

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA-UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP-CAUNESP**

**MONITORAMENTO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DA ÁGUA E TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO DE
TRIPTON NO CÓRREGO DA ARRIBADA (BAIXO TIETÊ-SP)
RELACIONADAS À PISCICULTURA EM TANQUES-REDE**

**Rachel Cristina Prehl Alves
Bióloga**

**JABOTICABAL
SÃO PAULO
BRASIL
2006**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA-UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP-CAUNESP**

**MONITORAMENTO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DA ÁGUA E TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO DE
TRIPTON NO CÓRREGO DA ARRIBADA (BAIXO TIETÊ-SP)
RELACIONADAS À PISCICULTURA EM TANQUES-REDE**

Rachel Cristina Prehl Alves

Orientadora: Profa. Dra. Ana Eliza Baccarin Leonardo

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Centro de Aqüicultura da UNESP,
sediado no Campus de Jaboticabal,
como parte das exigências para
obtenção do título de Mestre em
Aqüicultura.

Jaboticabal – SP
Julho de 2006

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Rachel Cristina Prehl Alves - nascida no município de Assis-SP, em 29 de junho de 1978. Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2003) e mestre em Aqüicultura pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2006). Tem experiência na área de limnologia, com ênfase em biologia e manejo de sistemas aquáticos naturais relacionados à aqüicultura, atuando principalmente nos seguintes temas: monitoramento de recursos hídricos e impactos causados por piscicultura (em tanques-rede ou tanque escavado) e efluentes domésticos e industriais.

“Felicidade é ter o que fazer,
ter o que amar
e ter algo a esperar.”

Aristóteles

Dedico este trabalho

à minha família, em especial meus pais (João e Inez), por todo carinho, amor e apoio em todos os sentidos, que permitiram que esse objetivo fosse atingido;

ao Charles, que encontrei ao longo desse caminho, e desde então, tem feito a minha vida mais feliz;

e à todas as pessoas que lutam para alcançar seus sonhos.

Agradecimentos

À Profa. Dra. Ana Eliza Baccarin Leonardo, minha orientadora, que me proporcionou a oportunidade de trabalhar com o que realmente gosto e a chance de trabalhar com um tema tão importante e polêmico. Tarefa difícil, mas muito gratificante.

Ao Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo, por todas as vezes que precisei e tive ajuda, seja análises realizadas em seu laboratório ou pelas horas que lhe ocupei na tentativa de achar melhores caminhos para minha dissertação.

Ao Prof. Dr. Wagner Controni Valente, pelo encorajamento e auxílio na obtenção de dados importantes para esse trabalho.

Ao Prof. Dr. Gener Tadeu Pereira, pela estatística.

Ao Prof. Dr. Nilton Rojas, pela boa vontade e pelos bons conselhos.

Ao Luiz Ayroza, que já tinha me ajudado em minha monografia e agora voltei a encontrar. Pelo incentivo, pelas conversas e pelos dados, meus sinceros agradecimentos.

À Vivi e à Carol, por todos os momentos de estresse que viraram crises de risos, pelo apoio, companheirismo, e acima de tudo, amizade.

À Danielle pelo apoio, amizade e companheirismo. Muito obrigada!

Ao Donizete, pela boa companhia e por ter me levado por um ano para as coletas e às “plantações de picanha”.

À Auren e à Michele pelos churrascos.

À Raquelzinha e ao Zé Francisco, que me ensinaram muita coisa. Obrigada pelos favores, pela amizade e pelas risadas.

Ao Carlinhos, por toda ajuda e bom humor.

Aos amigos que fiz no CAUNESP durante o trabalho (Fabiana, Dani, Du, Lau, Michelle, Paty, Karina, Twin, Fabianinha, Elis, Cris, Milena...).

Ao Lu, Lina e Miguel, por sempre estarem por perto quando precisei, e me aturarem pacientemente nos piores momentos.

A todos aqueles que me ajudaram em coleta ou nas análises.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

E a todos aqueles que de alguma forma participaram ou me apoiaram neste trabalho, e que minha ingrata memória me deixou esquecer neste momento.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	v
PALAVRAS CHAVE.....	v
SUMMARY.....	vi
KEYWORDS.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
3.1 Descrição da área de estudo.....	7
3.2 Amostragem.....	9
3.3 Métodos.....	11
3.3.1 Coluna d'água.....	11
3.3.2 Sedimentação.....	11
3.4 Análise estatística.....	14
3.4.1 Coluna d'água.....	14
3.4.2 Taxas de sedimentação.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5 CONCLUSÕES.....	47
6 REFERÊNCIAS.....	48

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Localização do município de Zacarias-SP.....	7
Figura 2 - Localização da piscicultura (município de Zacarias-SP).....	8
Figura 3 - Visão lateral do trecho onde localiza se a piscicultura.....	9
Figura 4 - Localização dos pontos de coleta em relação à piscicultura.....	10
Figura 5 -Trapiche e tanques-rede com peixes em processo de aclimação.....	10
Figura 6 - Esquema de construção das câmaras de sedimentação.....	12
Figura 7 - Câmara de sedimentação (visão lateral).....	12
Figura 8 - Câmara de sedimentação (visão superior).....	12
Figura 9 - Gráfico de valores de temperatura da água a quatro metros de profundidade, dos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	19
Figura 10 - Gráfico de valores de saturação de oxigênio dissolvido (%) na água a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	21
Figura 11 - Gráfico de valores de concentração de oxigênio dissolvido na água a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	24
Figura 12 - Gráfico de valores de transparência da água dos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	26
Figura 13 - Gráfico de valores de pH da água a quatro metros de profundidade, dos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	29
Figura 14 - Gráfico dos valores de taxa de sedimentação de fósforo total a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	32
Figura 15 - Gráfico de valores de taxa de sedimentação de ortofosfato a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	36
Figura 16 - Gráfico de valores de taxa de sedimentação de nitrogênio amoniacal a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	37
Figura 17 - Gráfico de valores de taxa de sedimentação de nitrito a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	41
Figura 18 - Gráfico de valores de taxa de sedimentação de nitrato a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	43
Figura 19 - Gráfico de valores de taxa de sedimentação de material em suspensão a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	45

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Dados de produção (kg de peixe despescado/mês), de janeiro a dezembro de 2004.....	15
Tabela 2 - Valores de temperatura da água, nos diferentes pontos e profundidades, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	16
Tabela 3 - Média e desvio padrão de valores de temperatura da água dos sete pontos em um mesmo mês, em cada profundidade (superfície, dois e quatro metros) de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	16
Tabela 4 - Pluviosidade diária e total mensal na represa de Nova Avanhandava-SP, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	17
Tabela 5 - Valores de saturação de oxigênio dissolvido na água, nos diferentes pontos e profundidades, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	20
Tabela 6 - Média e desvio padrão de valores de saturação de oxigênio dissolvido na água dos sete pontos em um mesmo mês, em cada profundidade (superfície, dois e quatro metros) de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	20
Tabela 7 - Diferenças significativas dos valores de saturação de oxigênio dissolvido na água a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).....	21
Tabela 8 - Valores de concentração de oxigênio dissolvido na água, nos diferentes pontos e profundidades, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	23
Tabela 9 - Média e desvio padrão de valores de concentração de oxigênio dissolvido na água dos sete pontos em um mesmo mês, em cada profundidade (superfície, dois e quatro metros) de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	23
Tabela 10 - Diferenças significativas de concentração de oxigênio dissolvido na água a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004)...	24
Tabela 11 - Diferenças significativas de transparência da água entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004)...	26
Tabela 12 - Valores de pH da água, nos diferentes pontos e profundidades, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	28
Tabela 13 - Média e desvio padrão de valores de pH da água dos sete pontos em um mesmo mês, em cada profundidade (superfície, dois e quatro metros) de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	28
Tabela 14 - Diferenças significativas de pH da água a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).....	29

Tabela 15	- Valores de taxa de sedimentação de fósforo total nos sete pontos estudados, a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	31
Tabela 16	- Diferenças significativas de taxa de sedimentação de fósforo total a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).....	31
Tabela 17	- Valores de taxa de sedimentação de ortofosfato nos sete pontos estudados, a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	35
Tabela 18	- Diferenças significativas de taxa de sedimentação de ortofosfato a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).....	35
Tabela 19	- Valores de taxa de sedimentação nitrogênio amoniacal nos sete pontos estudados, a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	38
Tabela 20	- Diferenças significativas de taxa de sedimentação de nitrogênio amoniacal a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).....	38
Tabela 21	- Valores de taxa de sedimentação nitrito nos sete pontos estudados, a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	40
Tabela 22	- Diferenças significativas de taxa de sedimentação de nitrito a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).....	40
Tabela 23	- Valores de taxa de sedimentação nitrato nos sete pontos estudados, a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	42
Tabela 24	- Diferenças significativas de taxa de sedimentação de nitrato a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).....	42
Tabela 25	- Valores de taxa de sedimentação material em suspensão nos sete pontos estudados, a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.....	44

MONITORAMENTO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA E TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO DE TRIPTON NO CÓRREGO DA ARRIBADA (BAIXO TIETÊ-SP) RELACIONADAS À PISCICULTURA EM TANQUES-REDE

Resumo – A água é usada para os mais variados fins: abastecimento, irrigação, geração de energia elétrica, lazer, aquicultura, local de despejo de efluentes domésticos e industriais, etc. No caso da aquicultura, a criação em tanques-rede introduz diretamente no corpo d'água uma grande quantidade de matéria orgânica. Essa atividade pode contribuir para acelerar os processos de eutrofização do meio devido aos aportes de nutrientes e material em suspensão provenientes, principalmente, do excedente de alimento, fezes e excretas dos peixes. Estudos sobre os impactos causados por essa atividade podem fornecer dados para uma gestão ambiental que permita otimizar o uso múltiplo dos recursos hídricos sem que haja maiores danos ao ambiente aquático. Este trabalho procurou fazer uma caracterização limnológica e uma avaliação do impacto da criação em tanques-rede de tilápia (*Oreochromis* sp.) no córrego da Arribada (Bacia do Baixo-Tietê), que é represado pelo reservatório da Usina Hidrelétrica de Nova Avanhandava, no Rio Tietê, SP. A área destinada à piscicultura é de 4ha de espelho d'água e foi projetada para 200 tanques-rede com volume de 18m³ cada. Em sete pontos distribuídos estrategicamente na região onde foi instalado o sistema de cultivo foram analisados as seguintes variáveis: temperatura, concentração e saturação de oxigênio dissolvido, pH, transparência, e taxas de sedimentação de fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e material em suspensão por meio de câmaras de sedimentação. Os resultados mostraram mais padrões temporais que espaciais, com queda acentuada na concentração e saturação de oxigênio dissolvido e aumento nas taxas de sedimentação de fósforo total e nitrato. Apesar do impacto causado apresentar tendências preocupantes, concluiu-se que neste estudo de caso, a produção em tanques-rede é viável, desde sejam tomadas certas precauções para evitar a degradação do ambiente aquático.

Palavras-Chave: impacto ambiental, monitoramento, piscicultura, qualidade de água, sedimentação, tanques-rede

CHECKING OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATER AND TRIPTON SEDIMENTATION RATIOS IN ARRIBADA STREAM (TIETÊ RIVER BASIN-BRAZIL) RELATED TO CAGE FISH FARMING

SUMMARY – Water is used to multiple uses: water supply, irrigation, power generation, leisure, aquaculture, place of discharge of home and industrial wastes, etc. In aquaculture, cage fish farming releases a great amount of organic matter directly into the water body. This activity can accelerate the water eutrophication process due to the input of dissolved nutrients and suspended matter, mainly by diet wastes, feces and fish excreta. Studies about environmental impacts caused by this activity can provide a support for a better environmental management that allows the use of water resources without over degradation of the ecosystem. This work aimed to make a limnological characterization and evaluation of the environmental impact of cage culture of Tilapia (*Oreochromis* sp.) in the stream of Arribada (Tietê river basin - Brazil). This stream is partially impounded by the reservoir of the hydroelectric power station of Nova Avanhandava. The culture is placed in an area of 4ha and it is planned the installation of 200 cages of 18 m³ each one. Till December 2004, there were 180 cages, each one with 1500 to 1800kg of fish production per harvest period. Seven sampling points were strategic placed in the area where was installed the cage fish farming to analyse temperature, concentration and saturation of dissolved oxygen, pH, depth and total phosphorus, ortophosphate, ammoniacal nitrogen, nitrite, nitrate and suspended matter sedimentation ratios. The results have shown more temporal then spacial patterns, with drops in concentration and saturation of dissolved oxygen in water and increase of total phosphorus and nitrate sedimentation ratios. Despite of the warning tendencies, we concluded that in this study of case, the impact caused by the activity, the cage fish farming is possible, since some precautions shall be taken to avoid degradation of the water body.

Keywords: cage fish farming, invironmental impact, water quality, sedimentation

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vem crescendo a preocupação com a conservação e utilização racional dos cursos d'água. O controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida (Resolução CONAMA nº357, 2005).

O enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade e visar a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico do ambiente aquático, que não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas em função dos seus usos pelo homem (Resolução CONAMA, op. cit.).

Os corpos d'água são utilizados para os mais variados fins, como abastecimento, irrigação, local de despejo de efluentes domésticos e industriais, lazer, aquicultura, geração de energia elétrica, entre outros. Quase todas essas atividades são poluidoras e/ou impactantes ao ambiente.

À medida que cresce a demanda por energia elétrica, água para irrigação e abastecimento, aumenta o número de reservatórios construídos no país. Certamente parte desse volume de água estocado também poderia ser utilizado para a produção aquícola. Porém, a elaboração dos projetos e escolha do local de implantação desse tipo de atividade têm se baseado, principalmente, na facilidade de acesso ao mercado e na escolha de um ambiente favorável à produção. Pouco ainda tem sido considerado em relação à degradação que pode ser causada ao ambiente aquático se sua capacidade de suporte for ultrapassada.

Atualmente, a piscicultura em tanques-rede no Brasil vem crescendo, inclusive com incentivos governamentais. A Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República firmou um acordo com o Ministério do Meio Ambiente para que 1% das águas de reservatórios, como os de usinas hidrelétricas (aproximadamente cinco milhões de metros cúbicos), seja disponibilizado para a produção de pescado em tanque-rede, através da Instrução Normativa Interministerial nº8 de 26 de novembro de 2003 e do Decreto nº4.895 de 25 de

novembro de 2003, que regulamenta o uso das águas públicas da União para a prática de aquicultura.

Esse sistema de cultivo em regime intensivo emprega um considerável volume de insumos alimentares para a produção de peixes em altas densidades numa área reduzida, com o conseqüente lançamento de restos de alimentos, fezes e excretas diretamente no ambiente. Este despejo é fonte potencial de impacto ambiental.

Justamente pelo fato dos tanques-rede lançarem diretamente no corpo d'água a ração não consumida, fezes e excretas, os estudos sobre os impactos causados pela atividade nos locais onde são instaladas essas pisciculturas tornam-se imprescindíveis.

Dentre os possíveis impactos causados pela atividade está a alteração da sedimentação. A sedimentação contribui para o processo de retenção de material orgânico no ambiente aquático, aumentando as taxas de decomposição bacteriana com a utilização do oxigênio disponível e liberando nutrientes.

Além do aporte de matéria orgânica, vale ressaltar outros possíveis problemas relacionados à criação em tanque-rede. A introdução de espécies exóticas (no caso de escape dos tanques) ou atração de peixes pelos restos de ração podem afetar a estrutura e o funcionamento da ictiofauna da região. A alta densidade de estocagem dos peixes costuma levá-los ao estresse, que debilita seu sistema imunológico.

Considerando o atual incentivo à criação de parques aquícolas nos reservatórios, os problemas potenciais da instalação dos mesmos e a raridade de estudos sobre o assunto, fica clara a importância da realização de trabalhos de pesquisa e monitoramento que possam auxiliar na regulamentação e implantação de pisciculturas em tanques-rede, a fim de garantir a produção e de estabelecer critérios para evitar a degradação do ambiente.

Neste trabalho foram monitoradas as variações nas características limnológicas e de qualidade da água tais como temperatura, transparência, pH, oxigênio (dissolvido e saturação) e as taxas de sedimentação de fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e material em suspensão relacionadas à implantação e manutenção de um sistema de piscicultura em tanques-rede (Reservatório de Nova Avanhandava - Rio Tietê, SP) visando

caracterizar espacial e temporalmente as alterações nas variáveis físico-químicas da água e taxas de sedimentação causadas por essa atividade, avaliar quais os maiores impactos e suas consequências para a produção e para o meio ambiente, verificar a capacidade de depuração do corpo d'água mediante o *input* de matéria orgânica provocado pela presença de uma metacomunidade de peixes e fornecer informações que possam ajudar o planejamento, manutenção e regulamentação dessa atividade, para que ela possa produzir o máximo possível sem comprometer a integridade do ecossistema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A aquicultura é vista como fonte poluidora, principalmente, pela liberação de substâncias dissolvidas e em suspensão nos efluentes. Essas substâncias são, na maioria das vezes, oriundas de metabólitos e das sobras de rações (QUEIROZ, 1998).

Mesmo não sendo a atividade mais impactante ao meio aquático (em comparação com a poluição causada pela agricultura, indústria e principalmente efluentes domésticos), a aquicultura contribui para a eutrofização (PAÉZ-OZUNA et al., 1999).

