

QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RESERVATÓRIO SUBMETIDO À CRIAÇÃO DE TILÁPIAS EM TANQUES-REDE, NO SUL DE SÃO PAULO, BRASIL

Antônio Fernando LEONARDO ¹; Camila Fernandes CORRÊA ²; Ana Eliza BACCARIN ³

RESUMO

Foram avaliadas as condições físicas e químicas da água de uma represa rural utilizada para piscicultura em tanques rede, em Pariquera-Açu, SP. Neste local foram instalados 20 tanques rede de 4 m³, estocados com 150 tilápias por m³, durante o período de 01 de fevereiro de 2008 a 01 de dezembro de 2009. Para determinar a qualidade da água da represa, foram analisados cinco pontos de coleta mensal: abastecimento, área de criação, dividida em três pontos (10 cm, 70 cm e 150 cm de profundidade) e efluente. As médias das variáveis analisadas (\pm desvio padrão) foram: oxigênio dissolvido, $6,83 \pm 0,7$ mg O₂D L⁻¹; temperatura da água máxima e mínima, $27,5 \pm 0,9$ e $17,6 \pm 0,1$ °C, respectivamente; pH, $6,3 \pm 0,1$; transparência da água, $77,92 \pm 15,5$ cm; alcalinidade total, $94,1 \pm 4,0$ mg CaCO₃ L⁻¹; condutividade elétrica, $47,84 \pm 0,9$ μ S cm⁻¹; amônia, $0,004 \pm 0,001$ mg L⁻¹, nitrato e nitrito, $0,004 \pm 0,001$ e $0,009 \pm 0,001$ mg L⁻¹, respectivamente; fósforo total dissolvido e ortofosfato, $0,02 \pm 0,01$ e $0,004 \pm 0,001$ mg L⁻¹, respectivamente; nitrogênio total dissolvido, $0,21 \pm 0,1$ mg L⁻¹; clorofila *a*, $10 \pm 0,08$ μ g L⁻¹ e material em suspensão, $0,013 \pm 0,1$ mg L⁻¹. O índice de estado trófico (IET) calculado foi 49. Concluímos que a criação de tilápias em tanques-rede não comprometeu a qualidade da água do reservatório rural. Entretanto, boas práticas zootécnicas e o monitoramento ambiental devem ser seguidos para uma criação de peixes sustentável, de acordo com a resolução CONAMA.

Palavras chave: Limnologia; tilapicultura; açudes

WATER QUALITY OF TILAPIA CAGE CULTURE IN RURAL RESERVOIR IN SÃO PAULO SOUTH, BRAZIL

ABSTRACT

The study aimed to evaluate physical and chemical water conditions of a rural reservoir utilized for cage fish culture in Pariquera-Açu, SP. In this place 20 cages of 4 m³ were installed and stocked with 150 tilapias per m³, during the period of 1st February of 2008 to 1st December of 2009. To determine reservoir water quality five points of collection were analyzed every month: water supply, fish rearing area divided into three depths (10 cm, 70 cm and 150 cm) and effluent. Averages of analyzed parameters (\pm standard deviation) were: dissolved oxygen, 6.83 ± 0.7 mg O₂D L⁻¹; maximum and minimum temperature, 27.5 ± 0.9 and 17.6 ± 0.1 °C, respectively; hydrogenionic potential, 6.3 ± 0.1 ; transparency, 77.92 ± 15.5 cm; total alkalinity, 94.1 ± 4.0 mg CaCO₃ L⁻¹; electric conductivity, 47.84 ± 0.9 μ S cm⁻¹; total ammonia, 0.004 ± 0.001 mg L⁻¹, nitrate and nitrite, 0.004 ± 0.001 and 0.009 ± 0.001 mg L⁻¹, respectively; total dissolved phosphorus and orthophosphate, 0.02 ± 0.01 and 0.004 ± 0.001 mg L⁻¹, respectively; total dissolved nitrogen, 0.21 ± 0.10 mg L⁻¹; chlorophyll *a*, 10.00 ± 0.08 μ g L⁻¹ and suspension material, 0.013 ± 0.100 mg L⁻¹. Calculated Trophic Estate Index was 49. We conclude that tilapia cage culture did not compromise the water quality of rural reservoir. However animal production good practices and environmental monitoring should be followed for a sustainable fish culture according to CONAMA resolution.

Key words: Limnology; tilapia culture; pond

Artigo Científico: Recebido em 08/02/2011 – Aprovado em 16/09/2011

¹ Autor correspondente: Biólogo, Doutor em Aquicultura, Pesquisador Científico - Pólo Regional do Vale do Ribeira. Rodovia Régis Bittencourt, km 460 - Cx P. 122 – CEP: 11.900-970 - Registro – SP - Brasil. e-mail: afeleonardo@apta.sp.gov.br

² Zootecnista, Mestre em Aquicultura, Pesquisadora Científica - Pólo Regional do Vale do Ribeira. Rodovia Régis Bittencourt, km 460 - Cx P. 122 – CEP: 11.900-970 - Registro – SP - Brasil. e-mail: cfcorrea@apta.sp.gov.br

³ Zootecnista, Doutora em Aquicultura, Analista Ambiental da Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo. Rua Melastomáceas, 54 – CEP: 11.900-000 - Registro – SP - Brasil. e-mail: anaeliza@ambiente.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

A criação de peixes em tanques-rede vem se destacando nos últimos anos no Brasil. Segundo AYROZA (2009), as principais vantagens desse sistema produtivo, comparativamente ao semi-intensivo (viveiros escavados), é a menor variação das variáveis físicas e químicas da água, maior facilidade de retirada dos peixes para venda (despesca), menor investimento inicial (60 a 70% menor do que viveiros escavados), facilidade de movimentação e realocação dos peixes, intensificação da produção, facilidade de observação e redução do manuseio dos peixes e diminuição dos custos devido à menor incidência de doenças.

Como desvantagens observam-se necessidade de fluxo constante de água através das redes, dependência total do sistema de arraçoamento, risco de incrustação e rompimento da tela da gaiola, com perda da produção e possibilidade de introdução de doenças e/ou peixes no ambiente, prejudicando a população natural, acúmulo de fezes e metabólitos sob os tanques rede, promovendo impacto ambiental (BEVERIDGE *et al.*, 1994; BORGHETTI e CANZI, 1993; SCHMITTOU, 1993; SILVA e SIQUEIRA, 1997; ONO e KUBITZA, 2003; CYRINO e CONTE, 2006; EL-SAYED, 2006).

CYRINO E CONTE (2006) afirmam que os locais adequados para a instalação dos tanques rede devem apresentar o mínimo possível de eutrofização da água, que pode ser avaliada de maneira simples utilizando-se o disco de Secchi. Segundo BOYD (1990), se a transparência da água for maior que 200 cm, pode-se esperar produtividade acima de 200 kg m⁻³. Ainda de acordo com CYRINO E CONTE (2006), a principal variável limnológica para o crescimento e desempenho dos peixes em criação intensiva é o oxigênio dissolvido, cuja concentração deve ser superior a 3,0 mg de O₂D L⁻¹ para a tilápia-do-nylo.

Além dessas, outras variáveis físicas e químicas da água devem ser monitoradas na área de tanques-rede, de acordo com COLT E MONTGOMERY (1991) e BUTTNER (1992), como pH, temperatura, condutividade, nitrogênio total, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, resíduo total e coliforme fecais. O manejo correto da qualidade da água é

fundamental para o sucesso de qualquer empreendimento na piscicultura (CYRINO e CONTE, 2006).

