos peixes a doenças. Assim, as concentrações registradas no presente estudo no início do experimento ficaram acima da faixa considerada subletal.

Os compostos nitrogenados e fosfatados são considerados os principais fatores limitantes da produtividade dos ecossistemas aquáticos (Castagnolli, 1992; Boyd & Queiroz, 2004), mas também têm sido apontados como os principais responsáveis pela eutrofização da água (Boyd, 1997). No presente estudo mesmo havendo acréscimo do ortofosfato ao longo do cultivo, as concentrações foram baixas (0,00 a 0,07 mg/L) e certamente a renovação de água no canal e até mesmo o tipo de ração ofertada contribuiu com este aspecto. Borba et al. (1998) afirmam que concentrações adequadas de ortofosfato na água de viveiros está entre 0,1 a 0,3 mg/L.

O aumento do ortofosfato a partir dos 43 dias de cultivo, mesmo ficando abaixo das concentrações adequadas em viveiros de piscicultura, ou das demandas para as culturas irrigadas do DITALPI, servem de alerta para a capacidade de acumulação deste elemento no ecossistema. Assim, os compostos fosfatos, bem como os nitrogenados devem ser monitorados de forma a ajustar os programas de adubação em função do que a água disponibiliza e para prevenir problemas com os sistemas de irrigação.

A comparação dos dados entre densidades, demonstra que no início do experimento as concentrações de ortofosfato foram mais elevadas na D3 (0,028 mg/L), mas ao final, esta foi à densidade que apresentou os valores mais baixos (0,040 mg/L) quando

comparado aos valores de D0, D1 e D2 que foi de 0,044, 0,043 e 0,042 mg/L respectivamente. A inversão dos valores ao longo do cultivo pode ser explicada pelo menor acúmulo de fósforo devido ao menor número de peixes e conseqüentemente menor volume de ração administrado e restos de ração não consumida e fezes. Sipaúba-Tavares et al. (2000) observaram que as concentrações de ortofosfato na água estão associadas ao aumento na quantidade de alimento ofertado ao peixe, e se esse não for muito digestível, as concentrações são ainda maiores.

No presente trabalho, as maiores concentrações de ortofosfato foram encontradas no fundo das seções com 30 e 20 peixes/m³, diferindo do registrado por Amancio et al. (2005) que encontraram maiores concentrações de ortofosfato na superfície da água de açudes com cultivo de peixes em tanques-rede, mas concordado com Sipaúba-Tavares et al. (1994), quando afirma que na água com altas concentrações de cálcio e pH elevado, pode formar fosfato de cálcio que se precipita no sedimento e pode se perder no ecossistema.

A clorofila-a é um dos principais responsáveis pela fotossíntese, e usada para indicar a biomassa do fitoplâncton (Esteves, 1988). Neste sentido, nas três análises realizadas, a clorofila-a foi crescente dos 50 aos 78 dias do experimento (1,47 e 3,36 µg/L) e maior no L14 que no L1, indicando que houve aumento da biomassa fitoplanctônica. Neste mesmo período foi registrada diminuição de transparência e aumento da turbidez, indicando que ambas as variáveis estavam inter-relacionadas com a quantidade de fitoplâncton na água.

O aumento da concentração de clorofila-a deve ter ocorrido em conseqüência do aporte de matéria orgânica presente nos resíduos de ração e nas excretas dos peixes, que são ricas em nitrogênio, fósforo e potássio.

Segundo Boyd (1997) a concentração mínima ideal de clorofila-a para a piscicultura semi-intensiva, seria acima de $50\mu\text{g/L}$. Por outro lado, por se tratar de um sistema intensivo, onde a necessidade em oxigênio deve ser suprida pela renovação de água ou pela adoção de estratégias, como aeração mecânica, na criação de peixes em canais, como no caso presente, não é de grande valia altas concentrações de clorofila-a.

No presente estudo ficou evidenciado que as densidades influenciaram a temperatura, transparência da água, dureza, nitrito e ortofosfato. Já as concentrações de CO_2 , oxigênio dissolvido, alcalinidade total, pH, clorofila-a e salinidade permaneceram constante entre densidades.