O sistema de produção em tanques-rede trabalha com alta densidade de estocagem. Essa característica, aliada a mudanças na coluna d'água, facilita a ocorrência de mortalidade em massa de peixes. Tal situação foi registrada no reservatório de Saguling (Java, Indonésia) quando a produção de peixes em tanques-rede caiu de 6.666 toneladas, em 1993, para 4.405 toneladas, em 1996 (COSTA-PIERCE, 1998). Nesse período, por causa da queda na produção, houve migração de piscicultores para outros dois reservatórios (Cirata e Jatiluhur), que ficaram superpovoados de peixes, ultrapassando os limites de sustentabilidade. A produção de Cirata, por exemplo, passou de 6.556 toneladas, em 1993, para 24.696 toneladas em 1996 (COSTA-PIERCE, op. cit.) excedendo novamente a capacidade de suporte desse outro reservatório.

Entre os impactos associados à produção em tanques-rede estão aumento no nível de nutrientes, turbidez e matéria orgânica no sedimento, diminuição da diversidade e biomassa de organismos betônicos, redução de transparência, de concentração de oxigênio dissolvido (O_2) e condutividade elétrica, quedas no pH, e, mais raramente, até mesmo mudança de temperatura da água (CORNEL & WHORISKEY, 1993).

A alta densidade de estocagem intensifica as chances de ocorrência de poluição no meio aquático, provocando aumento significativo de plâncton e, conseqüentemente, queda do oxigênio disponível, alteração do pH e a possibilidade da presença de substâncias químicas nocivas aos peixes (LUCAS, 2000). Além disso, o grande número de peixes em espaço confinado costuma levá-los ao

estresse, que debilita seu sistema imunológico, facilitando a instalação de parasitas e doenças de origem bacteriana ou virótica (SCHIMMITTOU, 1993; KUBITZA, 2000).

O processo de sedimentação em reservatórios ainda não é bem conhecido, mas sua compreensão é de grande importância para o gerenciamento dos recursos hídricos ao considerar se as conseqüências da deposição de sedimentos em reservatórios sob o ponto de vista econômico, principalmente quando é estimada a capacidade de armazenamento de todo sistema (GRAF, 1983).

Na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais o sedimento é o compartimento que apresenta maior concentração de nutrientes, funcionando, neste caso, como reservatório de nutrientes para os demais compartimentos. A liberação de nutrientes do sedimento para a coluna d'água ocorre quando a parte inferior desta encontra-se com baixas concentrações de oxigênio, ou mesmo anaeróbia (ESTEVES, 1998).

Na produção em tanques-rede há liberação direta e contínua de metabólitos e restos de ração na água. Estes aumentam a concentração de nutrientes e material particulado que, por sua vez, sofre decantação. Este sistema consta entre os mais produtivos, e, a carga poluidora tende a ser maior quanto mais intensivo for o sistema de produção (BORGHETTI & OSTRENSKY, 1999).

O aumento dos sedimentos em suspensão atua como agente transportador e catalisador de defensivos agrícolas, resíduos orgânicos, nutrientes e organismos patogênicos (THORTON et al., 1990).

O uso de tanques-rede em água doce é um procedimento relativamente recente, por isso, poucos estudos a respeito de seus efeitos sobre o ambiente aquático foram realizados no Brasil (ZANIBONI FILHO et al., 2005; PREHL & BACCARIN, 2005). No exterior, existem alguns estudos a respeito (GUO & LI, 2003; YIYONG et al., 2001; COSTA-PIERCE, 1998; LIN & ZHANG, 1995; CORNEL & WHORISKEY, 1993; STIRLING & DEY, 1990).

Os maiores impactos causados pela piscicultura em tanques-rede dizem respeito ao aumento nas concentrações de fósforo, nitrogênio e matéria orgânica, tanto na água quanto no sedimento (GUO & LI, 2003). Segundo FOLKE & KAUTSKY (1992), 13% do nitrogênio e 66% do fósforo aportado via ração sofre sedimentação, 25% do nitrogênio e 23% do fósforo são convertidos em massa

(carne) e 62% de nitrogênio e 11% de fósforo ficam dissolvidos na água. Dentre os nutrientes, sabe-se que o fosfato é o nutriente mais importante para a eutrofização artificial em águas doces (ESTEVES, 1998).

Em condições semelhantes às deste estudo, porém utilizando outras espécies de peixes (peixe mandarim, brema de água doce e *catfish*), GUO & LI (2003) observaram que para fósforo total e nitrogênio total a área de alcance do impacto direto de um tanque-rede pode chegar a 50m. Pelo mesmo estudo, a taxa de aproveitamento, ou seja, a assimilação pelos peixes de nitrogênio e fósforo provenientes da ração foram de 14,8 e 11%, respectivamente. Portanto, mais de 85% de nitrogênio e de fósforo da ração foi liberado na área de produção dos tanques-rede. Houve também diminuição da diversidade biológica de plâncton e bentos e aumento da biomassa fitoplanctônica.

Fica claro que medidas preventivas que preservem o ecossistema aquático são muito mais eficazes e exequíveis que o uso de métodos de tratamento dos impactos, como aeração, selamento do sedimento, tratamento da água por macrófitas, entre outros.

Laguna de Bay, Filipinas, é um exemplo. Por estar situada estrategicamente e ser a principal fonte de água da região, suas águas são usadas os mais diversos fins, como navegação, abastecimento doméstico, industrial, irrigação, geração de energia elétrica, resfriamento industrial, recreação e aquicultura, sendo esta última, a atividade mais expressiva realizada ultimamente. Em 1983 foi criado o Fishery Zoning and Management Plan (ZOMAP), para racionalizar a administração e regular a utilização dos recursos pesqueiros dos lagos. Esse plano foi revisado em 1995 e em 1996 tornou-se parte do Master Plan, plano maior de gerenciamento dos lagos, visando a sustentabilidade de todas suas atividades (Jurisdição de Desenvolvimento do Lago Laguna, Filipinas).

Embora seja impossível produzir sem provocar alterações ecológicas, é possível reduzir os impactos sobre o meio ambiente de modo que não haja redução de biodiversidade, esgotamento ou comprometimento negativo de qualquer recurso natural, nem alterações significativas na estrutura e funcionamento do ecossistema (VALENTI et al., 2000).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

A área da piscicultura estudada está situada no Córrego da Arribada, município de Zacarias, SP ($21^{\circ}03'S$ e $50^{\circ}03'W$ - Figura 1), e está enquadrada na Classe 2 - CONAMA (água destinada para consumo humano após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca, conforme Resolução CONAMA nº357, de 2005). O rio possui uma extensão de cerca de 5.000m desde sua nascente, e, aproximadamente, 4.000m sob influência do represamento da Usina de Nova Avanhandava, construída em 1982 (Figura 2). No trecho onde foi instalada a piscicultura a largura média do rio é de 450m e a profundidade, na região central, é de cerca de 20m. Por causa do represamento não existe uma direção constante de sua correnteza, apesar do fluxo predominante ser sentido nascente-reservatório.

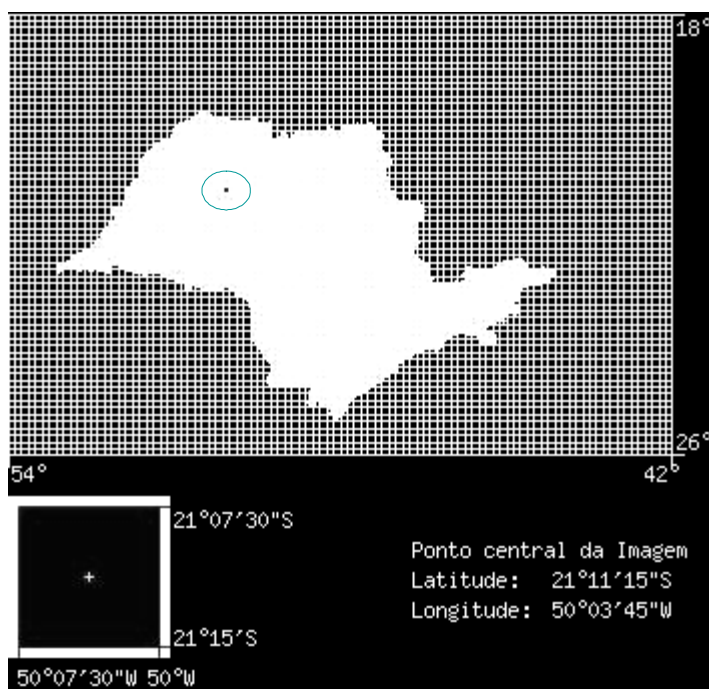


Figura 1 – Localização do município de Zacarias em relação ao estado de São Paulo.

- Imagem obtida pelo site da Embrapa, projeto Brasil Visto do Espaço.

<<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>

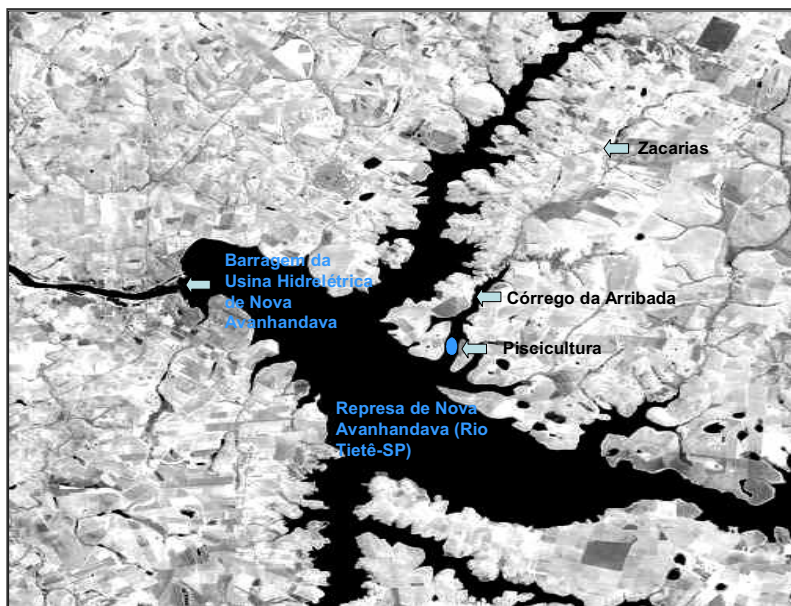


Figura 2 – Localização da piscicultura (município de Zacarias-SP).

- Montagem de imagens de satélite obtidas pelo site da Embrapa, projeto Brasil Visto do Espaço.

<<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>

A Bacia do Baixo Tietê foi intensamente desmatada a partir da década de 30, provocando fortes processos erosivos, resultando em intensa degradação do solo e assoreamento dos corpos d'água. Aproximadamente metade da bacia possui alta suscetibilidade à erosão, entretanto, poucas ocorrências foram registradas. Com relação ao uso dos recursos hídricos, a UGRHI 19 (Baixo Tietê), como um todo, acha-se próxima do estado crítico, pois a demanda de água superficial para os diversos fins supera 46% da vazão mínima disponível (Rede Paulista de Educação Ambiental – REPEA, 2005). Atualmente, 76% do solo dessa bacia são usados para pastagem e apenas 2,6% são cobertos por matas e áreas de reflorestamento (Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, 2005). No trecho em questão, há ausência quase que total de mata ciliar e as pastagens para criação de bovinos se estendem até a margem do córrego (Figura 3).

O projeto de piscicultura sob estudo estava planejado para a instalação e manutenção de 200 tanques-rede de 18m³ de volume útil (3 x 3 x 2m), numa área de quatro hectares de espelho d'água. Na primeira coleta realizada (agosto de 2003) o projeto encontrava-se em fase de implantação e sem nenhum tanque com peixes na água. Os peixes só começaram a ser colocados nos tanques em setembro de 2003. Até dezembro de 2004, esta piscicultura apresentava 180 tanques em



Figura 3 – Visão lateral do trecho onde localiza se a piscicultura.
- Foto: outubro de 2004.

funcionamento onde eram criadas tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), vermelhas (híbridas de *O. mossambicus* x outras espécies de tilápia) e tailandesas (*O. niloticus* var. chitralada) com cerca de um quilograma de peso final. Na despesca cada tanque estava produzindo de 1.500 a 1.800kg de peixe. A média de consumo diário de ração era de 2.000kg/dia a partir de maio de 2004.

3.2 Amostragem

As amostragens foram feitas mensalmente de agosto de 2003 a dezembro de 2004 das 9:00h às 11:00h. A primeira coleta foi feita antes da implantação da piscicultura, com o objetivo de se obter informações que pudessem ser comparadas com os dados coletados durante os ciclos de produção.

Foram estabelecidos sete pontos amostrais de acordo com o projeto de disposição dos tanques-rede (Figura 4). Normalmente as linhas de sustentação dos tanques são dispostas transversalmente ao sentido do rio para que haja uma melhor renovação de água dentro dos mesmos. Porém, a área está sujeita à forte ação dos ventos, o que dificultava a fixação das linhas de tanques. As linhas foram dispostas, então, longitudinalmente, seguindo o fluxo do rio, o que permitiu maior mobilidade

Córrego da Arribada

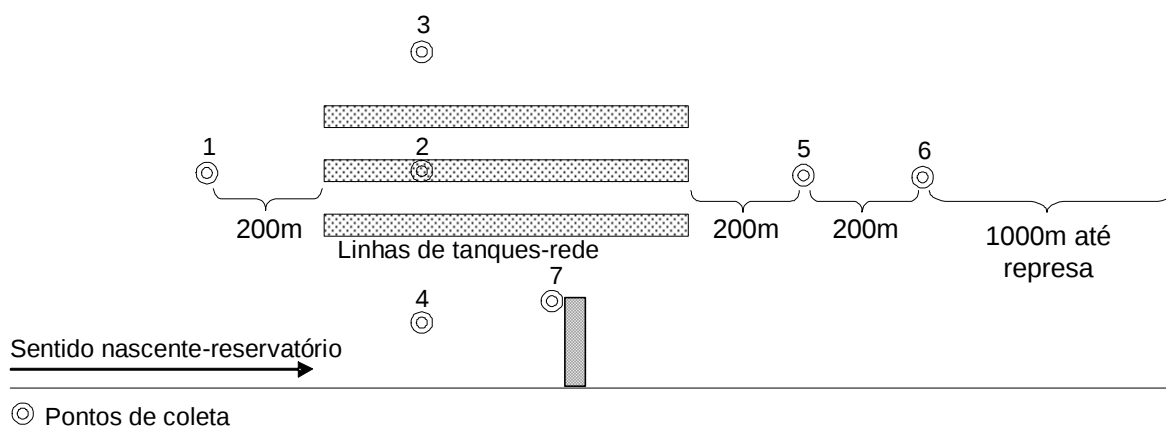


Figura 4 – Localização dos pontos de coleta em relação à piscicultura.

aos tanques, evitando que estes quebrassem ou fossem arrastados. O trapiche, onde se localiza o ponto sete, é a plataforma onde são fixados os tanques-rede que recebem os juvenis (Figura 5). Esses tanques permanecem nessa estrutura até aclimação dos peixes ao novo ambiente, recebendo ração quatro vezes ao dia.



Figura 5 – Trapiche e tanques-rede com peixes em processo de aclimação.
- Foto: maio de 2004.

Depois de aclimatados, os tanques são transportados e presos às linhas de sustentação, que ficam dispostas mais ao centro do rio e onde os peixes recebem alimentação três vezes ao dia, com a taxa de arraçoamento variando de 1,5 a 6% do peso do peixe ao dia, variando de acordo com a temperatura da água (quanto maior a temperatura da água, maior a taxa de alimentação).

3.3 Métodos

3.3.1 Coluna d'água

Na coluna d'água, pH, temperatura e oxigênio dissolvido foram medidos, respectivamente, por meio de potenciômetro Corning PS 15 e oxímetro YSI 55 (temperatura e oxigênio dissolvido) a superfície, a dois e a quatro metros de profundidade. A temperatura e o oxigênio dissolvido foram medidos *in situ* e o pH foi medido, imediatamente após coleta, em amostras coletadas com garrafa de Van Dorn. Essas profundidades foram escolhidas de acordo com a dimensão dos tanques-rede para verificar a possibilidade de haver estratificação vertical da coluna d'água.

Neste trabalho, optou-se por trabalhar com concentração e saturação do oxigênio dissolvido. A saturação foi usada para eliminar os efeitos da temperatura da água para que se pudesse fazer uma análise temporal de possíveis efeitos da piscicultura sobre essa variável a longo prazo. O cálculo de saturação foi realizado segundo GOLTERMAN et al. (1978).

A transparência da água foi medida em cada ponto por meio de disco de Secchi.

3.3.2 Sedimentação

Para o cálculo das taxas de sedimentação foram utilizadas câmaras confeccionadas com tubos de PVC com 0,10m de diâmetro por 0,30m de altura e volume interno útil de 1,99L, com uma relação altura/diâmetro de 3:1 (Figura 6), segundo EDMONDSON & WINBERG (1972), e o tempo de incubação foi de 24h, como descrito em LEITE et al. (2000).

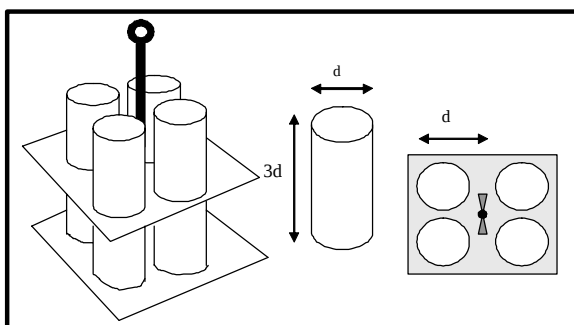


Figura 6 – Esquema de construção das câmaras de sedimentação segundo EDMONDSON & WINBERG (1972).