Este trabalho teve como objetivo caracterizar as condições físicas e químicas da água em uma represa rural onde foram implantados tanques rede para criação de tilápia-do-nylo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em Pariquera-Açú (latitude 24° 43' 14" S e longitude 47° 52' 43" O), no setor de Piscicultura do Pólo Regional do Vale do Ribeira - APTA/SAA (SP), durante o período de 01 de fevereiro a 01 de setembro de 2009. Foram realizadas coletas mensais de água na represa rural de 2,7 hectares, com profundidade média de 5 metros, onde foram instalados 20 tanques rede de 4 m³ na densidade de estocagem de 150 peixes m⁻³, com peso inicial de 20 ± 2 g. Diariamente, foi observado o índice de mortalidade, por meio da contagem de peixes mortos encontrados na superfície da coluna d'água, e ao final do período de criação, por meio da contagem total do número de peixes por tanque rede. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, durante seis dias por semana, com ração comercial com 32% de proteína bruta, sendo a quantidade fornecida corrigida mensalmente após biometrias. Inicialmente foi utilizada a taxa de alimentação de 5% da biomassa ao dia, com reajuste conforme observação do comportamento alimentar dos peixes. Foi despesado, após 8 meses de criação, um total de 3.107 Kg de peixe e utilizou-se, para esta produção, o total de 4.622 Kg de ração, com uma conversão alimentar de 1.5.

Para determinar a qualidade da água da represa rural, foram demarcados cinco pontos de coleta de água: abastecimento, área de criação, sendo dividido em três pontos (10 cm, 70 cm e 150 cm de profundidade), com objetivo de se avaliar a estratificação térmica, e efluente (Figura 1). Foram realizadas três coletas mensais antes da introdução dos peixes nos tanques (novembro de 2008 a janeiro de 2009), durante a criação de 8 meses (fevereiro a setembro de 2009) e três meses após a despesca total (outubro a dezembro de 2009), totalizando 14 meses de coleta. As coletas foram realizadas às 9:00 horas, nas quais foram medidos, em campo, os valores de oxigênio

dissolvido ($\text{mg O}_2\text{D L}^{-1}$) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), utilizando-se oxímetro digital YSI 550 A, e transparência da água (cm), por meio de Disco de Secchi. Amostras de água foram coletadas com auxílio de garrafa de Van Dorn para determinação, em laboratório, da alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3\text{ L}^{-1}$), por meio de titulação com ácido forte (GOLTERMAN *et al.*, 1978); potencial hidrogeniônico, com medidor de pH digital HANNA -21; e condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), utilizando-se condutivímetro de bancada ADAMO C-150. Para determinação da concentração de nutrientes dissolvidos, parte das amostras foi filtrada em membrana do tipo GF/C

Whatman (0,45 μm de porosidade, 47 mm de diâmetro), sendo posteriormente, congeladas para análise das concentrações de: nitrogênio amoniacal total (mg L^{-1}) (KOROLEFF, 1976), nitrato e nitrito (mg L^{-1}) (MACKERETH *et al.*, 1978), ortofosfato (GOLTERMAN *et al.*, 1978) (mg L^{-1}), material em suspensão (mg L^{-1}) (MUDROCH e MACKNIGHT, 1991) e clorofila *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) (NUSCH, 1980 e MARKER *et al.*, 1980). Amostras de água não filtradas também foram congeladas para posterior determinação de fósforo total (mg L^{-1}) (GOLTERMAN *et al.*, 1978) e nitrogênio total (mg L^{-1}) (MACKERETH *et al.*, 1978).



Figura 1. Imagem de satélite (modificada) da represa, com destaque dos pontos de coleta na área de criação em tanques-rede (Fonte: <www.maps.google.com.br> Acesso em 14 jan. 2008)

Com os dados de transparência (S), em metros (m), clorofila *a* (CL) em $\mu\text{g L}^{-1}$, fósforo total (P) em $\mu\text{g L}^{-1}$ e fosfato inorgânico (PO_4) em $\mu\text{g L}^{-1}$, foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET), introduzido por Carlson, modificado por TOLEDO *et al.* (1983), utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{IET (S): } 10 [6 - 0,64 + \ln S / \ln 2];$$

$$\text{IET (Cl): } 10 [6 - 2,04 - 0,695 * \ln (\text{Cl}) / \ln 2];$$

$$\text{IET (P): } 10 [6 - \ln (80,32 / (\text{P}) / \ln 2];$$

$$\text{IET (PO}_4\text{): } 10 [6 - \ln (21,67 / \text{PO}_4) / \ln 2]$$

Entretanto, de acordo com TOLEDO *et al.* (1983), a profundidade do disco de Secchi é muito afetada pela elevada turvação dos reservatórios na maior parte do ano. Assim, para controlar este problema, seguiu-se a sugestão dos autores de ponderar o IET médio, de forma a dar menor peso à variável transparência da água, da seguinte forma:

IET (médio): $IET (S) = 2 \times [IET (P) + IET (PO_4) + IET (Cl)] / 7$

Diariamente, também foi observada a temperatura máxima e mínima da água, no período de 24 h, obtidas com um termômetro de máxima e mínima, instalado a 40 cm de profundidade na área da instalação dos tanques-rede.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de oxigênio dissolvido durante as três fases do experimento, antes da estocagem dos peixes, durante a criação e após a despesca, não estão numericamente distantes (Figura 2). De novembro de 2008 a janeiro de 2009, a média observada foi de $7,0 \pm 1,5 \text{ mg L}^{-1}$, de fevereiro a setembro de 2009 foi de $6,8 \pm 1,7 \text{ mg L}^{-1}$,

e de outubro a dezembro de 2009 foi de $7,3 \pm 1,7 \text{ mg L}^{-1}$. No ponto de coleta de 150 cm, os valores observados nos meses de dezembro de 2008 a março de 2009 foram mais baixos, porém dentro dos níveis toleráveis para vida aquática de $4,3 \pm 2,1 \text{ mg L}^{-1}$. Segundo VINATEA (2004), esses valores são considerados ideais para um bom desenvolvimento da ictiofauna e dos demais organismos do ecossistema aquático. De acordo com KUBITZA (2007), o produtor deve assegurar um nível de oxigênio de pelo menos 3 a 4 mg L^{-1} , pela manhã, no interior do tanque rede, de forma a manter um adequado desempenho dos peixes.

No presente estudo, de maneira geral, a água de abastecimento apresentou maiores níveis de oxigênio, enquanto que a água coletada no ponto a 150 cm de profundidade apresentou os menores.