Os nutrientes, que em geral é um aspecto que limita a capacidade de suporte de um ecossistema aquícola, havendo inclusive em águas de uso múltiplo, restrições quanto ao aporte de nutrientes oriundos dos sistemas aquaculturais (Schmittou, s.d.); foram baixos do ponto de vista do cultivo de peixes em viveiros e para atender a demanda da agricultura, em especial se considerar que a água do DITALPI tem por objetivo principal a irrigação.

A transparência, temperatura e dureza, mesmo tendo sido influenciada pelas densidades, permaneceram dentro do recomendado à exploração intensiva de peixes tropicais (Roberts, 1994; Sipaúba-Tavares, 1994; Shimittou, s.d.)

O oxigênio dissolvido se manteve elevado e o CO_2 baixo. Quando ocorre o inverso há prejuízo para os peixes, podendo levar a uma condição de estresse e até a mortalidade (Urbinati & Carneiro, 2004).

A alcalinidade total se manteve dentro do limite inferior recomendado a uma criação de peixes (Castagnolli, 1992; Sipaúba-Tavares, 1994; Kubitza, 1999; Boyd & Queiroz, 2004), mas mesmo assim o pH se manteve na faixa de neutralidade.

A qualidade da água atestou a excelência dos canais de irrigação para a exploração intensiva de peixes e os resultados referentes às densidades permitem inferir que é possível

explorar os peixes em qualquer uma das densidades testadas. Por outro lado, nesta decisão será preciso levar em consideração mais dois pontos. Primeiro o manejo de vazão e bombeamento da água, e o segundo a extensão do canal que foi explorada com o cultivo de peixes, sendo ambos decisivos para a manutenção da qualidade da água.

Em relação ao primeiro ponto, caso ocorra aumento de bombeamento e diminuição da vazão, a qualidade da água irá piorar, diminuindo a capacidade de suporte dos canais. No segundo ponto, há que considerar a pretensão de ampliar a área para exploração da piscicultura nos canais. A ampliação sem dúvida, irá contribuir para alterar de forma negativa a qualidade da água ou exigir medidas para manter a qualidade da água nos níveis recomendados à piscicultura e agricultura. Entre estas medidas estaria o aumento da vazão do canal ou o uso de um sistema eficiente de aeração da água e talvez de recirculação.

A primeira alternativa para manter a qualidade da água, deverá estar na dependência da demanda de água para a irrigação, do volume de água que é permitido captar no Rio (no caso em questão do rio Parnaíba), e dos custos financeiros para adoção desta medida. Já na segunda alternativa, a principal limitação seriam os recursos financeiros.

Diante do exposto, é possível dizer que, à medida que a área do canal destinado à piscicultura for sendo ampliada, menores deverão ser as densidades de estocagem de peixes ou maior deverá ser a vazão do canal ou a adoção de outras estratégias para manter a qualidade da água. Além disso, será necessário dar continuidade a realização de estudos, que venham a aperfeiçoar este modelo, as condições de manejo e possivelmente aumentar a capacidade de suporte dos canais, sem concomitante aumento da demanda por água.

Embora, para a grande maioria dos parâmetros analisados, tenham sido observadas alterações limnológicas relacionadas com o período de cultivo, as oscilações registradas a cada monitoramento, refletem muito mais o manejo de bombeamento e vazão da água no

canal, do que do cultivo de peixes. Estes 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.

5.2 Operacionalização do canal

Do ponto de vista da exploração para a piscicultura, os canais de irrigação se apresentam como um sistema de exploração misto, hora funcionando como tanques, hora como sistema de alto fluxo tipo raceway. Quem determinará o modo operacional do canal em função destes dois modelos, será o fluxo ou vazão da água no canal. Quando não há vazão a água fica parada, e daí o sistema age como tanque. Havendo vazão, acompanhado ou não de bombeamento simultâneo, o fluxo de água é contínuo e a correnteza unidirecional, assemelhando-se aos raceways.

No DITALPI o manejo de vazão de água rotineiramente se deu em função da irrigação, e eventualmente em função da piscicultura. Sendo assim, durante o período experimental o bombeamento de água no canal ocorreu com maior frequência à noite, em virtude do menor gasto com energia. Exceção ocorreu nos finais de semana, quando a vazão de água foi maior durante o dia, para conciliar com o descanso de trabalhadores.