As câmaras de sedimentação (Figuras 7 e 8) foram dispostas verticalmente na coluna d'água e presas a bóias, uma para cada ponto de coleta, a quatro metros de profundidade, exceto no ponto quatro, onde a câmara foi disposta a dois metros, pois este ponto apresentava uma menor profundidade (de dois a três metros de profundidade, variando de acordo com a altura da coluna d'água do córrego). Antes de serem incubadas, as câmaras foram preenchidas com água destilada, evitando-se assim a deposição de material antes do início do experimento. Após o período de incubação (24h), elas eram retiradas na mesma ordem de colocação, e o seu conteúdo recolhido em baldes de dez litros.



Figura 7 – Câmara de sedimentação (visão lateral).



Figura 8 – Câmara de sedimentação (visão superior).

O conteúdo desses baldes foi homogeneizado e uma amostra coletada em frascos de polietileno de 500mL. Uma fração dessas amostras foi imediatamente filtrada em membrana do tipo GF/C Whatman (0,45µm de porosidade, 47mm de diâmetro) e congelada até o dia da análise. Com essas amostras filtradas foram determinadas as concentrações de quase todas as substâncias recolhidas pela câmara para cálculo das taxas de sedimentação. Os filtros foram utilizados para análise de material em suspensão. A parte da amostra não filtrada também era congelada, e se destinava unicamente à análise de fósforo total.

Foram determinadas as concentrações de nitrogênio amoniacal (KOROLEFF, 1976), nitrito, nitrato (MACKERETH et al., 1978), fósforo total e ortofosfato (GOLTERMAN et al., 1978) do material retido nas câmaras.

A quantidade de material em suspensão foi determinada pelo método gravimétrico (MUDROCH & MACKNIGHT, 1991). As concentrações de material em suspensão foram determinadas por meio da equação:

$$M.S. = \frac{P2 - P1}{V} \times 1000$$

Onde:

M.S. = material em suspensão total (mg/L)

P1 = peso inicial do filtro (g)

P2 = peso (g) do filtro com material coletado à temperatura ambiente, após secagem em estufa a 60°C por 24h e guardado em dessecador até pesagem

V = volume de água utilizado para filtração (mL)

1000 = conversão para miligramas

A taxa de sedimentação (mg.cm²/dia para material em suspensão e µg.cm²/dia para as demais taxas) foi determinada pela quantidade de material da amostra filtrada (com exceção do fósforo total), corrigida para o volume das câmaras de sedimentação, expressando os valores em unidade de área (cm²) e tempo (período de incubação - dia). Seu cálculo foi determinado de acordo com TEIXEIRA et al. (1965), adaptado por WETZEL & LIKENS (1991), realizado da seguinte forma:

$$T.S. = \frac{V_c \times C}{A_c \times T}$$

Onde:

V_c = volume útil das câmaras de sedimentação (1,99 L)

C = concentração de material dentro das câmaras

A_c = área da superfície de abertura da câmara de sedimentação (78,54 cm²)

T = tempo (dias) – neste caso, um dia

3.4 Análise estatística

3.4.1 Coluna d'água

Para a verificar se houve ocorrência de estratificação foi realizada análise de variância de medidas repetidas. Como variável independente foi usado o tempo (meses) e como repetição, os sete pontos. Foi realizado o teste de Generalized Linear Models e onde houve diferença significativa entre as profundidades (p<0,05), foi realizado o teste de Tukey (p<0,05).

Foi realizada análise de variância de medidas repetidas com teste não paramétrico one-way Kruskal-Wallis e Dunn's Multiple Comparison Test (p<0,05). Como variável independente foi usado o tempo (meses) e como repetição, os sete pontos.

3.4.2 Taxas de sedimentação

Foi utilizada análise de variância de medidas repetidas por meio do teste não paramétrico one-way Kruskal-Wallis com Dunn's Multiple Comparison Test (p<0,05). Como variável independente foi usado o tempo (meses) e como repetição, os sete pontos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi possível realizar coleta no mês de fevereiro de 2004 e os dados de oxigênio (concentração e saturação) de maio de 2004 foram perdidos.

Os dados de produção, por meio de despesca (kg/mês), referentes a 2004, foram obtidos junto à piscicultura onde foi conduzido o trabalho. Segundo os criadores os dados anteriores a esse período foram perdidos (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados de produção (kg de peixe despescado/mês), de janeiro a dezembro de 2004.

Produção de tilápia em 2004	
Mês	Despesca total (kg)
jan/04	6.318
fev/04	9.846
mar/04	36.963
abr/04	10.030
mai/04	11.266
jun/04	11.034
jul/04	20.420
ago/04	16.400
set/04	13.200
out/04	27.624
nov/04	43.316
dez/04	23.669

Fonte: Piscicultura estudada.

Foram encontradas algumas diferenças entre as temperaturas nas três profundidades estudadas (superfície, dois metros e quatro metros – Tabela 2). Essas diferenças foram significativas em alguns casos (Tabela 3). Portanto, houve estratificação térmica em alguns meses, que, na maioria das vezes, condiciona a estratificação química (ESTEVES, 1998).

Ocorreu estratificação em agosto e setembro de 2003, junho e de agosto a dezembro de 2004. Com exceção de agosto de 2003, em todos os meses em que ela ocorreu, a superfície apresentou as maiores temperaturas. Essa tendência de estratificação leva a crer que o ambiente comporte-se como polimítico descontínuo quente, cujo período de estratificação mais prolongada vai da primavera ao verão (SILVA, 1999). O aumento de fluxo do córrego represado, causado por chuvas, parece não ter tido influência sobre a estratificação (Tabela 4), pois de

Tabela 2 – Valores de temperatura (°C) da água, nos diferentes pontos e profundidades, de agosto de 2003 a dezembro 2004.

		Temperatura da água (°C)															
Ponto	Prof.	Ago/03	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	Set/04	Out/04	Nov/04	Dez/04
1	sup.	22,1	25,0	24,5	26,0	27,0	28,0	30,0	27,0	24,0	23,0	19,0	24,5	27,3	24,5	25,6	28,6
	2 m	22,0	24,5	24,4	25,9	27,0	28,0	29,0	28,0	24,0	22,8	19,3	23,5	26,4	23,9	25,6	28,4
	4 m	22,2	24,2	24,3	26,1	26,5	28,5	29,0	27,0	24,0	22,1	19,3	21,8	24,6	23,7	25,5	28,1
2	sup.	20,9	25,4	24,5	25,8	27,5	28,0	29,0	28,0	24,0	22,5	19,0	25,6	25,5	24,4	25,9	28,4
	2 m	21,9	25,0	24,3	26,1	27,0	28,2	29,0	28,0	24,0	22,4	19,3	23,7	24,9	24,0	25,6	28,3
	4 m	21,4	24,8	24,2	26,0	26,0	28,1	29,0	27,0	24,0	22,1	19,3	22,2	24,5	23,9	25,5	27,4
3	sup.	21,8	25,0	24,6	25,9	27,0	28,3	30,0	28,0	24,0	22,6	19,4	27,2	24,9	24,8	26,0	28,3
	2 m	21,9	24,5	24,5	26,0	27,0	28,1	29,0	27,0	24,0	22,3	19,4	24,5	24,6	24,1	25,7	28,3
	4 m	22,3	24,0	24,4	25,5	27,0	28,1	29,0	27,0	24,0	22,2	19,4	21,8	24,4	23,8	25,6	27,6
4	sup.	22,2	25,2	25,3	25,8	27,0	28,6	30,0	28,0	24,0	22,7	19,3	28,3	25,1	25,0	25,9	28,6
	2 m	22,1	24,8	25,0	25,8	27,5	28,2	30,0	28,0	24,0	22,5	19,3	24,9	24,7	24,0	25,6	28,5
	4 m	22,8	24,5	25,0	25,5	27,5	28,3	30,0	28,0	24,0	22,3	19,2	26,6	24,5	23,9	25,6	28,5
5	sup.	21,1	26,0	25,0	26,0	27,5	28,3	30,0	28,0	24,0	22,7	19,4	25,6	24,8	24,7	26,6	28,2
	2 m	22,1	25,3	25,5	25,9	27,0	28,2	29,0	27,0	24,0	22,5	19,4	23,3	24,5	24,1	26,1	28,3
	4 m	22,1	25,2	25,5	26,0	27,0	28,1	29,0	28,0	24,0	22,3	19,5	21,4	24,2	24,0	26,0	27,4
6	sup.	22,2	26,0	25,5	26,0	27,0	28,6	30,0	28,0	24,0	22,6	19,5	27,3	24,7	24,7	26,2	**
	2 m	22,2	25,6	25,0	26,0	27,0	28,5	30,0	27,0	24,0	22,4	19,5	24,6	24,6	24,0	25,9	**
	4 m	22,1	24,5	25,0	25,8	27,0	28,6	30,0	27,0	24,0	22,2	19,5	21,6	24,3	23,9	25,8	**
7	sup.	21,1	21,0	26,0	26,0	27,0	28,8	30,0	27,0	24,0	22,9	19,4	26,9	25,9	25,6	26,3	**
	2 m	22,1	21,0	25,5	26,0	27,0	28,9	30,0	28,0	24,0	22,4	19,4	24,1	24,7	24,5	25,8	**
	4 m	22,1	20,0	25,0	25,9	27,0	28,9	30,0	28,0	24,0	22,2	19,5	21,9	24,3	24,1	25,7	**
** - Dados perdidos.																	

- ** - Dados perdidos.

Tabela 3 - Média e desvio padrão de valores de temperatura (°C) da água dos sete pontos em um mesmo mês, em cada profundidade (superfície, dois metros e quatro metros) de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Média e desvio padrão da temperatura (°C) nos sete pontos nas diferentes profundidades em um mesmo mês																	
Prof.	Ago/03	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	Set/04	Out/04	Nov/04	Dez/04	
sup.	21,6±0,6 ^B	24,8±2,1 ^A	25,1±1,2	25,9±0,6	27,1±0,7	28,4±0,7	29,9±0,8	27,7±1,2	24,0±2,0	22,7±0,7 ^A	19,3±1,8	26,5±3,8 ^A	25,5±1,2 ^A	24,8±0,8 ^A	26,1±0,7 ^A	28,4±1,2 ^A	
2m	22,0±0,1 ^{AB}	24,4±1,5 ^B	24,9±0,5	26,0±0,1	27,1±0,2	28,3±0,3	29,4±0,5	27,6±0,5	24,0±0,0	22,5±0,2 ^B	19,4±0,1	24,1±0,6 ^B	24,9±0,7 ^{AB}	24,1±0,2 ^B	25,8±0,2 ^B	28,4±0,1 ^A	
4m	22,1±0,4 ^A	23,9±1,8 ^C	24,8±0,5	25,8±0,2	26,9±0,5	28,4±0,3	29,4±0,5	27,4±0,5	24,0±0,0	22,2±0,1 ^C	19,4±0,1	22,5±1,8 ^C	24,4±0,1 ^B	23,9±0,1 ^B	25,7±0,2 ^B	27,8±0,5 ^B	

^{A, B e C} – Semelhança ou diferença significativa entre as profundidades, segundo teste de Tukey (p<0,05).

^{A, B, C} - Semelhança ou diferença significativa entre as profundidades, segundo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 4 – Pluviosidade diária e total mensal (mm) na represa de Nova Avanhandava-SP, de agosto de 2003 a abril de 2004 (Fonte: AES Tietê).

Dia	Ago/03	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Fev/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	Set/04	Out/04	Nov/04	Dez/04
1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	18,60	42,00	0,00	0,00	0,00	25,80	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	8,90	0,00	1,80
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	11,50	24,60	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,10	2,40	0,00	22,40	6,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	0,00
7	6,10	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	6,40	0,00	0,00	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,10
8	7,20	0,00	51,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,30
9	3,30	8,20	0,00	0,00	0,00	9,40	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10
10	1,10	0,60	18,10	0,00	0,00	47,30	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,50	0,20
11	0,00	0,70	2,20	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,80	0,00	0,00	0,10	16,10	14,20
12	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	9,20	0,00
13	0,00	0,00	0,00	9,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80	9,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,90	0,00	0,00	10,50	0,00	0,00	21,80	30,00	0,80	5,90	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,50	10,20	0,00	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,00	1,40	0,00	3,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,10	21,10	0,00	0,00	0,00	0,00	9,40	5,40	0,00
17	0,00	4,20	0,00	0,10	0,00	1,90	0,00	0,00	4,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,80	0,10	23,20
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,20	6,00	5,90
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,60	49,70	0,00	0,00	23,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,60
22	0,00	0,00	4,40	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	5,60	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
23	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	5,20	0,00	0,00	20,50	0,00	0,00	0,00	0,00	33,20	0,00	22,70
24	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	4,10	2,00	0,00	0,00	7,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,10
25	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	28,00	13,50	0,00	25,70	9,10	0,00	0,00	0,00	0,00	26,60	0,00	0,00
26	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	47,00	1,60	0,00	1,10	7,40	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,20
27	0,00	0,00	15,30	2,40	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,30
28	0,00	0,00	7,70	1,10	0,00	0,00	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,80	0,00
29	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	0,10	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40
Total	19,70	15,10	101,90	39,20	1,00	178,00	146,70	53,30	116,60	109,20	39,60	65,60	0,00	0,00	166,10	138,40	124,50

- Marcação em vermelho - dia em que foi realizada a coleta.

- Marcação em amarelo - ocorrência de chuvas nos três dias anteriores à coleta.

outubro a dezembro de 2004, as chuvas ficaram acima de 100mm e mesmo assim, ela ocorreu.

Os meses de agosto e setembro de 2004 apresentaram maiores temperaturas a superfície em todos os pontos (Tabela 2). Este fenômeno deve-se ao fato de que em julho de 2004 a água apresentou a menor temperatura do período de estudo, e, à medida que a temperatura atmosférica foi aumentando, as camadas mais superficiais se aqueceram mais rapidamente. Além disso, nesse período não houve ocorrência de chuvas (Tabela 4), e, com um menor volume e fluxo de água, esse ambiente de transição deve ter se comportado mais como lântico do que lótico.

Não houve grande diferença de temperatura entre os pontos a quatro metros de profundidade, onde ficaram as câmaras de sedimentação (Figura 9)¹. O ponto sete, em setembro de 2003, apresentou temperatura inferior aos demais pelo sombreamento causado pelo grande número de tanques presos ao trapiche. O ponto quatro apresentou temperatura mais elevada em agosto de 2004 por ser este o ponto mais raso (no máximo três metros de profundidade), e, com a ausência de chuvas nesse mês (Tabela 4), o volume e fluxo de água do córrego diminuíram, o que facilitou o aquecimento da água, especialmente nesse ponto.

A faixa de conforto térmico de tilápias fica entre 27 e 32°C. Em nenhum momento do estudo a água ficou acima de 32°C. De 27 a 20°C, o consumo de alimento é reduzido e o crescimento se torna mais lento. Abaixo de 20°C, além de crescimento mais lento, as tilápias apresentam também baixa tolerância ao manuseio e às doenças (KUBITZA, 2000).

Em vários meses a temperatura da água ficou abaixo de 27°C, sendo que em julho de 2004, em todos os pontos e profundidades, ela ficou na faixa de 19°C. As temperaturas inferiores a 27°C parecem não ter afetado muito negativamente a produção (Tabela 1). A maior despesca do período foi em novembro de 2004, sendo que nos seis meses anteriores, apenas duas amostras (uma de agosto e outra de setembro) apresentaram temperaturas superiores a 27°C.

TROELL & BERG (1997), sugerem que a decomposição da matéria orgânica lançada por tanques-rede em lagos tropicais é rápida, resultando em liberação de

¹ - Todos os gráficos apresentados foram realizados com os valores obtidos a quatro metros de profundidade, a mesma das câmaras de sedimentação.

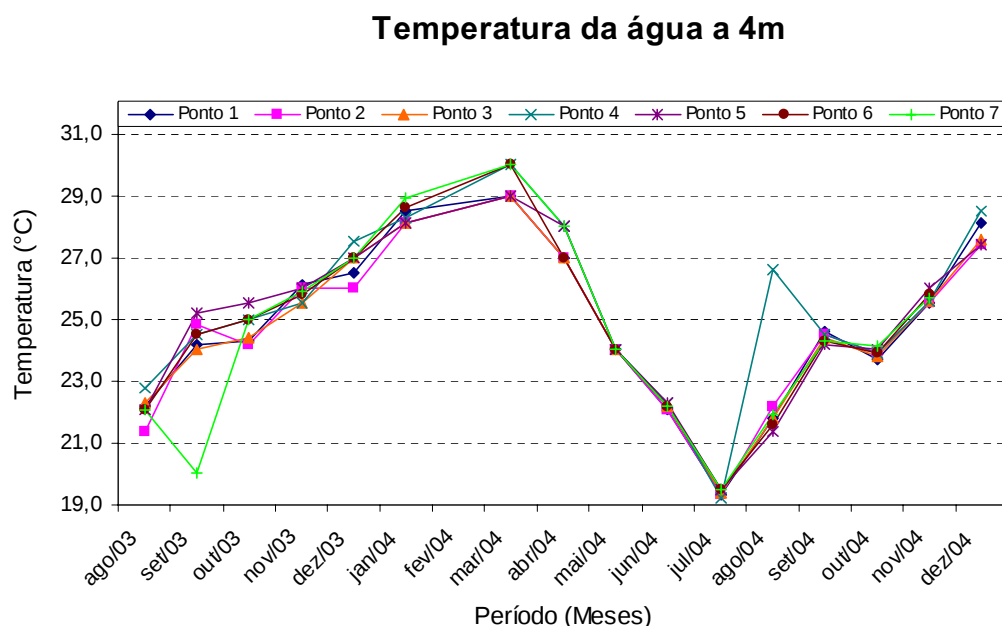


Figura 9 – Gráfico de valores de temperatura (°C) da água a quatro metros de profundidade, dos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

nutrientes que são assimilados por produtores primários, desde de que hajam condições hidrodinâmicas apropriadas.