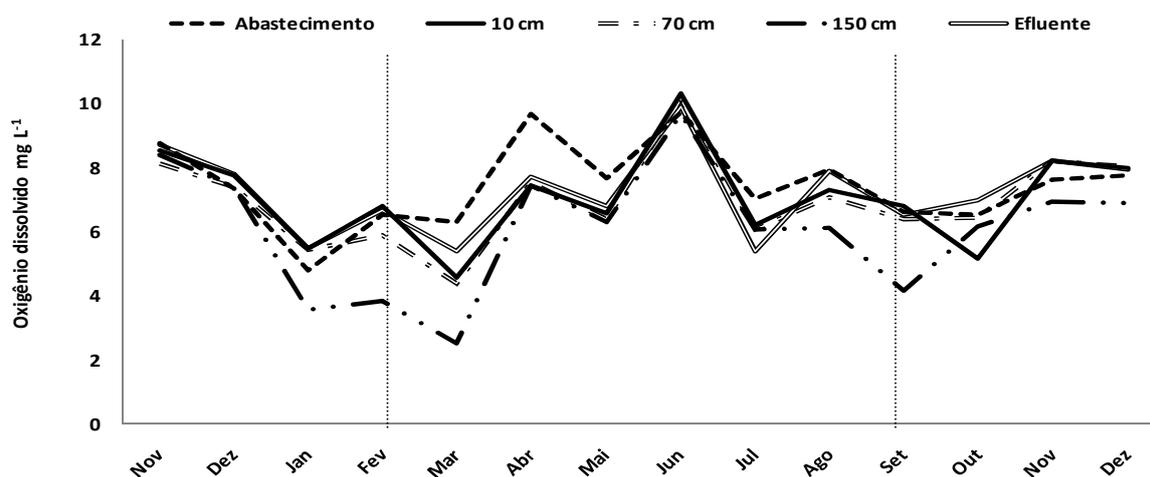


Figura 2. Nível de oxigênio dissolvido ($\text{mg O}_2\text{D L}^{-1}$) na água nos cinco pontos de coleta na represa com tanques-rede instalados, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representam o período de criação de peixes)

A temperatura é um dos principais limitantes dos vários processos biológicos, desde a velocidade de simples reações químicas, até a distribuição ecológica das espécies animais (ESTEVES, 1988). Durante a quarta e quinta semana do mês de fevereiro de 2008, na área do estudo, foi observada elevação da temperatura da água (Figura 3), atingindo valores de $32 \text{ }^\circ\text{C}$ durante uma semana, o que ocasionou um estresse agudo e elevada mortalidade dos peixes. Essa alta temperatura também refletiu diretamente na falta de apetite dos animais, e por segurança, o fornecimento de ração foi suspenso

por uma semana. Nos meses de junho a agosto, ou seja, da semana 18 a 29 de experimento, foram observadas temperaturas abaixo de $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

De acordo com a literatura, abaixo dessa temperatura, os animais perdem o apetite. Entretanto, neste experimento, isso não foi observado, porém foi observada queda no crescimento. Segundo CARNEIRO (1990), as mudanças na temperatura da água alteram a exigência nutricional dos peixes, determinada pelo acréscimo ou decréscimo nas taxas de crescimento, na atividade e, conseqüentemente, no consumo de oxigênio. A temperatura ideal para

um melhor desempenho produtivo em peixes, segundo COWEY (1979), deve ser aquela na qual é

máxima a assimilação da energia exigida para manutenção e crescimento.

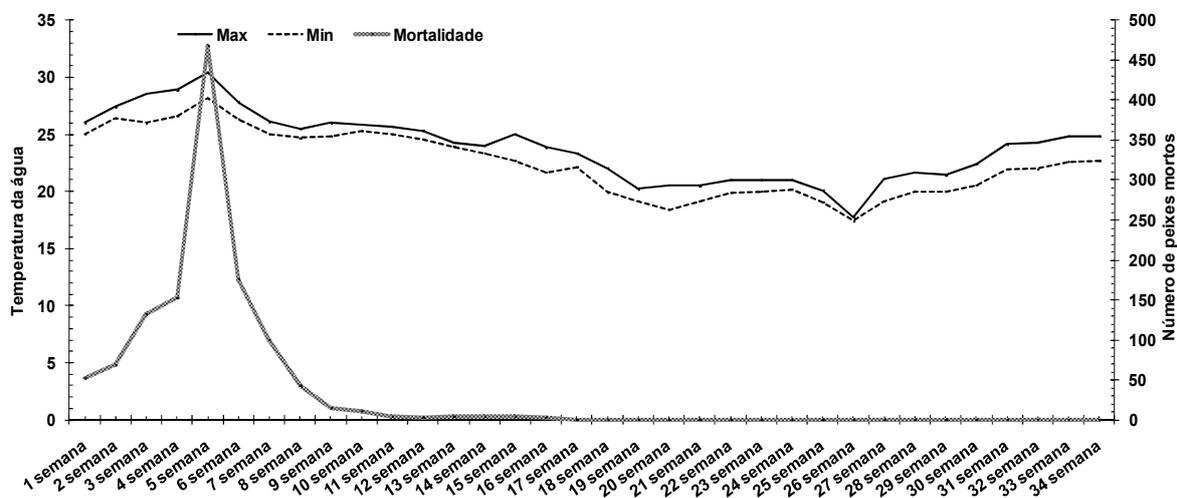


Figura 3. Temperatura da água (°C) na represa, com tanques-rede instalados, no período de fevereiro a setembro de 2009 (período de criação de peixes)

Pode se observar que, mesmo ocorrendo esta variação de temperatura ao longo dos oito meses, como mostra a Figura 3, os peixes criados em tanques-rede tiveram um potencial de crescimento considerado bom quando a temperatura da água lhes possibilitou explorar ao máximo todas as condições propícias para bom desenvolvimento animal, como água de boa qualidade e na temperatura de conforto,

alimento de boa qualidade e quantidade certa, e densidade populacional correta. Portanto, no período que compreendeu a décima oitava e a vigésima nona semana, as condições da água foram propícias, entretanto, a temperatura da água abaixo de 20° C fez com que os peixes assimilassem a energia exigida apenas para manutenção, e não para crescimento, como mostra a Figura 4.

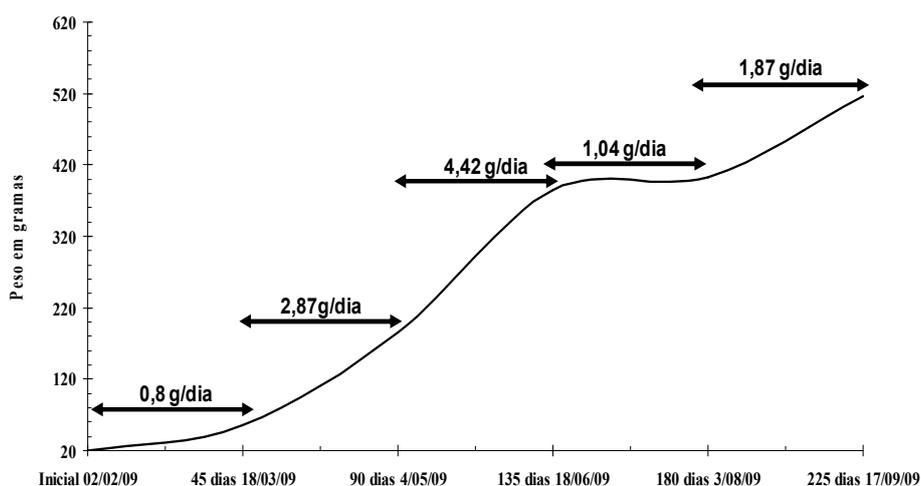


Figura 4. Taxa de crescimento específico, em g dia⁻¹, durante toda fase de criação das tilápias em tanques-rede em represa rural

O pH é um parâmetro importante no ecossistema aquático, pois é capaz de determinar a dissolução, precipitação, oxidação, redução de várias substâncias e sobre o metabolismo dos organismos aquáticos (BOURG e LOCH, 1995; GILL, 1996; WEINER, 2000). Durante os meses de coleta, os valores observados apresentaram pequenas variações, de alcalino para neutro e vice-versa. Entretanto, a média dos pontos de coleta foi muito próxima (Tabela 1), mantendo-se dentro dos valores normais para desenvolvimento da vida aquática BOYD, 1990.