O manejo eventual de alteração da vazão do canal, em função da piscicultura, se deu principalmente no início da noite, quando foram observados sinais de níveis críticos de oxigênio para os peixes (peixes começando a boquejar na superfície). Uma outra situação que levou a abertura de comportas para atender a piscicultura, foi quando as comportas a jusante das seções do canal foram abertas para a irrigação, sem abertura simultânea da comporta a montante das seções de cultivo com peixes, ou do tanque pulmão. Nesta situação, quando o nível da água nas seções atingia menos de 0,80 m e o oxigênio baixava, a comporta à montante das seções foi aberta para restabelecer o nível da água e não

comprometer a integridade dos peixes. Quando havia apenas redução de oxigênio, uma alternativa utilizada foi o da aeração com aspersão de água sobre as seções com peixes, fazendo uso de bomba de sucção. Estas medidas passaram a ser adotadas com maior frequência a partir da última quinzena do segundo mês de experimento, quando já se constatava considerável aumento da biomassa dos peixes cultivados.

Um outro aspecto relevante na exploração de peixes em canais de irrigação, diz respeito ao nível de exploração a ser adotado. Sendo que ele poderá ser o intensivo, mas recomendado, ou o semi-intensivo. A decisão de que regime adotar deverá ser em primeira instância da comunidade diretamente ligada ao canal, devendo para isto levar em consideração a parte técnica operacional e as normatizações que primam pelo bom uso dos recursos hídricos.

Para a engorda de tilápia nilótica nos canais de irrigação do DITALPI, foi adotado o sistema de exploração intensivo, fazendo uso exclusivamente de ração comercial extrusada, por considerar que este sistema é o que traz menor nível de alteração a qualidade da água, maior capacidade de suporte dos canais e, certamente, menor interferência à agricultura irrigada.

As interferências da piscicultura nos canais, sobre a qualidade da água para a irrigação, poderão se dar de forma positiva, via aumento do aporte de nutrientes na água e, conseqüente diminuição dos custos de produção (Al-Jaloud et al., 1993), ou de forma negativa, via também aumento excessivo de nutrientes, propiciando condições favoráveis ao desenvolvimento de organismos planctônicos que, por sua vez, poderão trazer problemas operacionais aos sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento.

No presente estudo os baixos níveis de alcalinidade total, nitrito, ortofosfato e clorofila-a, os valores de transparência, oxigênio dissolvido, gás carbônico, alcalinidade e dureza, condutividade elétrica, detectados na água do canal antes, dentro e após as seções

com cultivo de peixes, aliado ao baixo tempo de residência da água no canal, indicam que a piscicultura no canal terciário de irrigação do DITALPI, não causou efeito danoso a água.

Este estudo não possibilita a tomada de decisões definitivas sobre a operacionalização do canal com fins da integração piscicultura, agricultura irrigada, tendo em vista que foram usados apenas 120 m de um total de mais de 8 km de canal e de ter sido analisada apenas algumas variáveis que refletem a qualidade da água e em um período de 78 dias. Estudos que possam gerar informações detalhadas sobre controle de vazão e que amplie o período de observação para outras épocas do ano, incluindo o período de chuvas, quando aumenta a turbidez da água devido às enchentes nos rios, e diminui a demanda de água para a irrigação, deverão ser considerados.

O grau de interferência da piscicultura sobre a qualidade da água, certamente aumentará com a ampliação da área destinada ao cultivo de peixes, devido a uma maior liberação de nutrientes, provenientes de excretas dos peixes e restos de ração não consumida. Assim, mesmo que as informações técnicas não sejam suficientes para a tomada de decisões definitivas, é possível explorar os canais para a piscicultura. Para este fim poderá ser estabelecido um limite de área a ser explorada, a exemplo do que se faz no cultivo de peixes em tanques-rede, que é de 1% da área do reservatório (Silva & Siqueira, 1997).

Ainda no tocante ao canal, foi observada durante o período experimental que já havia diferentes espécies de organismos aquáticos entre eles peixes como a curvina (*Pachyurus francisci*), piranha (*Pygocentrus nattereri*), lambari (*Astianax spp.*), mandi (*Pimelodus spp.*), cascudo (*Hypostomus spp.*), curimbatá (*Phochilodus spp.*), salema (*Anisotremus virginicus*) e tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Também foi constatada a presença de camarão (*Penaeus brasiliensis*) e caramujo (*Pomacea bridgesii*), este último

sendo observado em maior proporção que as demais e causando alguns problemas durante as despescas.