Pelos dados obtidos de saturação de oxigênio dissolvido (%), durante os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2004 (Tabela 5) houve estratificação dessa variável (Tabela 6). A quatro metros de profundidade foram encontradas as menores saturações. Esse resultado pode indicar que houve menor disponibilidade de oxigênio nessa profundidade.

Foi notada tendência de decréscimo na saturação de oxigênio dissolvido ao longo do tempo, demonstrada pela Figura 10. Foram encontradas diferenças significativas entre os meses, comparando-se os sete pontos amostrais (Tabela 7) que demonstram e queda nessa variável.

Houve pequenas variações entre os diferentes pontos em um mesmo mês e variações maiores de um mesmo ponto ao longo do tempo de estudo, que demonstraram variação temporal de tendência de queda desta variável (Tabela 5). ZABONINI FILHO et al. (2005) também encontraram mais variações temporais que espaciais em seu estudo sobre impacto de piscicultura em tanques-rede, no reservatório da UHE de Machadinho, no rio Uruguai, entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Figura 5 – Valores de saturação (%) de oxigênio (O₂) dissolvido na água, nos diferentes pontos e profundidades, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Saturação (%) de oxigênio dissolvido da água																
Ponto	Prof.	Ago/03	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Mar/04	Abr/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	Set/04	Out/04	Nov/04	Dez/04
1	sup.	119,81	120,24	85,38	89,60	93,98	79,95	68,24	47,54	47,54	47,54	47,54	78,82	78,82	64,3	64,3
	2 m	105,84	121,74	90,55	93,67	95,43	84,27	65,64	54,28	54,28	54,28	54,28	80,67	80,67	61,7	61,7
	4 m	102,59	121,14	91,63	94,02	97,38	80,71	64,15	72,07	72,07	72,07	72,07	81,93	81,93	55,2	55,2
2	sup.	105,94	122,50	94,54	93,44	86,36	67,13	93,98	74,82	74,82	74,82	74,82	84,90	84,90	64,4	64,4
	2 m	102,36	125,54	86,49	99,57	95,45	80,32	94,00	79,24	79,24	79,24	79,24	83,59	83,59	63,7	63,7
	4 m	101,08	125,11	93,87	92,41	107,58	97,25	104,42	64,86	64,86	64,86	64,86	82,87	82,87	62,1	62,1
3	sup.	102,84	117,72	88,28	96,42	92,62	55,99	86,49	67,48	67,48	67,48	67,48	84,73	84,73	65,4	65,4
	2 m	100,57	119,15	90,66	95,16	96,83	92,96	77,57	77,83	77,83	77,83	77,83	83,82	83,82	65,8	65,8
	4 m	102,10	120,73	90,55	88,88	92,62	78,66	77,57	70,63	70,63	70,63	70,63	81,14	81,14	59,7	59,7
4	sup.	110,67	119,43	98,55	94,35	96,83	69,27	101,66	95,36	95,36	95,36	95,36	84,66	84,66	66,2	66,2
	2 m	105,83	119,87	96,77	92,07	101,93	80,30	101,66	89,49	89,49	89,49	89,49	82,54	82,54	60,2	60,2
	4 m	108,17	123,04	90,25	83,43	87,80	84,73	100,17	92,45	92,45	92,45	92,45	74,19	74,19	55,2	55,2
5	sup.	105,83	117,06	94,20	99,35	103,41	86,19	92,60	76,33	76,33	76,33	76,33	83,75	83,75	67,3	67,3
	2 m	104,52	131,44	97,59	89,54	84,20	68,82	91,00	72,07	72,07	72,07	72,07	88,78	88,78	64,7	64,7
	4 m	104,40	135,25	89,70	92,43	94,05	77,25	91,02	73,37	73,37	73,37	73,37	81,35	81,35	60,1	60,1
6	sup.	106,69	118,39	92,37	89,69	92,67	79,41	94,12	66,05	66,05	66,05	66,05	88,34	88,34	69,7	**
	2 m	104,16	117,69	88,92	92,41	99,64	74,75	95,59	82,16	82,16	82,16	82,16	90,38	90,38	63,6	**
	4 m	103,19	115,31	95,46	92,07	95,43	79,27	91,04	60,54	60,54	60,54	60,54	82,70	82,70	59,8	**
7	sup.	113,55	114,15	97,21	103,55	91,32	107,32	92,66	90,91	90,91	90,91	90,91	79,07	79,07	61,7	**
	2 m	118,20	116,52	90,91	95,07	98,14	102,89	107,62	89,40	89,40	89,40	89,40	74,46	74,46	53,7	**
	4 m	118,20	114,34	100,69	100,56	96,83	108,79	103,18	80,69	80,69	80,69	80,69	72,80	72,80	57,0	**
- ** - Dados perdidos.																

- ** - Dados perdidos.

- Dados do mês de maio de 2004 foram perdidos.

- Marcações em cinza – Hiper-saturação de oxigênio (Saturação>100%).

Tabela 6 – Média e desvio padrão de valores de saturação (%) de oxigênio dissolvido (O₂) na água dos sete pontos em um mesmo mês, em cada profundidade (superfície, dois metros e quatro metros), de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Média e desvio padrão da saturação (%) de oxigênio dissolvido (O ₂) nos sete pontos nas diferentes profundidades em um mesmo mês															
Prof.	Ago/03	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Mar/04	Abr/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	Set/04	Out/04	Nov/04	Dez/04
sup.	109,33±	118,50±	92,93±	95,20±	93,88±	77,89±	89,96±	74,07±	74,07±	74,07±	74,07±	83,47±	83,47±	65,57±	65,52±
	5,81	2,63	4,71	5,07	5,27	16,39	10,55	16,09	16,09	16,09	16,09	3,41 ^A	3,41 ^A	2,53 ^A	1,26 ^A
2m	105,93±	121,71±	91,70±	93,93±	95,95±	83,47±	90,44±	77,78±	77,78±	77,78±	77,78±	83,46±	83,46±	61,91±	63,22±
	5,73	5,20	4,05	3,16	5,68	11,39	14,38	12,10	12,10	12,10	12,10	5,26 ^A	5,26 ^A	4,07 ^B	2,26 ^A
4m	105,68±	122,13±	93,16±	91,97±	95,96±	86,67±	90,22±	73,52±	75,17±	73,90±	75,24±	79,57±	76,87±	58,45±	58,46±
	5,98	6,98	3,92	5,18	6,05	11,89	14,77	10,52	8,93	10,01	8,90	4,22 ^B	7,00 ^B	2,67 ^C	3,11 ^B

^{A, B e C} - Semelhança ou diferença significativa entre as profundidades, segundo teste de Tukey (p<0.05).

- ^{A, B, C} e – Semelhança ou diferença significativa entre as profundidades, segundo teste de Tukey (p<0,05).

Saturação de oxigênio dissolvido a 4m

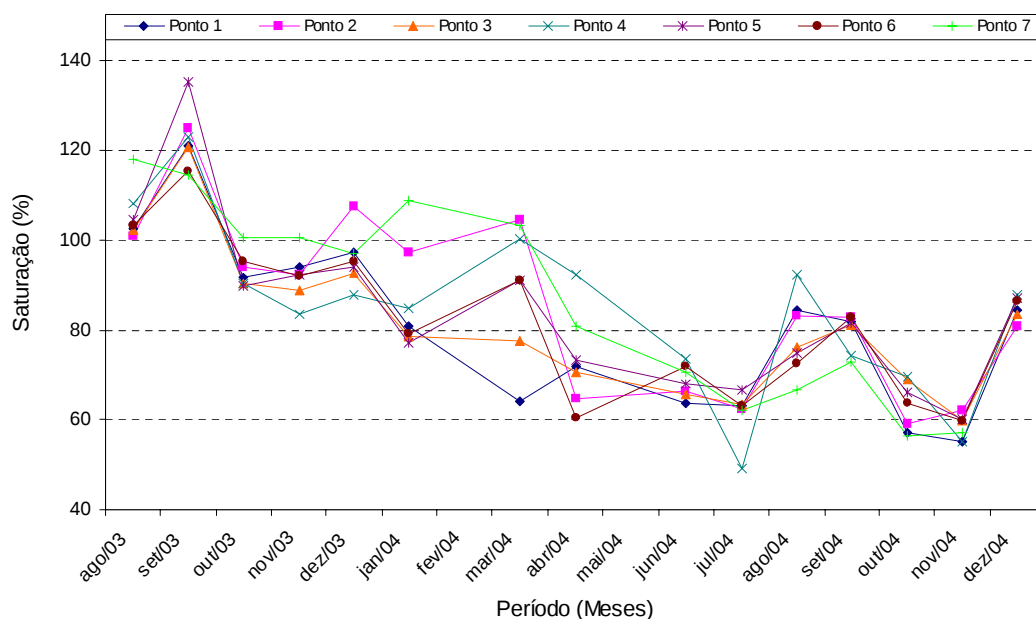


Figura 10 – Gráfico de valores de saturação (%) de oxigênio dissolvido (O_2) na água a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Tabela 7 - Diferenças significativas dos valores saturação de oxigênio na água a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
ago/03 vs abr/04	$P < 0.01$
set/03 vs jan/04	$P < 0.01$
set/03 vs mar/04	$P < 0.001$
set/03 vs abr/04	$P < 0.001$
set/03 vs mai/04	$P < 0.001$
set/03 vs jul/04	$P < 0.01$
set/03 vs out/04	$P < 0.05$
jan/04 vs ago/04	$P < 0.05$
mar/04 vs ago/04	$P < 0.001$
mar/04 vs set/04	$P < 0.01$
mar/04 vs nov/04	$P < 0.01$
abr/04 vs ago/04	$P < 0.001$

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

Em outubro de 2004 foram obtidas as menores concentrações (Tabela 8) e saturações (Tabela 5) do estudo, mesmo com a temperatura da água um pouco inferior aos meses de setembro e novembro de 2004 (Tabela 2).

Como esta queda na concentração não está relacionada à temperatura, como seria esperado, é provável que uma quantidade maior de matéria orgânica estivesse sendo decomposta no ecossistema aquático, com conseqüente consumo de oxigênio, e que isto tenha causado essa queda. MACINTOSH & PHILLIPS (1992) observaram que o alimento não consumido e excrementos dissolvidos apresentam como efeito primário incremento da carga de nutrientes e de sedimentação e redução de oxigênio dissolvido. BOYD (1997) também observou que a ração não consumida é convertida em dióxido de carbono, amônia, fosfatos e outras substâncias dissolvidas pela ação microbiana.

Os dados de produção comprovam pelos números de despesca que nessa época havia uma grande quantidade de peixes na água (Tabela 1), levando se em consideração que um ciclo de produção de tilápia dura no mínimo seis meses para se atingir o peso pretendido (mínimo de 1kg) na despesca.

No início do estudo, as concentrações (Tabela 8) e saturações (Tabela 5) de oxigênio dissolvido eram bastante altas. No mês de setembro de 2003 houve hipersaturação em todos os pontos e profundidades, chegando a 135,25% a quatro metros de profundidade (a mesma das câmaras) no ponto cinco no período da manhã (Tabela 5). Essa hipersaturação pode indicar alta produtividade primária de fitoplâncton, que é um indicador de eutrofização. A chuva não deve ter interferido nesses resultados, pois não choveu nos dias de coleta ou em dias anteriores e o volume pluviométrico total dos meses de agosto e setembro de 2003 foi bastante baixo (Tabela 4).

Houve estratificação da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) entre as profundidades estudadas nos meses de agosto e setembro de 2003 e agosto, novembro e dezembro de 2004 (Tabela 9).

Em agosto de 2003, novembro e dezembro de 2004, a superfície apresentou concentrações superiores às outras profundidades. É possível que a ação de ventos e a atividade do fitoplâncton tenham contribuído para esses resultados. Já em agosto de 2004 as maiores concentrações foram encontradas a dois metros de profundidade. Em setembro de 2003 as maiores concentrações foram obtidas a quatro metros. Em lagos tropicais, normalmente, encontram-se déficits de oxigênio no epilímnio e com gradiente negativo de concentração, a difusão de oxigênio da

Tabela 8 – Valores de concentração (mg/L) de oxigênio (O₂) dissolvido na água, nos diferentes pontos e profundidades, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Concentração (mg/L) de oxigênio dissolvido na água																
Ponto	Prof.	Ago/ 03	Set/ 03	Out/ 03	Nov/ 03	Dez/ 03	Jan/ 04	Mar/ 04	Abr/ 04	Jun/ 04	Jul/ 04	Ago /04	Set/ 04	Out/ 04	Nov/ 04	Dez/ 04
1	sup.	9,95	9,47	6,79	6,94	6,94	5,98	4,93	3,62	6,25	5,70	6,65	5,96	5,96	5,01	6,81
	2 m	8,81	9,68	7,21	7,26	7,26	6,30	4,83	4,06	6,22	5,66	7,01	6,20	6,20	4,81	6,65
	4 m	8,51	9,68	7,31	7,26	7,26	5,98	4,72	5,48	5,30	5,53	7,06	6,50	6,50	4,30	6,30
2	sup.	9,00	9,58	7,52	7,26	7,26	5,02	6,91	5,59	6,00	5,70	6,47	6,63	6,63	4,99	7,10
	2 m	8,54	9,89	6,90	7,69	7,69	5,98	6,91	5,92	5,79	5,40	6,55	6,60	6,60	4,96	6,80
	4 m	8,51	9,89	7,52	7,15	7,15	7,26	7,68	4,94	5,50	5,46	6,89	6,59	6,59	4,85	6,11
3	sup.	8,59	9,27	7,00	7,48	7,48	4,16	6,25	5,05	5,79	5,64	5,95	6,69	6,69	5,06	6,95
	2 m	8,39	9,48	7,21	7,37	7,37	6,94	5,70	5,92	6,03	5,61	6,86	6,65	6,65	5,03	6,85
	4 m	8,45	9,68	7,21	6,94	6,94	5,87	5,70	5,37	5,46	5,55	6,38	6,46	6,46	4,65	6,27
4	sup.	9,18	9,37	7,72	7,37	7,37	5,13	7,35	7,13	6,28	5,90	5,72	6,66	6,66	5,13	6,94
	2 m	8,96	9,48	7,62	7,15	7,15	5,98	7,35	6,69	6,05	5,87	6,60	6,54	6,54	4,69	6,90
	4 m	8,87	9,78	7,11	6,52	6,52	6,30	7,24	6,91	6,08	4,33	7,07	5,90	5,90	4,30	6,51
5	sup.	8,96	9,06	7,42	7,69	7,69	6,41	6,69	5,71	5,98	5,79	6,63	6,62	6,62	5,15	6,49
	2 m	8,68	10,30	7,62	6,94	6,94	5,13	6,69	5,48	5,90	5,75	7,60	7,06	7,06	5,00	6,43
	4 m	8,67	10,61	7,01	7,16	7,16	5,77	6,69	5,49	5,65	5,82	6,32	6,50	6,50	4,65	6,62
6	sup.	8,85	9,17	7,21	6,94	6,94	5,88	6,80	4,94	6,16	5,82	6,18	7,00	7,00	5,38	**
	2 m	8,64	9,17	7,00	7,15	7,15	5,55	6,91	6,25	6,05	5,69	6,40	7,17	7,17	4,93	**
	4 m	8,57	9,17	7,52	7,15	7,15	5,87	6,58	4,61	5,98	5,52	6,09	6,60	6,60	4,65	**
7	sup.	9,61	9,69	7,53	8,02	8,02	7,91	6,70	6,92	5,77	5,50	5,45	6,13	6,13	4,75	**
	2 m	9,82	9,89	7,10	7,36	7,36	7,57	7,78	6,68	5,60	5,19	7,62	5,90	5,90	4,17	**
	4 m	9,82	9,89	7,93	7,80	7,80	8,01	7,46	6,03	5,85	5,41	5,58	5,81	5,81	4,36	**
** - Dados perdidos.																

- ** - Dados perdidos.

- Dados do mês de maio de 2004 foram perdidos.

- Marcação em cinza - Oxigênio dissolvido inferior a 5 mg/L, concentração mínima estabelecida para qualquer amostra pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, ao qual o córrego pertence.