Tabela 1. Valores médios (\pm desvio padrão) do potencial hidrogeniônico e da alcalinidade total nos cinco pontos de coleta na represa com tanques-rede instalados, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009

Pontos de coleta	pH	Alcalinidade total (mg CaCO ₃ L ⁻¹)
Abastecimento	6,61 \pm 0,57	93,57 \pm 57,4
10 cm	6,44 \pm 0,52	96,75 \pm 53,8
70 cm	6,44 \pm 0,45	91,25 \pm 53,6
150 cm	6,41 \pm 0,43	89,50 \pm 53,6
Efluente	6,39 \pm 0,41	99,50 \pm 50,90

Quanto aos valores de alcalinidade, a USEPA (1997) recomenda uma alcalinidade mínima de 20 mg CaCO₃ L⁻¹, pois águas que apresentam valor abaixo têm baixo poder tampão. Durante as três primeiras coletas de 2009, a variação foi mínima entre os pontos, com valores médios de 24,3 \pm 3,41

mg CaCO₃ L⁻¹. Contudo, nos oito meses de criação foram observados aumentos nos valores de alcalinidade média total em todos os pontos de coleta (Tabela 1).

Esta elevação durante a fase de criação pode ser explicada pela mudança no manejo da represa, com altos níveis de arraçamento e alta densidade de estocagem. Isto provavelmente ocasionou o acúmulo de íons oriundos da mineralização dos restos de ração e das excretas dos peixes, os quais contribuíram com o aumento dos valores de alcalinidade, como foi observado por VERANI (1987) e FROSSARD (1993). Entretanto, os valores observados não ultrapassaram os limites recomendados pela literatura de 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (KUBITZA, 1999).

Após a despesca total dos peixes, durante os três meses seguintes, o valor médio para todos os pontos da represa foi de 41,1 \pm 7,3 mg CaCO₃ L⁻¹.

Em relação à transparência da água, pode-se observar, na Figura 5, que ocorreu uma pequena oscilação na área de criação em tanques rede. Este fato pode ser atribuído ao número excessivo de chuvas, principalmente em fevereiro, quando foram registradas chuvas concentradas e duas enchentes no município de Pariquera-Açu. Provavelmente, devido ao grande volume de água, ocorreu o carreamento, para fora da represa, da comunidade fitoplanctônica e de material particulado suspenso, elementos que interferem diretamente na turbidez da água.

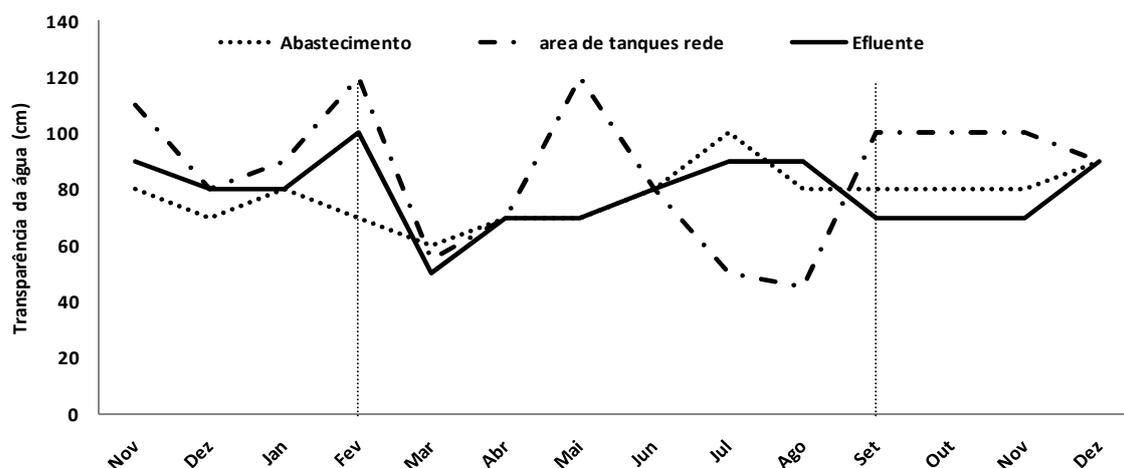


Figura 5. Transparência da água (cm), nos três pontos de coleta da represa com tanques-rede instalados, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

Já em março, observou-se uma queda nos valores de transparência, que pode ser devido ao início da criação de peixes, que contribuiu com o aporte de matéria orgânica (ração, fezes e excrementos) no ambiente e, conseqüentemente, com o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica e material particulado suspenso.

Entretanto, no mês de maio, com a continuidade das chuvas (Figura 6), esses materiais foram novamente carregados, e com o término do período chuvoso e intensificação da criação de peixes, a transparência da água teve nova queda, se estabilizando próxima aos padrões normais da represa, ou seja, em torno de 100 cm.

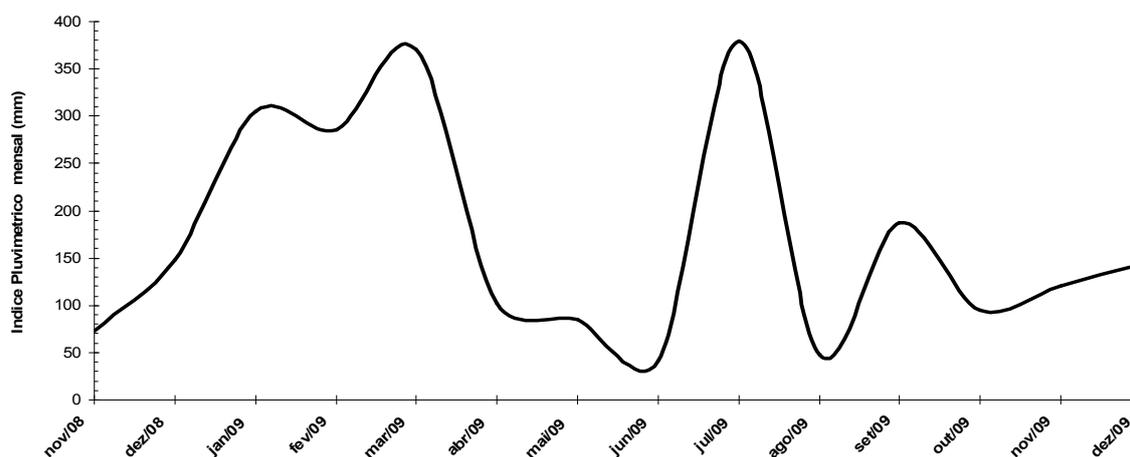


Figura 6. Índice pluviométrico mensal (mm) na área de tanques-rede, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009

No mês de março, pode-se observar um pico nos valores do material em suspensão (Figura 7), substâncias inorgânicas e orgânicas incluindo organismos planctônicos. Isto ocorreu provavelmente devido ao início da criação de peixes, com o aporte de matéria orgânica (ração,

fezes e excrementos) no ambiente e conseqüente desenvolvimento do plâncton e aumento do material particulado. Entretanto os valores observados durante o período experimental estiveram abaixo do recomendado para criação de peixes de $2,0 \text{ g L}^{-1}$.