6. CONCLUSÕES

O sistema de criação de peixes nos canais de irrigação fazendo uso de telas para formar as seções de contenção dos peixes, se mostrou bastante funcional, sem causar alteração no fluxo de água;

A qualidade física, química e biológica da água do canal com e sem cultivo de peixes sofreu alterações ao longo de 78 dias de observação, sendo estas alterações relacionadas com densidade de estocagem dos peixes, os horários de monitoramento da água (manhã e tarde), o ponto de coleta da água (superfície e fundo do canal) e o tempo de cultivo (dias);

O manejo de vazão e bombeamento de água foi determinante da manutenção da boa qualidade da água no canal com cultivo de peixes e contribuiu para os bons índices de oxigênio, gás carbônico, pH, alcalinidade e compostos nitrogenados e fosfatados da água no horário da manhã, tanto na superfície, quanto no fundo da coluna d'água.

As densidades influenciaram a temperatura, transparência da água, dureza, nitrito e ortofosfato, de forma que os maiores valores, ou menores, para o caso da transparência e dureza, foram registrados nas maiores densidades.

As concentrações de gás carbônico, oxigênio dissolvido, alcalinidade total, pH, clorofila-a e salinidade permaneceram constante entre densidades, levando a dizer para condições semelhantes as encontradas no presentes estudo, é possível criar 30 peixes/m³.

Se houver ampliação da área, as densidades mais seguras serão aquelas com quantidades menores que 30 peixes/m³, do ponto de vista das condições limnológica da água.

A correnteza unidirecional facilita a transferência e acumulação de metabólitos, de uma seção para outra, sendo interessante manter a logística de diminuir a densidade à medida que se distancia do ponto de entrada da água no canal.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRINO, A. C. **Manual de prevenção de doenças em piscicultura.** In: **Boletim Técnico do Instituto da Pesca.** n.23, São Paulo, julho, 1998. 45 p.

AL-JALOUD, A.; HUSSAIN, G.; ALSADON, A.; SIDDIQUI, A. Q.; AL-NAJADA, A. **Use of aquaculture effluent as a supplemental source of nitrogen fertilizer to wheat crop.** In: *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 7, 1993. p. 233 – 241.

AMANCIO, A. L. L.; FARIAS, W. R. L.; NETO, A. R. S. **Balço de nutrientes da água do açude Pentecoste(Pentecoste, Ceará, Brasil) no período de março a dezembro de 2002.** *Revista Ciência Agronômica*, vol. 36, nº. 1, jan-abr., 2005. p. 44-52.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standart methods for examination of waste water.** Washington. 1975. 1193 p.

ARANA, L. V. **Princípios químicos da qualidade da água em aquíicultura:uma revisão para peixes e camarão.** Editora da UFSC. Florianópolis-SC, 1997. 138p.

ARANA, L. V. **Aquíicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para formulação de políticas de desenvolvimento da aquíicultura.** Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1999. 310 p.

AYROSA, L. M. S.; SPINOSA, W.A.; SOARES, MANOEL, S. J.; REZENDE, D. M. M.; SIMÕES, F. S.; CALIARI, M.; SANTOS, V. J. **Característica de alguns parâmetros limnológicos de viveiros de criação de tilápias no vale do Paranapanema.** In: *Anais da Tilapia aquaculture: Proceedinga from the fifth international symposium on tilapia aquaculture.* vol. 2. Rio de Janeiro- Brasil, 3 – 7 september, 2000. p. 279 – 287

BARBOSA, D. S.; OLIVEIRA, M. D.; NASCIMENTO, F. L.; SILVA, E. L. V. **Avaliação da qualidade da água na piscicultura em tanques-rede, Pantanal-MS.** In: *III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômico do Pantanal – Os desafios do novo milênio.* Corumbá-MS, 27 – 30 de novembro, 2000. 14p.

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.** Anais do Aqüicultura Brasil' 98. volume 2. Recife, 2 a 6 de novembro de 1998. p. 449 – 461 p.