Tabela 9 – Média e desvio padrão de valores de concentração (mg/L) de oxigênio dissolvido (O₂) na água dos sete pontos em um mesmo mês, em cada profundidade (superfície, dois metros e quatro metros), de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Média e desvio padrão de concentração (mg/L) de oxigênio dissolvido (O ₂) nos sete pontos nas diferentes profundidades em um mesmo mês															
Prof.	Ago/03	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Mar/04	Abr/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	Set/04	Out/04	Nov/04	Dez/04
sup.	9,16± 0,47 ^A	9,37 ±0,22 ^B	7,31± 0,33	7,39± 0,39	7,39 0,39	5,78± 1,20	6,52± 0,77	5,57± 1,21	6,03± 0,21	5,72± 0,13	6,15± 0,47 ^B	6,53± 0,36	6,53± 0,36	5,07± 0,19 ^A	6,86± 0,19 ^A
2m	8,83± 0,47 ^{AB}	9,70± 0,37 ^{AB}	7,24± 0,28	7,27± 0,24	7,27± 0,24	6,21± 0,83	6,60± 1,01	5,86± 0,90	5,95± 0,20	5,60± 0,23	6,95± 0,49 ^A	6,59± 0,45	6,59± 0,45	4,80± 0,30 ^B	6,73± 0,30 ^{AB}
4m	8,77± 0,48 ^B	9,81± 0,43 ^A	7,37± 0,31	7,14± 0,38	7,14± 0,38	6,44± 0,86	6,58± 1,05	5,55± 0,75	5,69± 0,25	5,37± 0,48	6,48± 0,56 ^B	6,34± 0,33	6,34± 0,33	4,54± 0,22 ^C	6,36± 0,22 ^B
^{A, B e C} - Semelhança ou diferença significativa entre as profundidades, segundo teste de Tukey (p<0,05).															

- ^{A, B, C} – Semelhança ou diferença significativa entre as profundidades, segundo teste de Tukey (p<0,05).

Concentração de oxigênio dissolvido a 4m

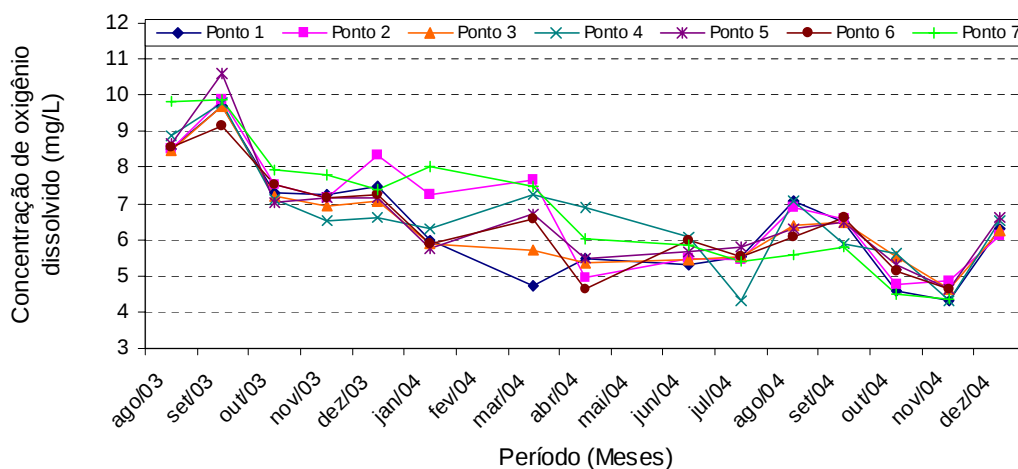


Figura 11 – Gráfico de valores de concentração (mg/L) de oxigênio dissolvido (O_2) na água a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Tabela 10 – Diferenças significativas de concentração de oxigênio na água a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
ago/03 vs abr/04	$P < 0.01$
ago/03 vs jun/04	$P < 0.01$
ago/03 vs jul/04	$P < 0.001$
ago/03 vs out/04	$P < 0.001$
ago/03 vs nov/04	$P < 0.001$
set/03 vs abr/04	$P < 0.001$
set/03 vs jun/04	$P < 0.01$
set/03 vs jul/04	$P < 0.001$
set/03 vs out/04	$P < 0.001$
set/03 vs nov/04	$P < 0.001$
out/03 vs out/04	$P < 0.05$
out/03 vs nov/04	$P < 0.01$
nov/03 vs nov/04	$P < 0.01$
dez/03 vs out/04	$P < 0.05$
dez/03 vs nov/04	$P < 0.01$

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

atmosfera é favorecida (ESTEVES, 1998).

A queda na concentração de oxigênio dissolvido pode ser observada pela Figura 11. A análise estatística demonstra que os resultados obtidos nos primeiros

meses de estudo (2003) diferem significativamente dos dados obtidos em 2004 (Tabela 10).

O ponto um, que supostamente seria isento de influência da piscicultura, apresentou resultados semelhantes aos demais pontos, inclusive com o ponto sete, que supostamente seria o mais impactado. O ponto um, a superfície, chegou a apresentar no mês de abril de 2004 a menor saturação do estudo (47,54% - 3,63mg/L de O.D. – Tabelas 5 e 8), o que leva a crer que este ponto tenha sido influenciado pela piscicultura, recebendo restos de ração, fezes, excretas, e a própria respiração dos peixes, pois sendo um braço represado não apresenta fluxo unidirecional de água, ou que então, a qualidade da água que chega à piscicultura tenha sido alterada por despejo de efluentes e lixiviação de fertilizantes e pastagens.

A partir de março de 2004 foram obtidas concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 5mg/L (Tabela 8), concentração mínima estabelecida pelo CONAMA 2005 para qualquer amostra coletada para corpos d'água de classe 2, ao qual pertence o córrego em questão.

Para piscicultura, a concentração mínima de oxigênio dissolvido que deve ser mantida é de 4mg/L. Excessivo estresse e risco de mortalidade ocorrem quando a concentração de oxigênio cai para valores abaixo de 2mg/L (KUBITZA, 2003). Entretanto, a tilápia tolera baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água. BECKER & FISHELSON (1986) sugerem que a concentração crítica para híbridos de *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus* é de 0,7 a 1,6 mg/L, ou seja, 10 a 20% de saturação a 26-35°C de temperatura da água. Quando a concentração de oxigênio dissolvido atinge 45 a 50% de saturação (aproximadamente 3 a 3,5mg/L a 28-30°C), a tilápia começa a reduzir sua atividade e, portanto, o consumo de oxigênio (ROSS & ROSS, 1983). Este parece ser um mecanismo regulador de consumo de oxigênio, compensando assim sua redução na água. Apesar de tolerar baixas concentrações de oxigênio dissolvido, a falta desse elemento prejudica muito seu desempenho na produção.

A transparência (m) da água apresentou grande pico em março 2004 nos pontos um, dois e cinco (Figura 12). Os meses de janeiro e fevereiro de 2004 apresentaram grande pluviosidade (Tabela 4). Conseqüentemente, houve aumento de volume e altura da coluna d'água, que deve ter feito com que o ponto um, em

especial, não tenha sofrido interferência de material em suspensão ressuspendido ou carregado pelas chuvas, pois este ponto fica no centro do córrego, a cerca de 225m de cada margem e sua profundidade média é de 20m.

A grande pluviosidade desse mês também aumentou o fluxo de água na direção da nascente para a represa, o que fez com que o ponto um ficasse isento de

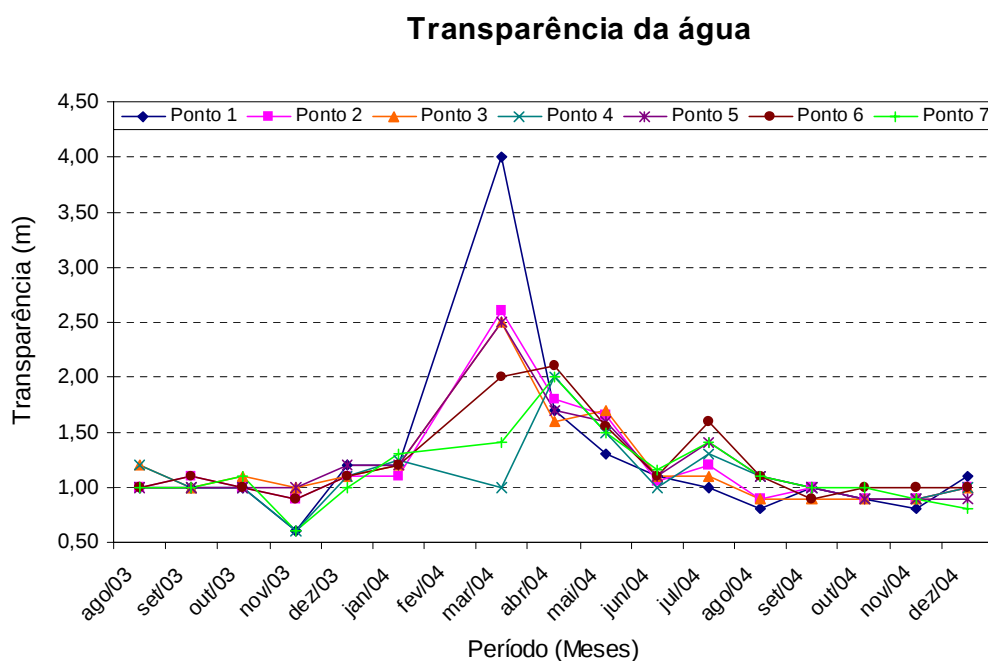


Figura 12 – Gráfico de valores de transparência (m) da água dos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Tabela 11 – Diferenças significativas de transparência da água entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
ago/03 vs abr/04	$P < 0.01$
ago/03 vs mai/04	$P < 0.05$
set/03 vs jan/04	$P < 0.01$
set/03 vs mar/04	$P < 0.001$
set/03 vs abr/04	$P < 0.001$
set/03 vs mai/04	$P < 0.001$
set/03 vs jul/04	$P < 0.01$
set/03 vs out/04	$P < 0.05$
jan/04 vs ago/04	$P < 0.05$
mar/04 vs ago/04	$P < 0.001$
mar/04 vs set/04	$P < 0.01$
mar/04 vs nov/04	$P < 0.01$
abr/04 vs ago/04	$P < 0.001$
abr/04 vs set/04	$P < 0.001$

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

influência de material em suspensão proveniente da produção nessa época, pois este localizava-se acima da piscicultura. Como a transparência da água do ponto um foi muito grande (4m), à medida que esta descia o córrego, ela deve ter influenciado a transparência dos pontos dois e cinco, promovendo diluição do material em suspensão. Estes pontos localizavam-se longitudinalmente ao rio e apresentaram transparência decrescente, indicando a ação de correnteza no sentido do ponto um ao seis. Os pulsos de vazão são importantes para a remoção de nutrientes em pisciculturas em tanques-rede (ZANIBONI FILHO et al., 2005).

Pela análise estatística, o mês de março de 2004, que apresentou o maior pico de transparência, foi diferente significativamente apenas nos meses de agosto, setembro e novembro de 2004 (Tabela 11). Tal fato pode ser explicado pela grande variabilidade dos resultados entre os pontos apresentada no mês de março de 2003, que pode ter feito com que o teste não tenha encontrado diferenças significativas com mais meses. Os meses de abril e julho de 2004, que apresentaram uma transparência maior que outros meses, apresentam diferenças significativas apenas se comparados com agosto e setembro de 2003 pelo mesmo motivo.

Pelos dados obtidos de pH nas diferentes profundidades (Tabela 12), esta variável também apresentou estratificação em agosto de 2003 e junho de 2004 (Tabela 13). Na maior parte do tempo, a água apresentou-se ligeiramente alcalina ($\text{pH} > 7$). Em abril de 2004 foram obtidos os valores mais baixos de pH em praticamente todos os pontos, sendo o ponto um a exceção (Tabela 12). Apesar de abril ter tido uma despesa de 10.030kg, no mês anterior ela foi de 36.963kg. É possível que o maior *input* de matéria orgânica na água por restos de ração, fezes e excretas no mês anterior tenha afetado os resultados de abril. Durante a degradação desse material por bactérias, há consumo de oxigênio e liberação de compostos acidificantes na água. Coincidentemente, o mês de abril de 2004 apresentou as menores saturações e concentrações de oxigênio do estudo (Tabelas 5 e 8). Além disso, a própria respiração dos peixes, que libera gás carbônico (CO_2), também pode ter contribuído para a acidificação do meio aquático.

Depois de maio de 2004, o pH tende a subir, apesar de picos de acidificação em agosto e novembro de 2004 (Figura 13), que podem ser explicados

Tabela 12 – Valores de pH da água, nos diferentes pontos e profundidades, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

		pH da água															
Ponto	Prof.	Ago/ 03	Set/ 03	Out/ 03	Nov/ 03	Dez/ 03	Jan/ 04	Mar/ 04	Abr/ 04	Mai/ 04	Jun/ 04	Jul/ 04	Ago /04	Set/ 04	Out/ 04	Nov/ 04	Dez/ 04
1	sup.	9,24	8,88	8,54	7,19	7,94	7,86	7,65	7,08	7,28	8,82	6,97	9,09	9,09	9,09	9,09	8,25
	2 m	8,81	8,36	8,48	8,04	7,45	7,86	7,71	7,00	7,27	8,66	7,76	8,96	8,96	8,96	8,96	8,38
	4 m	9,40	8,91	8,41	8,26	7,40	7,87	7,10	7,20	7,22	7,89	7,82	8,93	8,93	8,93	8,93	8,40
2	sup.	8,64	8,94	8,68	8,35	7,90	7,86	7,74	7,12	7,32	8,57	7,82	8,95	8,95	8,95	8,95	8,50
	2 m	8,45	8,75	8,58	8,39	8,03	7,88	7,71	7,02	7,22	8,56	7,80	9,00	9,00	9,00	9,00	8,68
	4 m	8,35	8,94	8,41	8,38	8,37	7,90	7,66	6,98	7,13	8,20	7,80	9,01	9,01	9,01	9,01	8,57
3	sup.	8,34	8,72	8,64	8,47	7,62	7,91	7,82	7,07	7,00	8,44	7,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,15
	2 m	8,17	8,90	8,54	8,44	8,11	7,85	7,71	7,01	6,69	8,45	7,86	9,14	9,14	9,14	9,14	8,49
	4 m	8,42	8,85	7,45	8,43	7,98	7,83	7,66	6,82	7,01	8,01	7,81	8,87	8,87	8,87	8,87	8,34
4	sup.	8,57	8,88	8,69	8,43	8,37	7,82	7,82	7,06	7,26	8,54	8,13	9,02	9,02	9,02	9,02	8,52
	2 m	8,38	8,90	8,07	8,42	8,37	7,93	7,71	6,75	7,36	8,67	8,16	9,18	9,18	9,18	9,18	8,54
	4 m	8,44	8,92	8,61	8,42	7,90	7,91	7,81	7,03	7,38	8,54	8,04	9,21	9,21	9,21	9,21	8,58
5	sup.	8,48	8,94	8,68	8,42	8,18	7,88	7,71	6,80	7,28	8,35	7,98	9,01	9,01	9,01	9,01	8,41
	2 m	8,35	8,98	8,62	8,46	8,47	7,86	7,18	6,66	7,24	8,43	7,98	9,01	9,01	9,01	9,01	8,36
	4 m	8,45	8,81	8,56	8,45	8,40	7,85	7,93	6,87	7,24	8,20	7,97	8,88	8,88	8,88	8,88	8,41
6	sup.	8,46	8,94	8,58	8,46	8,38	7,85	7,14	6,76	7,42	8,52	7,93	8,92	8,92	8,92	8,92	8,75
	2 m	8,38	8,99	8,68	8,48	8,50	7,84	7,38	6,71	7,38	8,47	7,89	8,11	8,11	8,11	8,11	8,56
	4 m	8,45	8,96	8,61	8,50	8,47	7,83	7,18	6,70	7,50	8,50	7,84	8,72	8,72	8,72	8,72	8,76
7	sup.	8,48	8,80	7,83	7,56	8,23	7,89	7,37	6,79	7,00	8,26	7,61	7,03	7,03	7,03	7,03	8,67
	2 m	8,35	9,95	8,24	8,36	8,31	7,87	7,49	6,82	7,24	8,52	7,84	9,03	9,03	9,03	9,03	8,56
	4 m	8,45	8,80	8,33	8,20	8,06	7,87	7,06	6,82	7,44	8,42	7,64	8,42	8,42	8,42	8,42	8,39
Marcações em cinza – valores de pH fora do estabelecido pelo CONAMA (2005), para corpos d'água de classe 2 (pH de 6 a 9).																	

Tabela 13 – Média e desvio padrão de valores de pH da água dos sete pontos em um mesmo mês, em cada profundidade (superfície, dois metros e quatro metros), de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Média e desvio padrão de pH nos sete pontos nas diferentes profundidades em um mesmo mês																	
Prof.	Ago/03	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	Set/04	Out/04	Nov/04	Dez/04	
sup.	8,60±0,30 ^B	8,87±0,08	8,52±0,31	8,13±0,53	8,09±0,28	7,87±0,03	7,61±0,26	6,95±0,16	7,22±0,16	8,50±0,18 ^{AB}	7,76±0,38	8,70±0,74	8,62±0,25	7,93±0,27	8,70±0,27	8,46±0,21	
2m	8,41±0,19 ^A	8,98±0,48	8,46±0,22	8,37±0,15	8,18±0,37	7,87±0,03	7,56±0,21	6,85±0,15	7,20±0,23	8,54±0,10 ^B	7,90±0,13	8,92±0,37	8,84±0,18	8,08±0,32	8,75±0,16	8,51±0,11	
4m	8,57±0,37A ^B	8,88±0,06	8,34±0,41	8,38±0,11	8,08±0,37	7,87±0,03	7,49±0,36	6,92±0,17	7,27±0,18	8,25±0,25 ^A	7,85±0,13	8,86±0,25	8,71±0,14	8,05±0,28	8,70±0,15	8,49±0,15	
A, B e C – Semelhança ou diferença significativa entre as profundidades, segundo teste de Tukey (p<0,05).																	