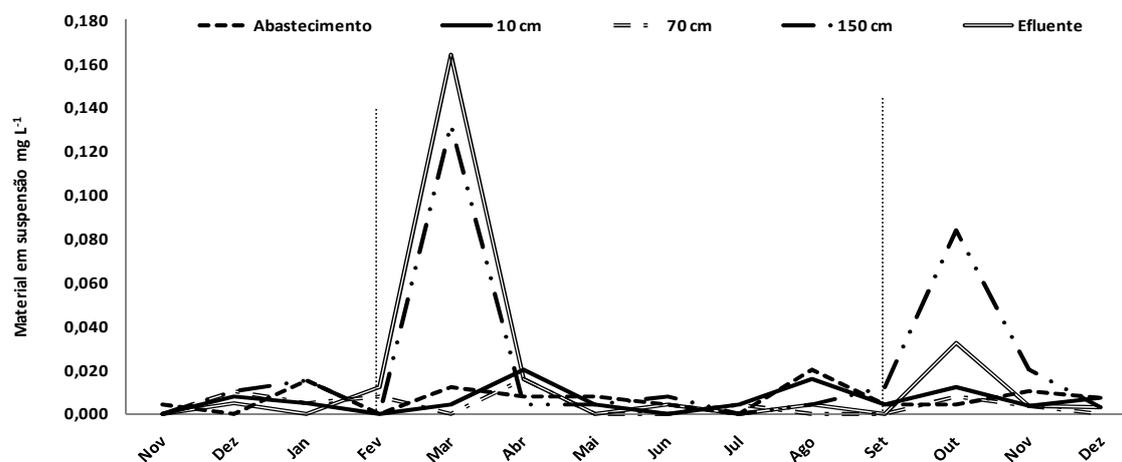


Figura 7. Material em suspensão (mg L^{-1}) nos cinco pontos de coleta na área de tanques-rede no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

Em relação à condutividade elétrica, pode-se observar, na Figura 8, que estes valores não se alteram ao longo dos 14 meses de experimento.

Na Figura 9, estão representados os valores de nitrogênio total da água nos diferentes pontos de coleta.

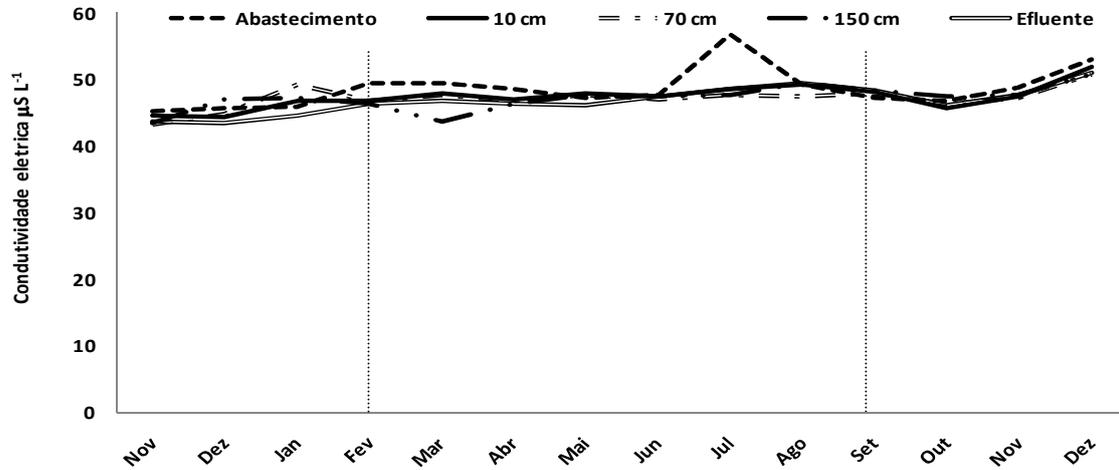


Figura 8. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), nos cinco pontos de coleta da represa, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

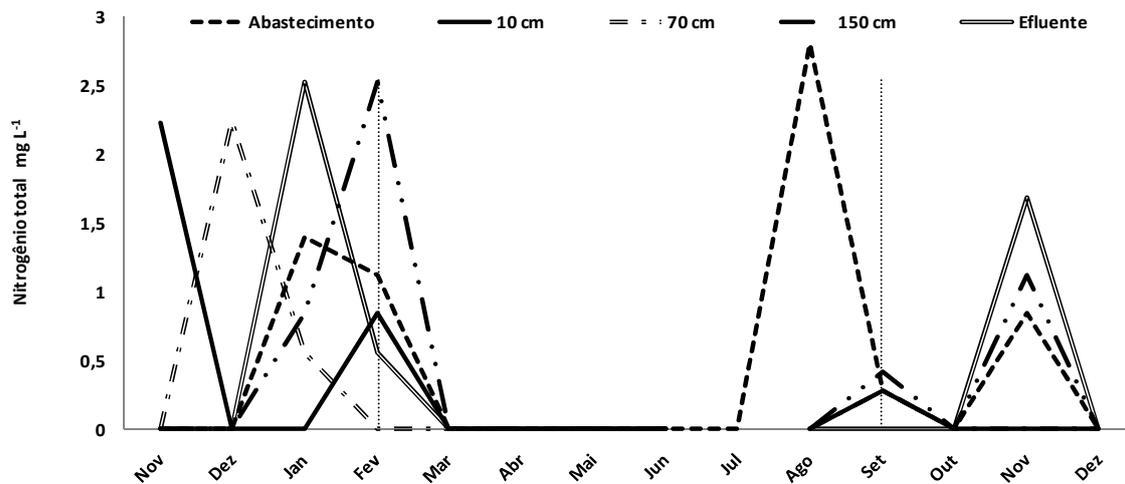


Figura 9. Nitrogênio total (mg L^{-1}) nos cinco pontos de coleta da represa, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

De maneira geral, foram observados valores abaixo de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ao longo do período experimental, sendo que apenas em janeiro e fevereiro observaram-se quatro pontos acima deste valor, e em novembro, três pontos. Entretanto, a água de abastecimento também apresentou elevação do nitrogênio total nesses meses mais críticos e também em agosto, o que leva a atribuir as elevações do nitrogênio às fontes externas à criação, podendo estar relacionado ao

excesso de chuvas, que pode ter carreado solo das áreas agrícolas próximas.

Para os valores de nitrogênio amoniacal total (Figura 10), embora tenha se observado aumento de suas concentrações com a implantação da criação de peixes em tanque-rede durante o período experimental, não foram observados valores acima do recomendado para um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos, com base nos valores limites propostos pela

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, na tabela II classe 1 - água doce, o qual relata os padrões para corpos d'água onde haja pesca e criação de organismos para fins

de consumo (BRASIL, 2005). Como o pH sempre ficou abaixo ou igual a 7,5, o valor máximo permitido para nitrogênio amoniaco total é de $13,3 \text{ mg L}^{-1}$.