BOYCE, S. J. **Nitrogênous excretion in the Antarctic plunder fish.** Journal of fish biology. Cambridge, Inglaterra, v. 54, 1999. p. 72-81.

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.; URBINATI E.C.; FRACALLOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva.** São Paulo: TecArt, 2004. p. 25 – 44.

BOYD, C. **Water quality management for pond fish culture.** 2^oed. Amsterdam: Elsevier, 1984. 318p.

BOYD, C. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aqüicultura.** ASA (Associação Americana de Soja), Campinas (tradução: Eduardo Ono), 1997. 55p.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189p.

COATE, D. **A survey of the fish fauna of Sudanese systems with referente to the use of fishes in the management of ecological problems.** *Fish Management*, 1984. p. 81-96. Disponível em: [www/ fao.org](http://www/fao.org). Acesso em: 12 de novembro de 2005.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Aqüicultura e pesca.** Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/produtos/aquicola.htm>. Acesso em: 23 de outubro de 2003.

CONTE, L. **Produtividade e economicidade da tilapicultura em gaiolas na região sudoeste do estado de São Paulo:** estudos de caso. Piracicaba-SP, 2002. Dissertação (mestrado). Disponível em : <http://www.monografias.com.br>. Acesso em: 5 de dezembro de 2005.

CYRINO, J. E. P.; CONTE, L.; CARRÃO, M.; CASTAGNOLLI; BAZANO, G. L. N. **Mini curso de Criação de Peixe em Tanques-rede**. In: XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 1996. 60p.

DOWNING, J. A.; McCAULEY, D. E. **The nitrogen: phosphorus relation ship in laker limnology oceanography**. v. 37, n. 5, 1992. p. 936-945.

DUGAN, P.; DEY, M.; SUGUNAN, V. V. **Fisheries and water productivity in tropical river basins: enhancing food security and livelihoods by managing water for fish**. In: Proceeding of the 4th International Crop Science Congress, Australia, 26 sep.-1 oct., 2004. 10p. Published on CDROM. Disponível em: www.cropscience.org.au. Acesso em: 2 de janeiro de 2006.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciências/FINEP, 1998. 602p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988. 575 p.

FAO (Organización de la Naciones Unidas Para La Agricultura y la Alimentación). **Fish production in irrigation canals a review**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/w7499e/w7499e14.htm>>. Acesso em: 08 de agosto de 2004a.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). **Water Resources, Development and Management Service**. 2004b. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/>. Acesso em: 16 de março de 2006.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. Roma: FAO, 2004c (pdf). Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5600s/y5600s00.pdf>. Acessado em 16 de março de 2006.

FELIZATO, M. R.; STARLING, F. L. R. M.; SOUZA, M. A. A. **Resíduos de águas piscícolas: análises da possibilidade de aplicação de efluentes de lagoas de estabilização em série.** Anais do Congresso Internacional de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, 2000. 27p. Disponível em: <http://www.cepis.org.pe/bvsaídis/aresidua/i-024.pdf>. Acesso em: 21 de outubro de 2003.

FERANET21. **A arte na Mesopotâmia.** Disponível em: http://www.feranet21.com.br/artes/historia_da_arte/arte_idade_antiga/imagens_idade_antiga/mesopotamia_escrita_cuneifo.jpg&imgrefurl=http://www.feranet21.com.br/artes/historia_da_arte/arte_idade_antiga/historia_da_arte_na_mesopotamia.htm>. Acesso em: 8 de março de 2005.

FURTADO, J. F. R. **Piscicultura uma alternativa rentável.** Guaíba: Agropecuária, 1995. 180 p.

GALLI, L. F.; TORLONI, C. E. C. **Criação de peixes.** São Paulo: Editora Nobel, 1984. 119p.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JR., R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.** Fortaleza: UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do solo, 2000. p. 329-346.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters.** London: Blackweel Sci. Publ., IBP Handbook number 8. , 1978. 214 p.

GRAEF, E. W.; RESENDE, E. K.; PETRY, P.; STORTI FILHO, A. **Policultivo de matrinhã (*Brycon sp.*) e jaraqui (*Semaprochilodus sp.*) em pequenas represas.** Acta Amazônica, v. 16/17, n° único (suplemento), 1987. p. 33 -42.