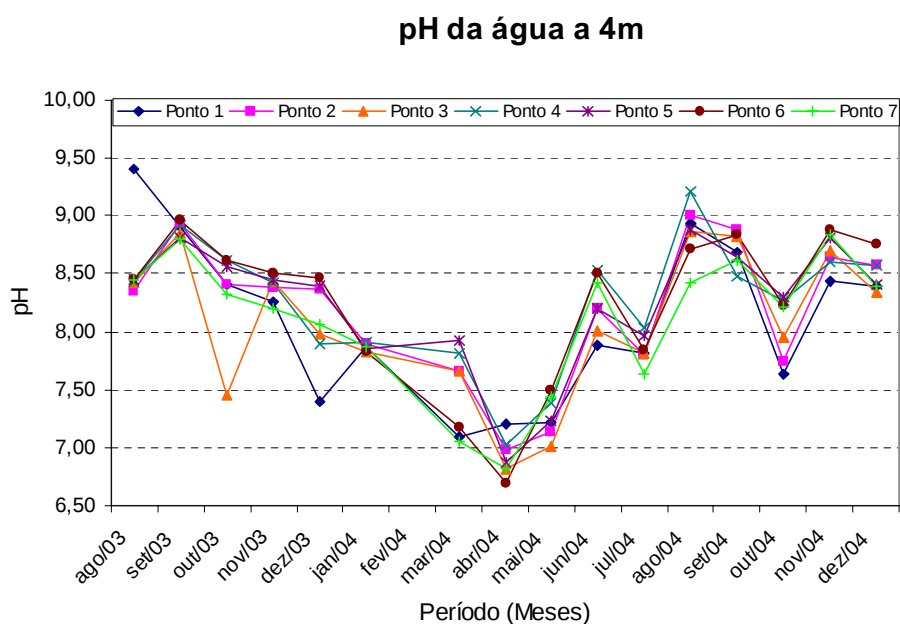


Figura 13 – Gráfico de valores de pH da água a quatro metros de profundidade, dos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Tabela 14 – Diferenças significativas de pH da água a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
nov/03 vs jan/04	$P < 0.05$
nov/03 vs mar/04	$P < 0.001$
nov/03 vs abr/04	$P < 0.001$
nov/03 vs mai/04	$P < 0.001$
nov/03 vs jun/04	$P > 0.05$
nov/03 vs jul/04	$P < 0.05$
jan/04 vs nov/04	$P < 0.05$
mar/04 vs set/04	$P < 0.05$
mar/04 vs out/04	$P < 0.01$
mar/04 vs nov/04	$P < 0.001$
mar/04 vs dez/04	$P < 0.05$
mar/04 vs set/04	$P < 0.05$
mar/04 vs out/04	$P < 0.01$
mar/04 vs nov/04	$P < 0.001$
mar/04 vs dez/04	$P < 0.05$
abr/04 vs ago/04	$P < 0.05$
abr/04 vs set/04	$P < 0.01$
abr/04 vs out/04	$P < 0.001$
abr/04 vs nov/04	$P < 0.001$
abr/04 vs dez/04	$P < 0.01$
mai/04 vs set/04	$P < 0.05$
mai/04 vs out/04	$P < 0.01$
mai/04 vs nov/04	$P < 0.001$
mai/04 vs dez/04	$P < 0.05$
jul/04 vs nov/04	$P < 0.05$

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

pelas mesmas razões do ocorrido em abril. A análise estatística comprova a diferença significativa entre os picos e declínios de pH demonstrados pelo gráfico (Tabela 14).

Nos meses de agosto e setembro de 2003 e em agosto de 2004, algumas amostras apresentaram pH superior a 9,00, enquadrando-se fora do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, cuja faixa estabelecida vai de 6,00 a 9,00. Segundo ESTEVES (1998) as comunidades aquáticas podem elevar os valores de pH do meio através da assimilação de gás carbônico (CO_2) durante o processo fotossintético, fato especialmente freqüente em água com baixa alcalinidade.

O pH ótimo para a produção de tilápias fica entre 6 e 8,5. Porém, só abaixo de 4,5 ou acima de 10,5 a mortalidade é significativa (KUBITZA, 2000). Em algumas amostras o pH ficou acima de 9, contudo, por esses resultados não estarem muito longe do desejável, é muito provável que o alto pH da água não tenha prejudicado a produção.

A taxa de sedimentação de fósforo total (P-total) apresentou picos em novembro de 2003 e janeiro, maio-junho, agosto de 2004 (Tabela 15, Figura 14). Esses picos coincidem com épocas em que havia uma grande quantidade de peixes na água e por sua vez, a quantidade de ração utilizada era maior.

Pela análise estatística, setembro de 2003 apresenta diferenças significativas com vários meses de 2004 (Tabela 16). Nesse mês havia poucos peixes na água, pois a piscicultura encontrava-se em fase de implementação.

A maior parte dos resíduos de fósforo é encontrada em forma particulada, e não sofre tanta lixiviação para a coluna d'água, como os resíduos nitrogenados (CORNEL & WHORISKEY, 1993).

A queda dos picos de sedimentação de fósforo total se deu depois de grandes despescas (Tabela 1). Normalmente nos meses mais quentes, quando a produção é maior, a taxa de alimentação sobe, aumentando ainda mais o aporte de ração. A taxa de alimentação, que é a quantidade de comida oferecida ao dia, é estipulada de acordo com a temperatura da água. Quanto mais elevada a temperatura, maior o metabolismo do peixe. Essa taxa começa em 1,5 e pode atingir até 6% do peso do peixe ao dia, caso a temperatura da água atinja de 26 a 30°C. Com isso, quanto

Tabela 15 – Valores de taxa de sedimentação de fósforo total (P - $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^2/\text{dia}$) nos sete pontos estudados, a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

	Taxa de sedimentação de fósforo total ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^2/\text{dia}$)															
	ago/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04	set/04	out/04	nov/04	dez/04
Ponto 1	0,36	0,08	1,93	2,54	0,53	2,14	0,45	0,29	5,38	4,11	0,34	2,80	2,82	1,86	1,86	3,50
Ponto 2	0,40	0,26	0,41	2,75	0,67	1,18	**	0,34	2,24	4,71	0,34	8,81	0,66	3,46	3,46	3,60
Ponto 3	0,48	0,12	0,45	2,80	0,47	0,95	0,26	0,94	3,91	2,09	0,48	14,31	1,48	16,02	16,02	1,23
Ponto 4	0,48	0,05	0,45	2,80	0,47	0,95	0,26	0,94	3,91	2,09	0,48	1,77	0,45	1,60	1,60	1,20
Ponto 5	0,43	0,13	0,45	2,35	0,50	0,73	0,38	0,22	1,28	0,94	**	**	0,36	0,94	0,94	0,94
Ponto 6	0,41	0,08	0,48	2,75	0,55	0,64	0,26	0,33	1,84	0,48	**	3,06	0,38	0,48	0,48	1,37
Ponto 7	0,48	0,13	1,55	3,39	2,75	2,49	3,64	0,74	0,87	2,00	0,69	1,46	1,09	5,05	5,05	1,48

- ** - dados perdidos.

Tabela 16 – Diferenças significativas de taxa de sedimentação de fósforo total a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
set/03 vs nov/03	P < 0.001
set/03 vs mai/04	P < 0.001
set/03 vs jun/04	P < 0.01
set/03 vs ago/04	P < 0.001
set/03 vs out/04	P < 0.01
set/03 vs nov/04	P < 0.01
set/03 vs dez/04	P < 0.01

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

Taxa de sedimentação de fósforo total

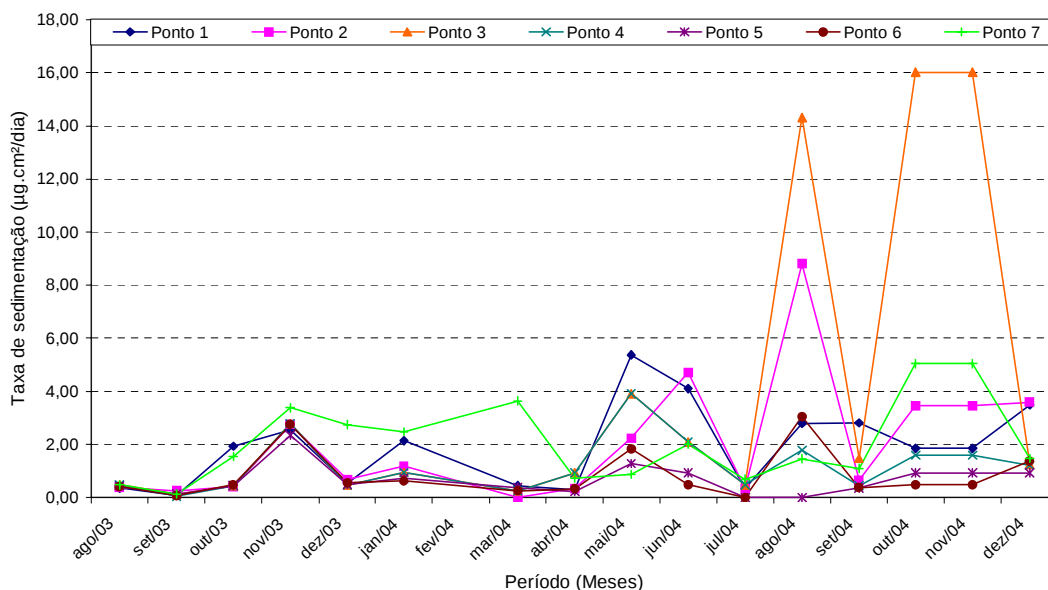


Figura 14 – Gráfico dos valores de taxa de sedimentação de fósforo total (P- $\mu\text{g.cm}^2/\text{dia}$) a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

maior a temperatura, maior a quantidade de ração empregada e maior a liberação de sobras de ração, fezes e excretas.

Outro problema da temperatura da água muito alta é que o metabolismo do peixe pode acelerar a tal ponto que não é capaz de absorver devidamente os nutrientes da ração, o que leva a um aumento da taxa de conversão alimentar, ou seja, o peixe come e excreta mais, porém não ganha peso, liberando os nutrientes não assimilados para o meio (GUO & LI, 2003). Durante o período mais quente, portanto, é esperado maior aporte de ração e, por conseguinte, maior lançamento de matéria orgânica na água, o que poderia afetar mais ainda a concentração de oxigênio dissolvido, já influenciado pela alta temperatura. Observou-se que quando começaram a ocorrer picos de sedimentação de fósforo total (Figura 14) a saturação de oxigênio dissolvido começava a demonstrar declínio (Figura 10). Tal fato pode indicar que nesses meses havia realmente maior quantidade de matéria orgânica em decomposição.

CORNEL & WHORISKEY (1993), em trabalho conduzido em um lago oligotrófico no Canadá, onde eram criadas trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*)

em tanques-rede, também encontraram picos de fósforo nos sedimentos em meses em que ocorreu alimentação em excesso e restos de *pellets* foram encontrados em amostras. A recuperação após esses picos, segundo os autores, indica a capacidade do lago de absorver fósforo.

Segundo YIYONG et al. (2001), as fezes dos peixes, por apresentarem fosfatase, podem inclusive acelerar a ciclagem de fósforo em altas concentrações de fósforo hidrolizável. Portanto, para esses autores, no sedimento de pisciculturas em tanques-rede existe uma alta eficiência de hidrólise de fósforo orgânico.

Inicialmente, todos os pontos (com exceção do ponto sete) apresentaram picos de sedimentação de fósforo total mais definidos e, à medida que o estudo foi sendo conduzido, cada ponto começou a apresentar resultados mais distintos em decorrência de características locais, que devido ao constante aporte de fósforo tiveram suas características iniciais alteradas, o que influenciou a dispersão e/ou sedimentação dessa substância no ecossistema aquático.

De novembro de 2003 a março de 2004, o ponto sete apresentou as maiores taxas em relação aos demais pontos (Tabela 15, Figura 14). É muito provável que a queda dessa taxa de sedimentação nesse ponto a partir de abril de 2004 seja devido ao resfriamento da água (Tabela 2), que desacelerou a produção, e que por isso, houvesse menor número de tanques presos ao trapiche. Em outubro-novembro de 2004, a taxa nesse ponto voltou a crescer, provavelmente por ser época de grande produção, e, portanto, o trapiche possuía maior número de tanques presos a ele, para a aclimação dos juvenis que chegavam à piscicultura. Houve ocorrência de chuvas próximas à coleta nesses meses. Porém, como a chuva (Tabela 4) parece ter tido efeito diluidor para o nitrato e fósforo total, como será discutido adiante, é pouco provável que ela tivesse interferido significativamente, aumentando o aporte e a taxa de sedimentação de fósforo total.

O ponto três, a partir de agosto de 2004, começou a apresentar taxas de sedimentação de fósforo total bastante elevadas. Este ponto fica fora da área de cultivo e por isso, não seria esperada uma taxa de sedimentação tão alta. Esse fato ocorreu após um período de seca (Tabela 4) e pode indicar a presença ou até mesmo surgimento de correntes que em determinadas situações transportam as substâncias liberadas pela piscicultura para outros pontos, dependendo da direção do fluxo de água.

Houve picos na taxa de sedimentação de fósforo total em novembro de 2003, janeiro, maio-junho, agosto e outubro-novembro (nos pontos dois, três e sete) de 2004. Esses picos aconteceram tanto em meses de seca, quanto em meses chuvosos (Tabela 4), o que leva a crer que a chuva deve ter tido pouca influência sobre essa taxa de sedimentação. Levando-se em consideração o grande volume pluviométrico de outubro a dezembro de 2004 (Tabela 4) e a alta produção, principalmente em novembro (Tabela 1), a chuva pode ter apresentado efeito diluidor e mascarado picos de sedimentação maiores que os obtidos.

Notou-se tendência de aumento dessa taxa em todos os pontos ao longo do período estudado (Tabela 14, Figura 14), provavelmente, porque o ecossistema aquático não tem mais meios de assimilar todo o fósforo proveniente da matéria orgânica lançada pela piscicultura.

Os maiores picos na taxa de sedimentação de ortofosfato foram obtidos no ponto sete (Tabela 17, Figura 15). Em janeiro de 2004, além do ponto sete, os outros pontos apresentaram ligeiro aumento nessa taxa, o que permitiu que diferenças significativas fossem encontradas entre os meses de maio, junho, julho e setembro de 2004 (Tabela 18).

Por ser uma substância bastante solúvel, era de se esperar que sua sedimentação fosse baixa. Os elevados picos apresentados no ponto sete estão relacionados ao grande aporte de ração, que dentre seus componentes apresenta fosfato bicálcico (CaHPO_4), que é fácil e rapidamente liberado para a água, agravado pela má circulação de água provocada pelos tanques presos ao trapiche.

Vários fatores físicos, químicos e físico-químicos interferem na precipitação (imobilização) dos íons fosfato no ambiente aquático; entre estes destacam-se a concentração dos íons ferro, alumínio, sulfeto, compostos orgânicos e carbonatos, pH e condições de oxi-redução. Em pH elevado, o cálcio pode ter papel mais importante na precipitação de fósforo que o ferro, alumínio e manganês (ESTEVEZ, 1998).

Por causa da ração, é possível que existisse uma certa concentração de ortofosfato na água e que, na escassez de cálcio, esse elemento não estivesse sendo precipitado.

Tabela 17 – Valores de taxa de sedimentação de ortofosfato (P-PO₄ - µg.cm²/dia) nos sete pontos estudados, a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Taxa de sedimentação de ortofosfato (µg.cm ² /dia)																
	ago/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04	set/04	out/04	nov/04	dez/04
Ponto 1	0,12	0,12	0,18	0,12	0,07	0,31	0,13	0,07	0,07	0,09	0,07	**	0,10	0,10	0,10	0,07
Ponto 2	0,14	0,16	0,14	0,14	0,07	0,36	0,10	0,07	0,07	0,09	0,07	0,38	0,07	0,11	0,11	0,11
Ponto 3	0,14	0,16	0,14	0,14	0,07	0,22	0,10	0,30	0,07	0,10	0,07	0,13	0,07	0,07	0,07	0,09
Ponto 4	0,14	0,16	0,12	0,12	0,07	0,50	0,10	0,17	0,07	0,11	0,07	0,25	0,07	0,15	0,15	0,10
Ponto 5	0,12	0,14	0,11	0,12	0,07	0,16	0,09	0,09	0,07	0,09	**	**	**	0,11	0,11	0,11
Ponto 6	0,11	0,11	0,14	0,14	0,07	0,25	0,10	0,14	0,07	0,07	**	0,18	0,09	0,07	0,07	0,10
Ponto 7	0,12	0,22	5,61	0,22	0,07	1,28	0,32	0,89	0,07	0,07	0,07	0,13	0,07	0,07	0,07	0,11

** - dados perdidos.

- ** - dados perdidos.