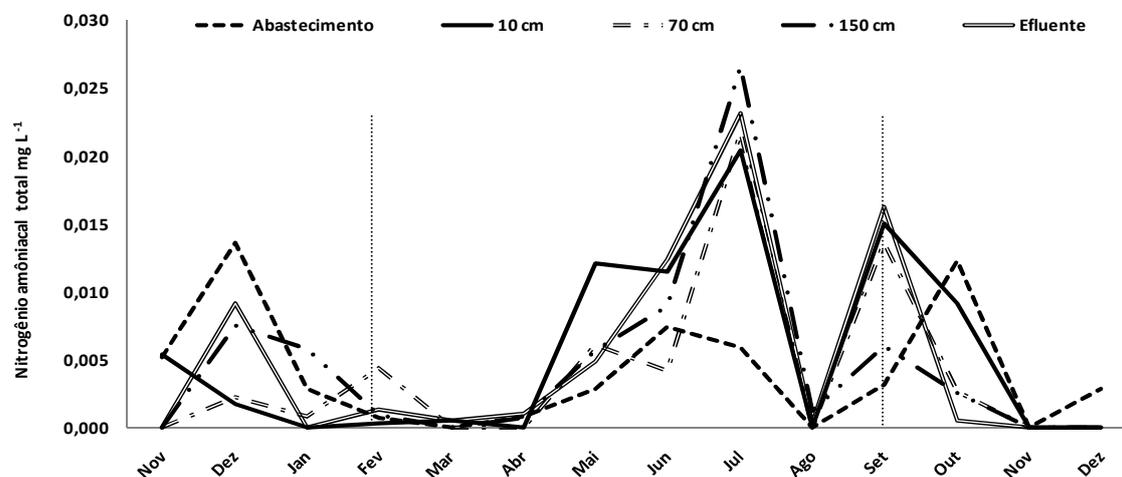


Figura 10. Nitrogênio amoniaco total (mg L^{-1}) nos cinco pontos de coleta da represa, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

O nitrito pode ser estressante para os peixes na concentração de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$; com uma concentração de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, o sangue pode adquirir uma cor chocolate, conhecida como doença do sangue marrom, que mata os peixes por asfixia (KUBITZA, 1999). De acordo com PROENÇA e BITTENCOURT (1994), recomenda-se que o nível de nitrito não exceda $0,15 \text{ mg L}^{-1}$.

Analisando os dados da Figura 11, pode-se observar que houve uma pequena alteração para o nitrito nos meses de março e abril, após o primeiro mês de alimentação dos 12.000 peixes estocados. A média para o nitrito foi de $0,03 \text{ mg L}^{-1}$, para todos os pontos de coleta. Após esta fase de adaptação, os valores abaixaram e não ultrapassaram $0,01 \text{ mg L}^{-1}$. Entretanto, além da contribuição da criação no aumento do nitrito, também observamos que a água de abastecimento pode ter contribuído com os valores obtidos, já que os valores para este ponto também se elevaram.

Para o nitrato, conforme COLT e ARMSTRONG (1981, apud VINATEA, 2004), a concentração letal para a maioria dos animais aquáticos varia entre 1.000 e 3.000 mg L^{-1} . Embora

tenha se observado um incremento nas concentrações de nitrato ao longo do período de criação (Figura 12), os valores foram quase desprezíveis para afetar os peixes criados nos tanques rede.

Segundo LAZZARI e BALDISSEROTO (2008), os compostos nitrogenados e fosforados são os principais produtos de excreção dos peixes, e ambos podem afetar, não só a água de criação, como o ambiente como um todo. A produção de resíduos metabólicos de N e P pelos peixes é determinada por diversos fatores endógenos e exógenos, como genética, idade, tamanho, ambiente de criação e dieta.

De acordo com KUBITZA (2000), o ortofosfato é a principal forma de fósforo inorgânico assimilado pelo fitoplâncton, estando sua concentração em água de criação de peixes em torno de $0,005$ a $0,020 \text{ mg L}^{-1}$, raramente atingindo valores acima de $0,100 \text{ mg L}^{-1}$. Nos quatorze meses de experimento, os valores obtidos nos cinco pontos de coleta (Figura 13) podem ser classificados como ótimos para os sistemas de piscicultura em tanques-rede, que são abaixo de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ segundo BOYD e TUCKER (1998).

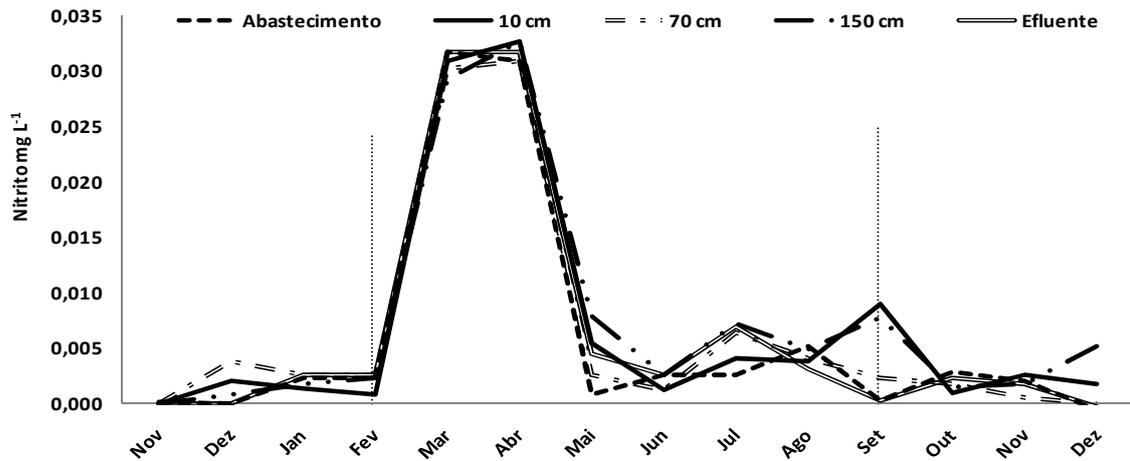


Figura 11. Nitrito (mg L^{-1}) nos cinco pontos de coleta da represa, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

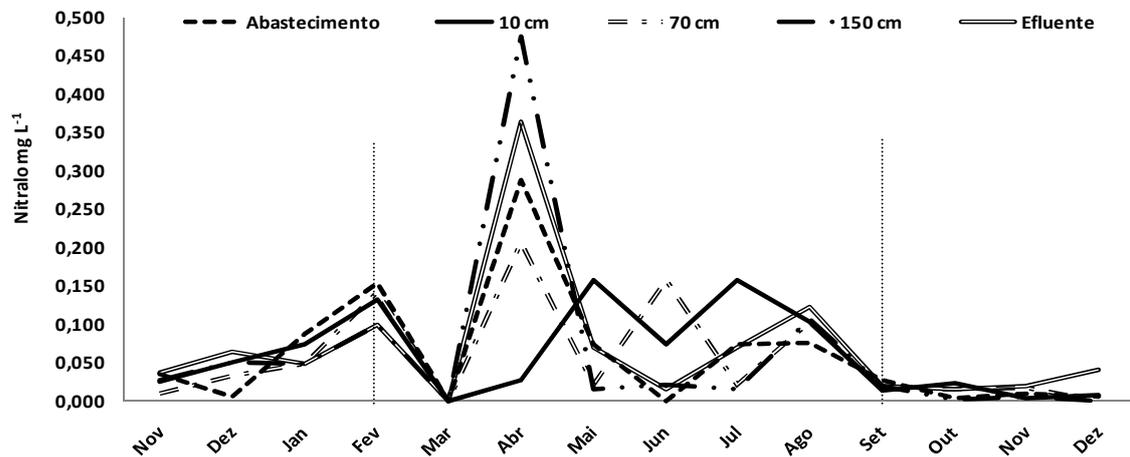


Figura 12. Nitrato (mg L^{-1}) nos cinco pontos de coleta da represa no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