GURGEL, J. J. S.; VINATEA, J. E. **Métodos de aumento da produtividade aquática natural (Parte 2)**. Programa Cooperativo Governamental - FAO (Itália). Disponível em: www.fao.org/docrep/field/003/ab486p/ab486p02.htm. Acesso em: 25 de outubro de 2005.

HENRY, R. **Amônia ou Fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema)**. Revista Brasileira de Biologia, v. 50, n. 4, 1990. p. 883-892.

HORNE, A. J.; GOLDMAN, C. R. *Limnology*. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1994. 576p.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos). **Estatística da pesca 2003: Grandes regiões e unidades da Federação**. Brasília: IBAMA/MMA/DIFAP/CGREP, 2004, 137p. (CD-ROM).

ISHAK, M. M. **Aquaculture Egypt** – Development of fish farming in Egypt. Internattional Development Research Centre Report, Phase 1. IDRC, Ottawa, Ont., Canda, 1992.

ISHAK, M. M. **Development of farming in Egytp** (cage and pen culture). Rep. 4 (phase 2) Institute of Oceanography and Fisheries and the International Development Research Centre, Cairo, Egypt, 1986.

KINKELIN, P.; MICHEL, C.; GHITTINO, P. **Tratado de las enfermedades de los peces**. Zaragoza: Acribis, 1991. 353 p.

KOROLEFF, F. **Determination of nutrients**. In: Granshoftk. *Methods of seawater analysis*. Verlag. Chemie. Weinhein, 1976. 117 – 187 p.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixe**. Jundiaí: Fernando Kubitza, 3ª ed., 1999. 97p.

KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: Fernando Kubtiza, 2000. 289p.

KUBITZA, F. **Qualidade da água: no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: Fernando Kubtiza, 2003. 228p.

LÉON, S.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução Gheyi, H. R.; Koning, A.; Ceballos, B.S.O.; Damasceno, F.A.V. Título original: Tratamiento y uso de águas residuales. Campina Grande: UFPB, 1999. 110p.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. Disponível em: www.mma.gov.br/cgmi/institu/pesquisa/pesquisa.cfm. Acesso em: 02 de março de 2005.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Auburn University, 1989. 260p.

MAIRS, D. F. **A total alkalinity atlas for marine lake waters**. *Limnol. Oceanog.*, 1966. p. 68 -72.

MEDEIROS, F. C. **Tanque-rede: mais tecnologia e lucro na piscicultura**. Cuiabá, 2002.110p.

MOLNAR, G. Y.; TOLG, T. **Relation between water temperature and gastric digestion of large muoth bass (*Micropterus salmonidaes*)**. *J. Fish. Res. Board. Can.*, v.19, 1962. p. 1005-1012.

MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da Moderna Aqüicultura**. Canoas: ULBRA, 2001. 200p.

OLIVEIRA, E. G.; AMANCIO, A. L. L.; HIPÓLITO, M. L. F.; CARNEIRO, M. V. D. **Efeito do cultivo de peixes em tanque-rede sobre variáveis físico-químicas da água de um açude.** In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, VI ENCONTRO SULBRASILEIRO DE AQUICULTURA, V ENCONTRO CATARINENSE DE AQUICULTURA, II FESTIVAL NACIONAL DA OSTRÁ E DA CULTURA AÇORIANA. Anais: Florianópolis-SC: ABRAQ/ACAq/ABCC/BMLP/MAA, 2000. 7 p. CD-ROM.

ONGLEY, E. D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas.** Tradução GHEYI, H. R.; DAMACENO, F.A.V.; BRITO, L.T. (FAO: Irrigação e drenagem, 55). Campina Grande: UFPB, 2001. 92p.

ONO, A. E.; KUBTIZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede.** 2º ed. Jundiaí, 1999. 68 p.

ONU (Organização das Nações Unidas). **Falta água potável para 1,1 bilhões de pessoas no mundo.** In: 4º FORUM MUNDIAL DA ÁGUA. México, 16 a 22 de março de 2006. Disponível em: www.Brasildefato.com.br/v01/impresso/anterior/159/ambiente. Acesso em: 05 de abril de 2006.