Tabela 18 – Diferenças significativas de taxa de sedimentação de ortofosfato a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
set/03 vs dez/03	P < 0.05
set/03 vs mai/04	P < 0.05
out/03 vs dez/03	P < 0.05
out/03 vs mai/04	P < 0.05
nov/03 vs dez/03	P < 0.05
nov/03 vs mai/04	P < 0.05
dez/03 vs jan/04	P < 0.001
dez/03 vs ago/04	P < 0.05
jan/04 vs mai/04	P < 0.001
jan/04 vs jun/04	P < 0.05
jan/04 vs jul/04	P < 0.001
jan/04 vs set/04	P < 0.01
mai/04 vs ago/04	P < 0.05
jul/04 vs ago/04	P < 0.05

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

Taxa de sedimentação de ortofosfato

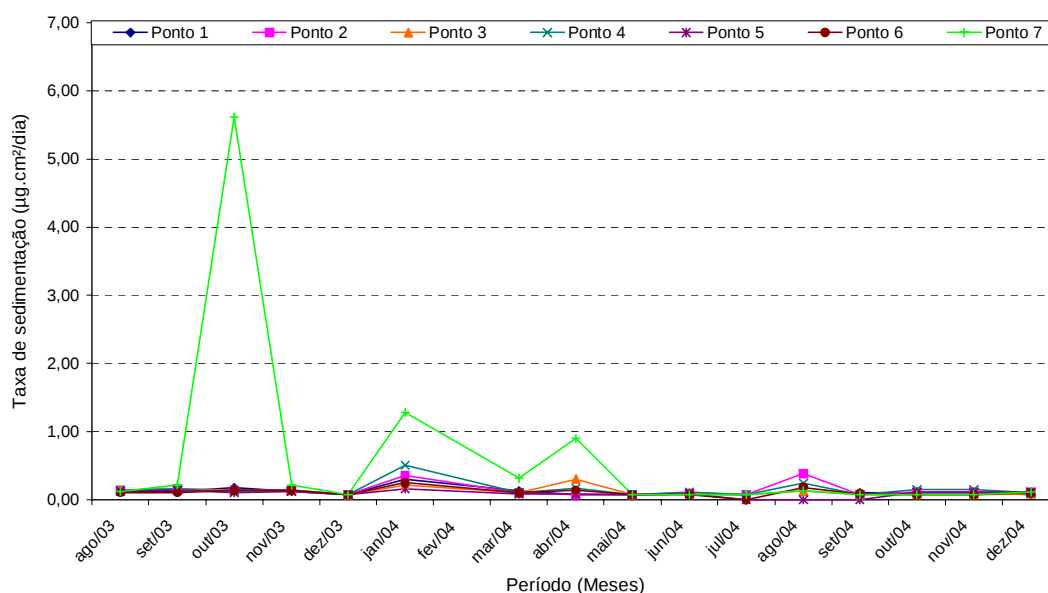


Figura 15 – Gráfico de valores de taxa de sedimentação de ortofosfato ($P-PO_4$ - $\mu g.cm^2/dia$) a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Outra hipótese para a diminuição dos picos de sedimentação até sua ausência neste ponto é que tivesse ocorrido uma “adaptação” do ecossistema aquático ao constante aporte de restos de ração, com melhor reciclagem desse elemento, e/ou adoção de melhor manejo alimentar, diminuindo as sobras de ração.

CORNEL & WHORISKEY (1993) observaram que resíduos ricos em fósforo provenientes da piscicultura em tanques-rede no Lac du Passage parecem ter sedimentado e aumentado a concentração de fósforo (P) disponível no sedimento. Porém, parece não ter havido aumento da concentração de ortofosfato (PO_4) na água, em comparação com outros dois pontos usados como controle.

A principal consequência da precipitação do íon fosfato é sua exclusão definitiva ou temporária de circulação, com múltiplas implicações sobre o metabolismo de todo o ecossistema aquático, especialmente reduzindo a sua produtividade (ESTEVES, op. cit.).

O nitrogênio amoniacal apresentou seu maior pico de sedimentação em janeiro de 2004 (Tabela 19, Figura 16). Apesar de janeiro ter apresentando um grande volume pluviométrico (Tabela 4), este pico parece não ter sofrido influência

de chuvas, uma vez que nos dez dias anteriores à coleta o volume pluviométrico foi bastante baixo. Os resultados dos meses de janeiro e junho de 2004 apresentaram diferenças significativas com os de outros meses, quando a sedimentação foi menor (Tabela 20).

Taxa de sedimentação de nitrogênio amoniacal

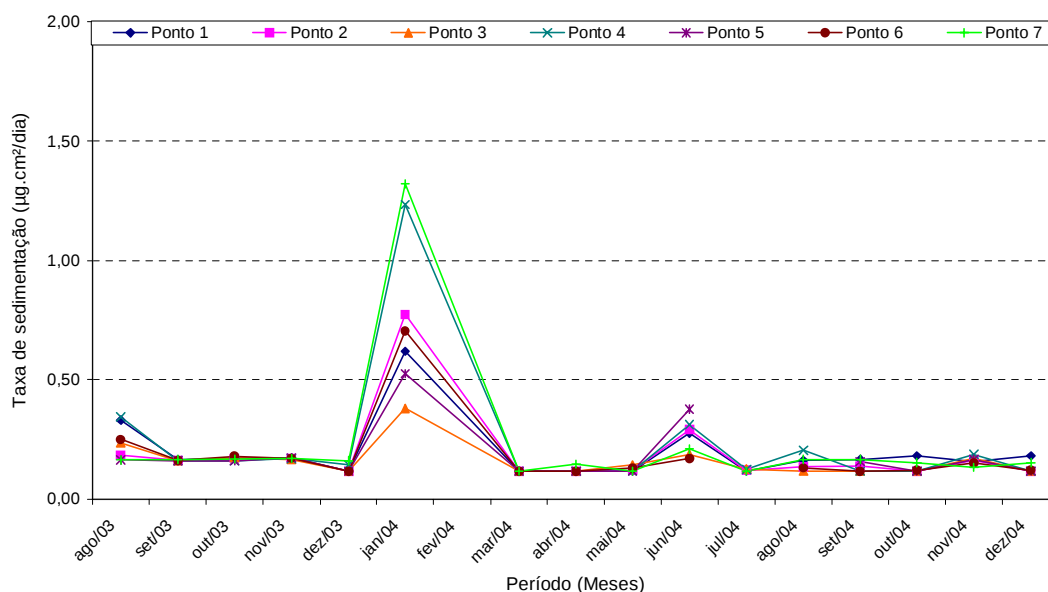


Figura 16 – Gráfico de valores de taxa de sedimentação de nitrogênio amoniacal (NH_3 e NH_4 - $\mu\text{g.cm}^2/\text{dia}$) a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Os pontos quatro e sete (Figura 16) apresentaram as maiores taxas em relação aos demais durante este pico. O ponto sete apresentava nesse período uma grande concentração de peixes com conseqüente excreção de amônia, e como já dito anteriormente, o grande número de tanques presos ao trapiche dificultava a circulação de água. Tais fatos podem ter contribuído para o aumento da concentração de nitrogênio amoniacal e sua taxa de sedimentação.

Às margens do ponto quatro, bovinos tinham acesso ao córrego, que era usado por eles para beber água. Nesse trecho, não havia qualquer tipo de vegetação por causa do grande trânsito de animais e o solo era alagado. É possível que a uréia - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ - presente na urina desses animais tenha sido lixiviada para o córrego e sofrido processo de amonificação por bactérias amonificantes.

Tabela 19 – Valores de taxa de sedimentação de nitrogênio amoniacal (NH₃ e NH₄ - µg.cm²/dia) nos sete pontos estudados a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Taxa de sedimentação de nitrogênio amoniacal (µg.cm ² /dia)																
	ago/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04	set/04	out/04	nov/04	dez/04
Ponto 1	0,33	0,16	0,17	0,17	0,12	0,62	0,12	0,12	0,12	0,28	0,12	0,16	0,17	0,18	0,16	0,18
Ponto 2	0,18	0,16	0,17	0,17	0,12	0,77	0,12	0,12	0,12	0,29	0,12	0,13	0,14	0,12	0,16	0,12
Ponto 3	0,23	0,16	0,17	0,17	0,12	0,38	0,12	0,12	0,14	0,19	0,13	0,12	0,12	0,12	0,17	0,12
Ponto 4	0,34	0,16	0,16	0,17	0,14	1,23	0,12	0,12	0,12	0,31	0,12	0,20	0,12	0,12	0,19	0,12
Ponto 5	0,16	0,16	0,16	0,17	0,12	0,53	0,12	0,12	0,12	0,38	**	**	0,16	0,12	0,17	0,12
Ponto 6	0,25	0,16	0,18	0,17	0,12	0,70	0,12	0,12	0,13	0,17	**	0,13	0,12	0,12	0,15	0,12
Ponto 7	0,16	0,17	0,17	0,17	0,16	1,32	0,12	0,15	0,12	0,21	0,12	0,17	0,17	0,15	0,13	0,15

- **, dados perdidos.

- **: dados perdidos.

Tabela 20 – Diferenças significativas de taxa de sedimentação de nitrogênio amoniacal a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
ago/03 vs mar/04	P < 0.01
ago/03 vs abr/04	P < 0.05
ago/03 vs mai/04	P < 0.05
dez/03 vs jan/04	P < 0.001
dez/03 vs jun/04	P < 0.05
jan/04 vs mar/04	P < 0.001
jan/04 vs abr/04	P < 0.001
jan/04 vs mai/04	P < 0.001
jan/04 vs jul/04	P < 0.01
jan/04 vs set/04	P < 0.05
jan/04 vs out/04	P < 0.01
jan/04 vs dez/04	P < 0.01
mar/04 vs jun/04	P < 0.01
abr/04 vs jun/04	P < 0.01
mai/04 vs jun/04	P < 0.01
jun/04 vs jul/04	P < 0.05
jun/04 vs out/04	P < 0.05
jun/04 vs dez/04	P < 0.05

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

RUGANI (1980) realizou um estudo sobre bactérias amonificantes em lagos do médio rio Doce (MG) e verificou uma variação sazonal nessa comunidade, provocando picos nos meses de março e novembro, que correspondem aos meses de maior pluviosidade. Na região estudada, o período chuvoso vai de outubro a março, sendo que o mês de janeiro foi o que apresentou maior pluviosidade. É possível que a variação sazonal dessa comunidade de bactérias amonificantes tenha contribuído para o pico da taxa de sedimentação desse elemento justamente no mês que apresentou maior volume pluviométrico.

ZANIBONI FILHO et al. (2005) observaram aumento na concentração desse elemento na água ao fundo, perto de tanques-rede onde eram criados jundiá (*Rhamdia quelen*). É possível que exista mais nitrogênio amoniacal na água, que por limitação de algum fator que condicione sua sedimentação, não esteja sofrendo esse processo.

Pelos dados obtidos de sedimentação de nitrito (Tabela 21), houve diferenças significativas entre os meses (Tabela 22). Entretanto, como essa taxa apresentou valores muito baixos (não chegaram a $0,5\mu\text{g.cm}^2/\text{dia}$), pode ser duvidoso caracterizar esse aumento como pico (Figura 17).

O nitrito é encontrado em baixas concentrações em ambientes oxigenados, pois é a forma intermediária entre a forma mais reduzida, a amônia, e a mais oxidada, o nitrato (ESTEVES, 1998). Portanto, não há indícios de que estivesse havendo escassez de oxigênio para o processo de nitrificação da amônia. Porém, como a taxa de sedimentação de nitrogênio amoniacal foi bastante baixa, poderia dizer-se que esta influenciou a taxa de sedimentação de nitrito. Entretanto, o indício de que a hipótese mais provável para este caso seja a de que não houve escassez de oxigênio para que o processo de nitrificação fosse completado está na taxa de sedimentação de nitrato.

O primeiro pico de sedimentação de nitrato (com exceção do ponto três) ocorreu em setembro de 2003 (Tabela 23, Figura 18), mês em que a pluviosidade total foi baixa e não houve chuvas nos cinco dias anteriores à coleta (Tabela 4). O segundo pico (com exceção dos pontos dois e três) ocorreu em março de 2004, sendo que não houve ocorrência de chuvas nos nove dias anteriores à coleta.

Tabela 21 – Valores de taxa de sedimentação de nitrito (NO₂ - µg.cm²/dia) nos sete pontos estudados a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Taxa de sedimentação de nitrito (µg.cm ² /dia)																	
	ago/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04	set/04	out/04	nov/04	dez/04	
Ponto 1	0,13	0,13	0,19	0,20	0,13	0,10	0,19	0,07	0,11	0,10	0,11	**	0,28	0,13	0,11	0,13	
Ponto 2	0,13	0,10	0,24	0,19	0,11	0,20	0,20	0,07	0,12	0,11	0,12	0,00	0,30	0,14	0,12	0,20	
Ponto 3	0,13	0,13	0,25	0,19	0,10	0,13	0,19	0,07	0,13	0,10	0,11	0,10	0,31	0,15	0,11	0,22	
Ponto 4	0,13	0,11	0,27	0,19	0,10	0,10	0,20	0,08	0,11	0,14	0,12	0,10	0,34	0,17	0,12	0,19	
Ponto 5	0,13	0,10	0,27	0,18	0,11	0,12	0,17	0,06	0,10	0,11	**	**	0,26	0,13	**	0,21	
Ponto 6	0,12	0,13	0,25	0,18	0,11	0,13	0,19	0,07	0,12	0,13	**	0,06	0,30	0,13	**	0,17	
Ponto 7	0,13	0,20	0,11	0,19	0,11	0,10	0,19	0,08	0,14	0,11	0,13	0,19	0,29	0,16	0,13	0,17	

**-. dados perdidos.

- **: dados perdidos.

Tabela 22 – Diferenças significativas de taxa de sedimentação de nitrito a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
set/03 vs set/04	P < 0.05
out/03 vs abr/04	P < 0.001
nov/03 vs abr/04	P < 0.001
dez/03 vs set/04	P < 0.001
jan/04 vs set/04	P < 0.05
mar/04 vs abr/04	P < 0.001
abr/04 vs set/04	P < 0.001
abr/04 vs dez/04	P < 0.01
mai/04 vs set/04	P < 0.05
jun/04 vs set/04	P < 0.01
jul/04 vs set/04	P < 0.05
ago/04 vs set/04	P < 0.01
set/04 vs nov/04	P < 0.05

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

Taxa de sedimentação de nitrito

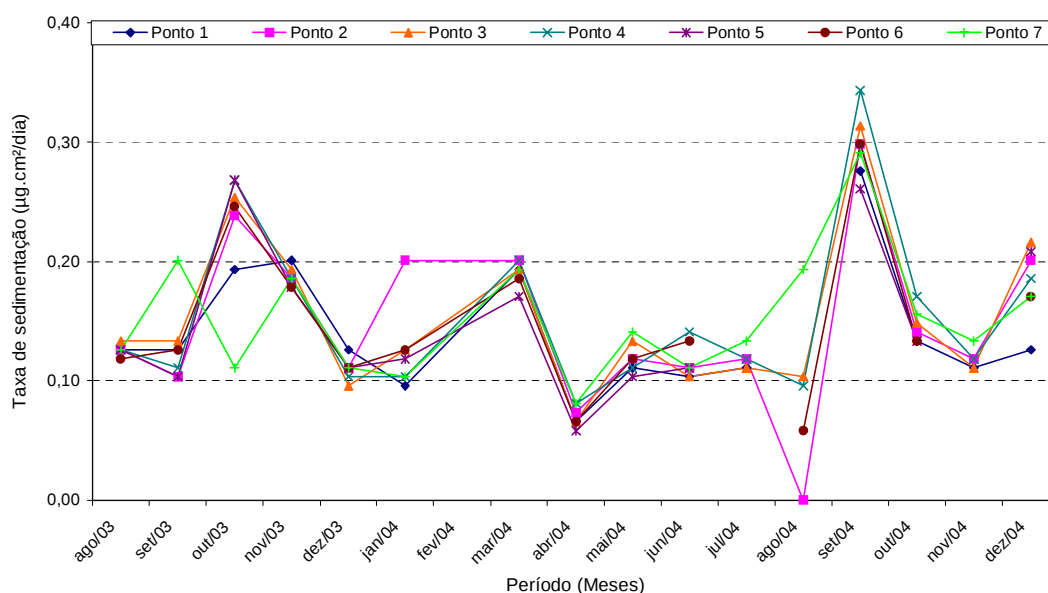


Figura 17 – Gráfico de valores de taxa de sedimentação de nitrito (NO_2 - $\mu\text{g.cm}^2/\text{dia}$) a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Tais fatos reduziram consideravelmente a possibilidade de interferência nos resultados por lixiviação de fertilizantes ou até mesmo das pastagens. Além disso, em abril de 2004, choveu nos três dias anteriores à coleta e houve queda na taxa de sedimentação desse elemento, indicando que neste caso a chuva pode ter tido efeito diluidor dessa substância.

A partir de junho de 2004, os pontos começaram a apresentar resultados bastante distintos, e, aparentemente, sem padrão. A atuação de correntes e as características distintas de cada ponto, que podem ter reagido de formas diferentes ao constante aporte dessa substância devem ter contribuído para estes resultados.

Notou-se tendência de aumento em todos os pontos da taxa de sedimentação de nitrato ao longo do estudo, assim como o ocorrido com a de fósforo total. Pela análise estatística, os meses de 2003 apresentaram diferenças com os meses de 2004 (Tabela 24). ZANIBONI FILHO et al. (2005) observaram aumento da concentração de nitrato na água ao fundo, em reservatório com tanques-rede.