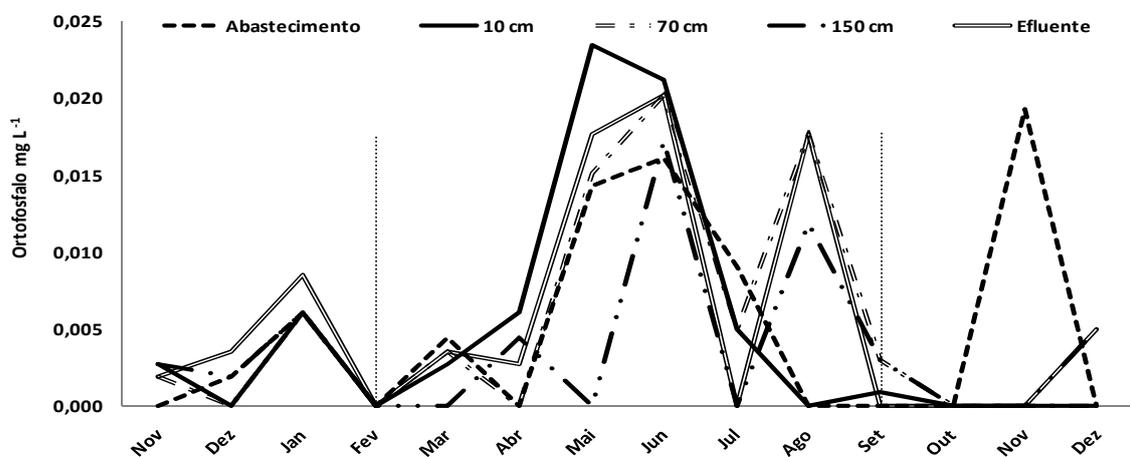


Figura 13. Ortofosfato (mg L^{-1}) nos cinco pontos de coleta da represa, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

Para o fósforo total (Figura 14), de maneira geral, os valores observados estavam próximos ou abaixo de $0,020 \text{ mg L}^{-1}$, valor máximo proposto pela RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 para ambientes lênticos - classe II (BRASIL, 2005). Apenas no mês de agosto os valores aumentaram, ficando próximos a $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ nos pontos 70 cm, 150 cm e efluente. Esse aumento, provavelmente, ocorreu

devido à maior biomassa de peixes, acarretando maior quantidade de fezes, excrementos e sobras de ração sendo sedimentado na coluna d'água e carregado pelo efluente. Entretanto, de acordo com BOYD e TUCKER (1998), para um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos, as concentrações de fósforo total nos sistemas de piscicultura devem ser menores que $0,5 \text{ mg L}^{-1}$.

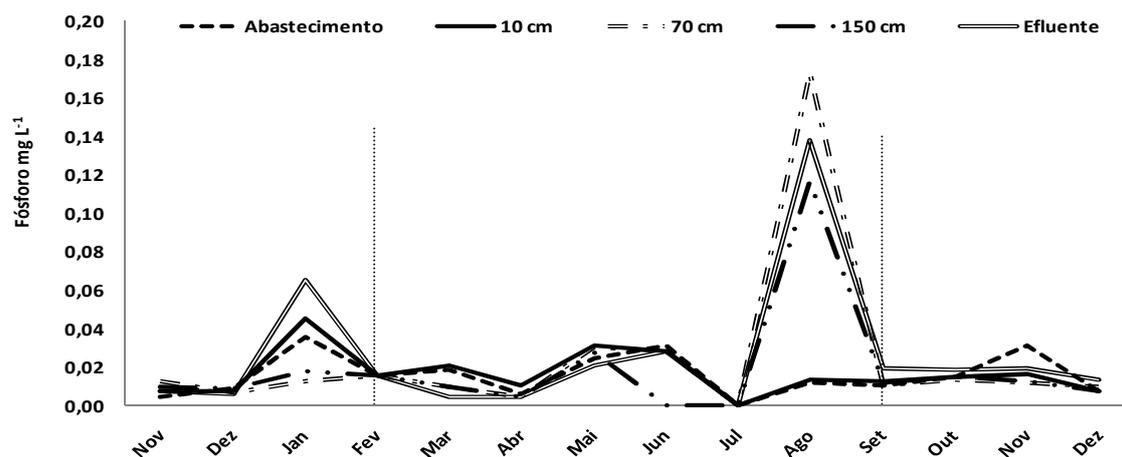


Figura 14. Fósforo total (mg L^{-1}) nos cinco pontos de coleta da represa, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

A clorofila *a* é um indicador da biomassa de algas; desta forma, é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos, estando intimamente ligada às medidas de transparência e turbidez. Segundo MATSUZAKI *et al.* (2004), o manejo inadequado em piscicultura geralmente acelera o processo de eutrofização, deteriorando a qualidade da água, principalmente pela administração de altas doses de ração e pela fertilização.

Pode-se observar, na Figura 15, que os valores de clorofila *a* ultrapassaram $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$ apenas na coleta na área de criação a 70 cm, no mês de junho. Os valores obtidos em todos os pontos durante o experimento ficaram bem abaixo dos descritos no artigo 15 da resolução CONAMA N° 357 para classe 2 de água doce, que determina os valores máximos para clorofila até $30 \mu\text{g L}^{-1}$ (BRASIL, 2005).

Esses resultados mostram que as boas práticas de manejo zootécnico interferem diretamente na

qualidade da água, pois a subalimentação piora o desempenho sem comprometer a qualidade da água, enquanto o excesso de ração pode comprometer o desempenho de forma direta, piorando a conversão alimentar e, indiretamente, a redução na qualidade da água (FURUYA, 2007).

De acordo com Índice de Estado Trófico (IET) e a sua classificação numérica, segundo CARLSON (1977), modificada por TOLEDO *et al.*, (1983) que classifica os ambientes como: oligotrófico ≤ 44 , mesotrófico de 44–54, eutrófico de 54–74 e hipereutrófico > 74 , a represa rural avaliada neste estudo pode ser classificada como um ambiente mesotrófico, com valor médio de 49.

Desta forma, mesmo havendo intervenção humana por meio da introdução da prática zootécnica de piscicultura intensiva em tanques rede, houve um enriquecimento moderado dos nutrientes, o mesmo acontecendo com a comunidade planctônica, o que não afetou o estado trófico da represa.

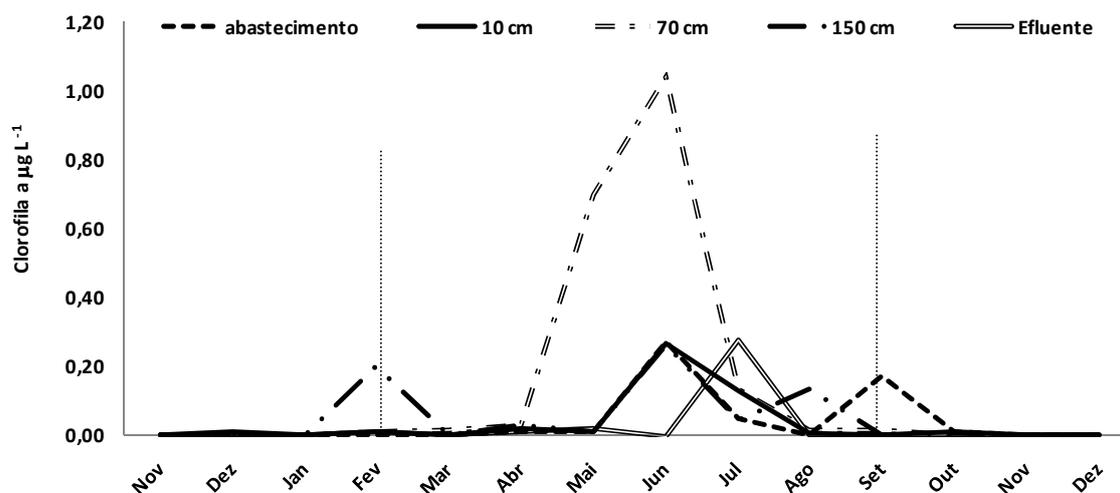


Figura 15. Clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$) nos cinco pontos de coleta da represa, no período de novembro de 2008 a dezembro de 2009 (meses entre linhas pontilhadas representa o período de criação de peixes)

CONCLUSÃO

Concluimos que a criação de tilápias em tanques-rede não comprometeu a qualidade da água do reservatório rural. Entretanto, boas práticas zootécnicas e o monitoramento ambiental devem ser seguidos para uma criação de peixes sustentável de acordo com a resolução CONAMA.