OSTRENKY, A; BOEGER, W. **Piscicultura: Fundamentos e técnicas de manejo.** Guaíbas: Agropecuária, 1998. 211p.

PÁDUA, H. B. **A água e a poluição gerada pela aquicultura.** 23ª Procuradoria de Justiça Criminal de Goiás. In: Caderno de Doutrina Ambiental, 30 de maio, 2003. 14 p. Disponível em: www.setorpesqueiro.com.br. Acesso em: 5 de maio de 2005.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva.** São Paulo: TecArt, 2004. p. 75 – 170.

PRINCE, A.; MAHNE, I.; MEGUSAR, F.; PAUL, E. A.; TIEDJE, J. M. **Effects of pH and oxygen and ammonium concentrations on the community structure of nitrifying bacteria from wastewater**. Applied and Environmental Microbiology, v. 64, n.10, 1998. p. 3584-3590

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: MMA/IBAMA, 1994. 195 p.

REDDING, T. A.; MIDLEN, A. B. **Fish production in irrigation canal: a review**. FAO Fisheries Technical Paper n.317, FAO, Rome – Italy, 1990. 111p.

RESENDE, E.K.; GRAEF, E.W.; ZANIDONI FILHO, E.; PAIXÃO, A.M.; STORTE FILHO, A. **Avaliação do crescimento de jaraquis (*Semaprochilodus* spp.), em açudes de iguapé de terra firme nos arredores de Manaus, Amazônia**. Acta Amazônica, v. 15, n 1-2, março-junho, 1985. p.19-36.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. S.; PATERNIANI, J. E. S; SILVA, M. J. M. **Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.3, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, 2005. p.295 – 301.

RIBEIRO, R. P. **Curso de atualização em piscicultura da água doce – Ambiente e água para a piscicultura**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. 17p.

ROBERTS, R. J. **Patologia de los peces**. Madri: Mundi-Prensa, 1994. 366 p.

ROSS, B.; ROSS, L.G. **The oxygen requirements of *Oreochromis niloticus* under adverse conditions**. International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University Press. Tel Aviv, Israel, 1983. p.134 – 143.

SADEK, S. S. **Aquaculture development in Egypt**. General Authority for Fish Resource Development. Cairo, Egypt, 1988.

SCHAFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Editora Universal, UFRGS, 1985. 532p.

SCHMITTOU, H. R. **Produção de peixes em alta densidade em tanques-redes de pequeno volume**. Campinas: ASA, s.d., 78p.

SCHMITTOU, H. R. **High density fish culture in low volumes cages**. Singapura: American Soybean Association, 1993. 78p.

SILVA, A.L.N.; SIQUEIRA, A.T. **Piscicultura em tanques-rede: princípios básicos**. Recife: SUDENE/UFRPE - Imprensa Universitária, 1997. 71p.

SILVEIRA, P. M. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Documento 36, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -EMBRAPA. Jaguariúna –SP, 2004.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Limnologia Aplicada a Aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; YOSHIDA, C. E.; BRAGA, F. M. S. **Effects of continuous water exchange on the limnology of tilapia (*Oreochromis niloticos*) culture tanks**. In: Anais da Tilapia aquaculture: Proceedinga from the fifth international symposium on tilapia aquaculture. vol. 2. Rio de Janeiro- Brasil, 3 – 7 september, 2000. p. 279 – 287

STIRLING, H. P. **Chemical and biological methods of water analisis for aquaculturalists**. Scotland: Institute of Aquaculture. University of Stirling, 1985.

TAYLOR, W. D. BENTZENE, E. **The importance of dissolved organic phosphorus to phosphorus uptabe by limnetic plankton**. *Limnology and Oceanography*. v.37, n.2, 1992. p. 217-231.

URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004, p. 171 – 193.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In. CYRINO, J.E.P.; URBINATI E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p. 239 – 266.

WESTERS, H. Fish hatchery management. 2ª ed. Bethesda: American Fisheries Society, 2001. p. 31-90.

WETZEL, R. **Limnology**. W. B. Saunders Company. Philadelphia, 1975. 743 p.

WIKIPEDIA. **Clorofila**. Disponível in: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Clorofila>. Acesso em: 06 de fevereiro, 2006.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)