AGRADECIMENTOS

Aos técnicos do Pólo Regional do Vale do Ribeira do Setor de Piscicultura Edilberto Rufino de Almeida e Benedito.

REFERÊNCIAS

- AYROZA, L.M.S. 2009 *Criação de Tilápia-do-Nilo, Oreochromis niloticus, em Tanques-rede, na Usina Hidrelétrica de Chavantes, Rio Paranapanema, SP, Jaboticabal.* 98p. (Tese de doutorado. Centro de Aquicultura da UNESP). BEVERIDGE, M.C.M.; ROSS, L.G.; KELLY, L.A. 1994 Aquaculture and biodiversity. *Ambio*, 23(8): 497-498.
- BORGHETTI, J.R. e CANZI, C. 1993 The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. *Aquaculture*, Amsterdam, 114: 93-101.
- BOURG, A.C.M. e LOCH J.P.G. 1995 Mobilization of heavy metals as affected by pH and redox conditions. In: SALOMONS, W. e STIGLIANI,

W.M. (Eds) *Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments: risk assessment of delayed and non-linear responses.* Springer, Germany. p.87-102.

- BOYD, C.E. 1990 *Water Quality in Ponds for Aquaculture.* Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 482p.
- BOYD, C.E. e TUCKER, C.S. 1998 *Pond Aquaculture Water Quality Management.* Boston: Kluwer Academic. 700p.
- BRASIL. CONAMA 2005 Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Publicação DOU.: 18/03/2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em: 05 dez. 2010.
- BUTTNER, J.K. 1992 Cage culture of black bulhead. *Aquaculture Magazine*, Little Rock, 18(13): 55-65.
- CARNEIRO, D.J. 1990 *Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, Piaractus mesopotamicus (HOLMBERG, 1887).* São Carlos, SP: USFCAR. 55p. (Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de São Carlos).
- CARLSON, R.E. 1977 A trophic state index for lakes. *Limnological and Oceanographic*, 22(2): 261-269.
- COLT, J. e MONTGOMERY, J.M. 1991 Aquaculture production systems. *Journal of Animal Science*, EUA, 69: 4183- 4192.

- COWEY, C.B. 1979 Exigências de proteína e aminoácidos pelos peixes. In: *Fundamentos de nutrição de peixes*. Piracicaba, Livroceres Ltda. p.32-47.
- CYRINO, J.E. e CONTE, L. 2006 Tilapicultura em gaiolas: produção e economia. In: CYRINO, E.P. e URBINATI, E.C. (Eds.). *AquaCiência 2004: Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aqüicultura*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, cap.12, p.151-171.
- EL-SAYED, A.F.M. 2006 *Tilapia Culture. Intensive Culture*, London, cap.5, p.70-94.
- ESTEVES, F.A. 1988 *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP. 575p.
- FROSSARD, H. 1993 *Fatores limnológicos limitantes ao desenvolvimento do pacu, Piaractus mesopotamicus, em experimentos de cultivo semi-intensivo*. São Carlos: USFCar, 59p. (Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos).
- FURUYA, W.M. 2007 Redução do impacto ambiental por meio da ração. In: SEMINÁRIO DE AVES E SUÍNOS - AVESUL, 7. SEMINÁRIO DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, 3., Belo Horizonte, 15- 17/abr./2007. *Anais...* Belo Horizonte. p.121-139.
- GILL R. 1996 *Chemical fundamentals of geology*. 2ª Ed. London: Chapman & Hall. 298p.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. 1978 *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. London: IBP, Blackwell Science. Public. 213p.
- KOROLEFF, F. 1976 *Determination of nutrients*. In: GRASSHOFF, K. (ed) *Methods of seawater Analysis*. Verlag Chemie Weinhein. p.117-181.
- KUBITZA, F. 1999 *Qualidade da água na produção de peixes*. Esalq-USP. Jundiaí. 97p.
- KUBITZA, F. 2000 *Tilápia: Tecnologia e Planejamento na produção de Comercial*. Jundiaí. 285p.
- KUBITZA, F. 2007 Tanques rede em açudes particulares: oportunidade e atenções especiais. *Revista Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, 2: 14-21.
- LAZZARI, R. e BALDISSEROTO, B. 2008 Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 34(4): 591-600.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. 1978 *Water Analyses*. London: Freshwater Biological Association. 120p.
- MARKER, F.H.; NUSCH, E.A.; RAI, H. 1980 The measurement of photosynthetic pigments in freshwater and standartization of methods: conclusions and recommendations. *Archive Hydrobiologie*, Stuttgart, 14: 91-106.
- MATSUZAKI, M.; MUCCI, J.J.N.; ROCHA, A.A. 2004 Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, 38(5): 679-686.
- MUDROCH, A. e MACKNIGHT, S.D. 1991 *CRC Handbooks of techniques for aquatic sediments sampling*. CRC Press Inc. 210p.
- NUSCH, E.A. 1980 Comparison of different methods for Chlorophyll and phalopigments determination. *Archiv Hydrobiologie*, 14: 14-36.
- ONO, E.A. e KUBITZA, F. 2003 *Cultivo de peixes em tanques-rede*. 3ª ed. Jundiaí. 112p.
- PROENÇA, C.E.M. de e BITTENCOURT, P.R.L. 1994 *Manual de Piscicultura tropical*. Brasília: IBAMA. 196p.
- SCHMITTOU, H.R. 1993 *High density fish culture in low volume cages*. Singapore: American Soybean Association. 78p.
- SILVA, A.L.N. da e SIQUEIRA, A.T. 1997 *Piscicultura em tanques-rede: princípios básicos*. Recife: SUDENE:UFRPE - Imprensa Universitária. 72p.
- TOLEDO, AP.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, EG. 1983 A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 12., 20-25/nov./1983, Camburiu. *Anais...* CETESB, p.1-34.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) 1997 Monitoring water quality. Volunteer stream monitoring: a methods manual. *Office of Water* 4503F. EPA 841 B 97- 003. The following contributed to the Virginia Citizen Water Quality Monitoring Program.
- VERANI, J.R. 1987 *Análise quantitativa aplicada em experimentos de cultivo intensivo e semi-intensivo do curimatá, Prochilodus scrofa*, STEINDACHNER,

1818 (*Characiformes - Prochilodontidae*). São Carlos. 151p. (Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos).

VINATEA, L.A. 2004 *Princípios Químicos de Qualidade da Água em Aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões*. 2ª ed. UFSC, Florianópolis, SC. 231p.

WEINER, E.R. 2000 *Applications of environmental chemistry: a practical guide for environmental professionals*. Florida: CRC Press, Lewis Publishers. 288p.