A taxa de sedimentação de material em suspensão não apresentou picos em todos os pontos em nenhum momento do estudo (Tabela 25, Figura 19)

Tabela 23 – Valores de taxa de sedimentação de nitrato (NO_3 - $\mu\text{g.cm}^2/\text{dia}$) nos sete pontos estudados a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

Taxa de sedimentação de nitrato (µg.cm²/dia)																	
	ago/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04	set/04	out/04	nov/04	dez/04	
Ponto 1	0,60	1,13	1,22	0,00	0,00	1,84	3,25	0,78	2,19	0,00	0,95	**	2,62	4,35	2,79	2,95	
Ponto 2	0,00	1,84	1,04	0,00	0,00	3,07	1,48	1,31	2,01	2,19	2,90	7,62	4,54	5,41	3,31	2,96	
Ponto 3	1,48	0,51	1,66	0,00	0,00	3,52	2,72	1,57	2,01	2,10	0,95	7,83	3,20	3,54	2,61	2,59	
Ponto 4	0,07	2,10	1,13	0,00	0,00	1,57	7,05	1,84	2,19	0,07	0,00	7,57	4,59	4,32	3,31	3,15	
Ponto 5	0,34	1,75	1,13	1,13	0,00	1,75	2,72	1,48	1,57	2,72	**	**	2,99	0,20	2,81	2,34	
Ponto 6	0,00	1,48	0,00	0,00	0,00	1,31	2,37	2,37	1,66	2,10	**	0,00	4,54	2,68	2,28	2,37	
Ponto 7	0,34	1,13	0,00	0,16	0,00	1,66	3,43	1,93	1,93	3,16	2,63	2,88	6,41	6,36	2,23	2,02	

**-. dados perdidos.

- **: dados perdidos.

Tabela 24 – Diferenças significativas de taxa de sedimentação de nitrato a quatro metros de profundidade entre os meses estudados (de agosto de 2003 a dezembro de 2004).

Meses comparados que apresentaram diferenças	Nível de significância
ago/03 vs set/04	P < 0.01
ago/03 vs out/04	P < 0.05
out/03 vs set/04	P < 0.05
nov/03 vs mar/04	P < 0.05
nov/03 vs ago/04	P < 0.05
nov/03 vs set/04	P < 0.001
nov/03 vs out/04	P < 0.01
nov/03 vs nov/04	P < 0.05
nov/03 vs dez/04	P < 0.05
dez/03 vs ago/04	P < 0.05
dez/03 vs set/04	P < 0.001
dez/03 vs out/04	P < 0.01
dez/03 vs nov/04	P < 0.01
dez/03 vs dez/04	P < 0.05
ago/03 vs set/04	P < 0.01

- Análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) e Dunn's Multiple Comparison Test, usando como repetição os sete pontos para cada mês analisado.

Taxa de sedimentação de nitrato

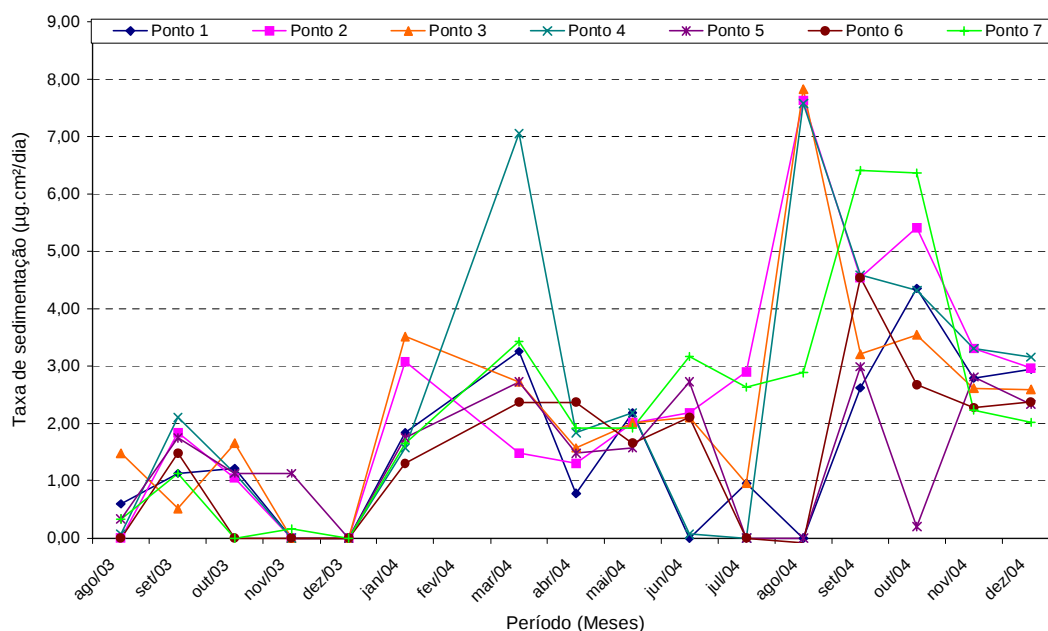


Figura 18 – Gráfico de valores de taxa de sedimentação de nitrato (NO_3 - $\mu\text{g.cm}^2/\text{dia}$) a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

e apresentou maiores valores nos meses mais quentes, provavelmente, por ser esta época a mais produtiva, e, portanto, de maior aporte de matéria orgânica. Além disso, essa época também coincide com o período de chuvas, que podem ter contribuído para o aumento de material em suspensão na água.

Não houve diferenças significativas dos resultados entre os meses. Até março de 2004, os pontos quatro e sete foram os que apresentaram as maiores taxas.

O ponto quatro apresenta características bem específicas. Ele é mais raso, além de ficar localizado distante da piscicultura, às margens do córrego. Por ficar próxima ao fundo, esta câmara pode ter sofrido influência de ressuspensão do material sedimentado, elevando assim a taxa de sedimentação de material em suspensão (LEITE et al., 2000). A ausência de mata ciliar, o solo arenoso e a alta suscetibilidade à erosão nesse ponto também podem ter contribuído para uma maior taxa de sedimentação. Segundo CARVALHO (1994), a erosão, o transporte de sedimento, distribuição, deposição e ressuspensão são processos conduzidos basicamente por forças meteorológicas e correntes.

Tabela 25 – Valores de taxa de sedimentação de material em suspensão ($\text{mg.cm}^2/\text{dia}$) nos sete pontos estudados a quatro metros de profundidade, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

	Taxa de sedimentação de material em suspensão ($\text{mg.cm}^2/\text{dia}$)															
	ago/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04	set/04	out/04	nov/04	dez/04
Ponto 1	0,31	0,41	1,47	0,33	0,33	0,31	0,38	0,89	0,07	**	0,66	1,35	1,35	0,20	0,18	0,78
Ponto 2	0,18	0,50	0,29	0,58	0,11	0,30	**	0,26	0,14	**	0,66	1,53	1,53	1,01	0,18	0,18
Ponto 3	0,17	0,13	0,45	0,33	0,20	0,14	0,09	0,25	0,17	**	0,35	0,56	0,56	0,22	0,31	0,31
Ponto 4	0,22	1,17	0,19	1,95	0,54	1,35	0,15	0,42	0,19	**	0,59	0,17	0,17	0,88	0,78	0,78
Ponto 5	0,23	0,13	0,00	0,26	0,34	0,08	0,12	0,42	0,09	0,34	**	**	0,00	0,74	0,28	0,39
Ponto 6	0,13	0,43	0,15	0,20	0,35	0,13	0,11	0,33	0,07	0,68	**	0,29	0,48	0,39	0,26	0,31
Ponto 7	0,23	3,40	3,29	0,61	2,23	0,83	1,66	0,12	0,12	0,18	0,60	1,17	0,47	1,25	0,63	0,63

-, **, dados perdidos.

Taxa de sedimentação de material em suspensão

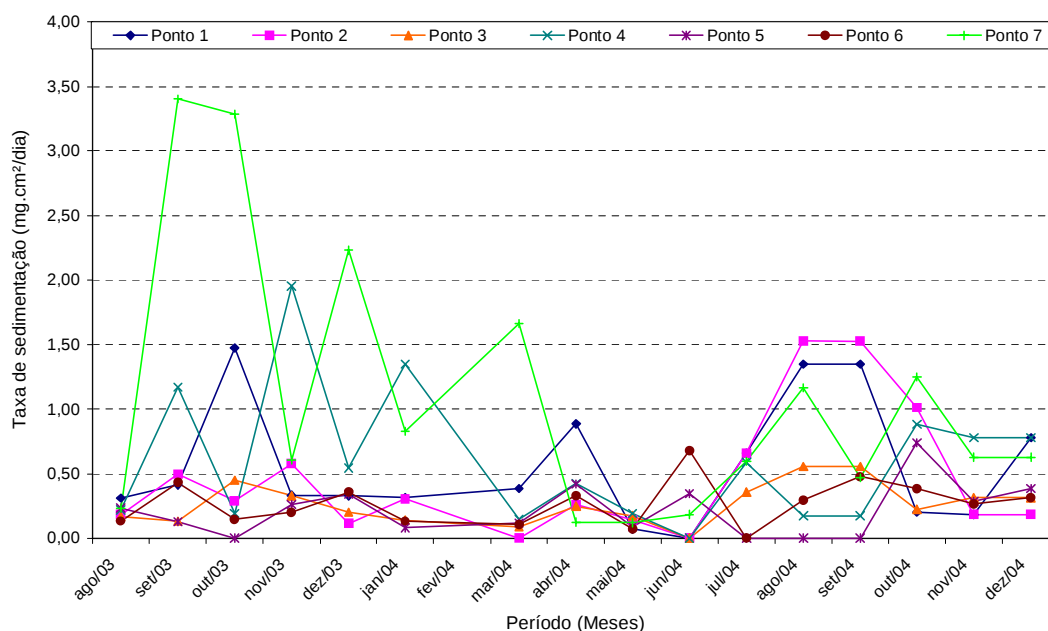


Figura 19 – Gráfico de valores de taxa de sedimentação de material em suspensão ($\text{mg.cm}^2/\text{dia}$) a quatro metros de profundidade, nos sete pontos amostrais, de agosto de 2003 a dezembro de 2004.

O ponto sete, como mencionado várias vezes, recebeu um grande aporte de matéria orgânica. Inicialmente sua taxa de sedimentação de material em suspensão foi bem maior, e com o passar do tempo foi caindo, como demonstrado pela Figura 19. Esse fato pode ser explicado pelo mesmo motivo da queda da taxa de sedimentação de fósforo total no mesmo ponto, na mesma época. Com a água mais fria, o ritmo da produção foi desacelerado, e, conseqüentemente, a quantidade de tanques presos ao trapiche e o volume de ração empregado caíram. Além disso, nessa mesma época, houve melhora no manejo alimentar especificamente neste ponto, evitando desperdício de ração, e portanto, liberação de nutrientes para a água por seus resíduos.

Em agosto e setembro de 2004 os pontos um e dois foram os que apresentaram as maiores taxas. Durante esses dois meses não houve chuvas (Tabela 4) e por isso, é muito provável que o volume de água do córrego tenha diminuído e o fluxo de água tenha se dado no sentido da represa para dentro do braço, e que com isso, o ponto um tenha recebido uma carga proveniente da piscicultura.

Com exceção dos pontos quatro e sete, a taxa de material em suspensão era relativamente baixa até junho de 2004 (Figura 19). A partir de então houve aumento dessa taxa em outros pontos, provavelmente provocado por manejo inadequado (emprego de excesso de ração na produção) ou por dificuldade de degradação do material em suspensão pelo sistema, que pode ter recebido maior aporte de matéria orgânica pelo aumento da produção.

5 CONCLUSÕES

Neste estudo foram encontradas alterações principalmente na concentração e saturação de oxigênio dissolvido e nas taxas de sedimentação de fósforo total e nitrato.

Dentre esses impactos, o que mais chama a atenção é a queda na saturação e concentração de oxigênio dissolvido, que apesar de não terem atingido níveis críticos, ficaram fora de limites desejáveis.

Houve tendência de aumento nas taxas de sedimentação de fósforo total e nitrato. Mesmo com o aumento, elas mantiveram-se relativamente baixas, apresentando como resultado mais elevado 16,02 $\mu\text{g.cm}^2/\text{dia}$ para fósforo total. Entretanto, a médio e longo prazo, esse pequeno aumento pode ser significativo para a eutrofização artificial.

Os impactos causados pela produção em tanques-rede, nesse caso, apesar de apresentarem tendências preocupantes, foram localizados e a curto prazo, pois o sistema ainda possui capacidade de recuperação.

Notaram-se mais padrões temporais (mudança nas variáveis ao longo do estudo, comprovadas estatisticamente) do que espaciais (entre os pontos). Portanto, os impactos causados pela piscicultura em tanques-rede em água doce têm efeito cumulativo sobre o sistema, que tende a alterar sua dinâmica mediante a presença de novos elementos, como a presença da metacomunidade de peixes e o maior aporte de matéria orgânica na água. Assim, os efeitos dessa atividade a longo prazo e/ou aumento na produção são difíceis de serem previstos e podem promover séria degradação do ecossistema aquático onde a piscicultura esteja instalada, caso não haja um controle eficiente sobre a qualidade da água.

Estes resultados sugerem que a produção em tanques-rede é viável, desde que sejam tomadas certas precauções para evitar a degradação do ambiente aquático. Entre essas medidas está o monitoramento constante da qualidade de água e respeito a um limite estabelecido de produção de acordo com a capacidade de suporte de cada ambiente.

6 REFERÊNCIAS

AGRONLINE. Tanque-rede: alternativa ou problema? 2003.

<<http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticia.php?id=291>>

BECKER, K.; FISHELSON, L. Standard and routine metabolic rate, critical oxygen tension and spontaneous scope for activity of tilapias. In: J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.) **The First Asian Fisheries Forum**. Philippines.: Manila, Asian Fisheries Society, 1986. p. 623-628.

BORGHETTI, J. R.; OSTRENSKY, A. Pesca e Aqüicultura de Água Doce no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. (Org. e Coord.) **Águas Doces do Brasil**. São Paulo: Escrituras Editora, 1999. p.451-473.

BOYD, C.E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aqüicultura**. EUA, Alabama: Auburn University, 1997. 55p.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº357 de 17 de março de 2005. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Publicação DOU.: 18/03/2005.

< <http://www.mma.gov.br/port/conama/> >

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Gerenciamento de Bacias Hidrográficas**. Brasília, DF: 1995.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto nº4.895 de 25 de novembro de 2003. D.O.U.: 26/11/2003, p.62

< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4895.htm >

_____. _____. Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca. Instrução Normativa Interministerial nº8 de 26 de novembro de 2003. D.O.U.: 21/7/2005.

<<http://200.198.202.145/seap/pdf/legislacao/INIntre082003paquicolas.pdf>>

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro, CPRM, 1994. 372p.

COMITÊ DE BACIA DO BAIXO TIETÊ. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo.

<<http://bt.sigrh.sp.gov.br>>

CORNEL, G. E.; WHORISKEY, F. G.. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. **Aquaculture** 109:101-107, 1993.

COSTA-PIERCE, B. A. Constraints to the Sustainability of Cage Aquaculture for Resettlement from Hydropower Dams in Asia: An Indonesian Case Study. **Journal of Environment and Development**, 1998.

<<http://darwin.bio.uci.edu/~sustain/indo.html>>

EDMONDSON, W. T.; WINBERG, G. G. **A manual of methods for assessment of secondary productivity in fresh waters**. Oxford, Blackwell Scientific Publications. (IBP, 17). 1972.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FILIPINAS. Departamento de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Jurisdição de Desenvolvimento do Lago Laguna.

<<http://www.ilda.gov.ph/zomap.HTM>>

FOLKE, C.; KAUTSKY, N. Aquaculture with its Environment; Prospects for Sustainability. **Ocean and Coastal Management** 17: 5-24, 1992.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. London: IBP, Blackwell Sci.Pub., 1978. 213p.

GRAF, W. H. The hydraulics of reservoir sedimentation. **Water Power & Dam Construction**. 1983. p.45-52,

GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. **Aquaculture** 226: 201-212, 2003.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). **Methods of Seawater Analysis**. Verlag Chemie Weinheim: 1976. p.117-181.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: F. Kubitza, 2003. 229p.

_____. **Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. p.41-44.

LEITE, M. A.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; CALIJURI, M. C. Tripton sedimentation rates in the Salto Grande Reservoir (Americana, SP, Brazil): a methodological evaluation. **Acta Limnol. Bras.** 12(2): 63-68, 2000.

LIN, Y.; ZHANG, Q. Effect of cage culture on the water environment in Heilongtan Reservoir. **Reserv. Fish.** 6:6-10, 1995.

LUCAS, M. A. R. 1996. Espécies comercializáveis e dificuldades quanto à legislação da atividade de aquicultura. In: WORKSHOP SOBRE QUALIDADE DE ÁGUA NA AQUICULTURA, Pirassununga, Anais... Pirassununga, CEPTA, 2000. p.77-82.

MACINTOSH, D.; PHILLIPS, M. M. Environmental issues in shrimp farming. In: Shrimp 92, 3 ed., GLOBAL CONFERENCE ON THE SHRIMP INDUSTRY Proceedings... Hong Kong, , 1992. p.118-145.

MACKERETH, F. J.; HERON, H. J.; TALLING, J. F. **Water analysis**. **Freshwater Biological Association Scientific** publication n. 36, Kendal, 1978. 120p.

MUDROCH, A.; MACKNIGHT, S. D. **CRC Handbooks of techniques for aquatic sediments sampling**. CRC Press Inc, 1991. 210p.

PAÉZ-OSUNA, F., GUERRERO-GALVÁN, S. R., RUIZ-FERNÁNDEZ A. C.
Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal waters of the Gulf of California.
Marine Pollution Bulletin, Great Britain. vol. 38, No. 7, p. 585-592, 1999.

PREHL, R. C.; BACCARIN, A. E. Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no Córrego da Arribada (UHE Nova Avanhandava, Baixo Rio Tietê-SP). In: NOGUEIRA, M.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Orgs.) **Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata**. São Carlos: Ed. RiMa, 2005. p.329-347.

QUEIROZ, J. F. A Relação do Uso de Rações com o Ambiente. **Alimentação Animal**. Ano 3, n.10 (set/out) , 1998. p.20-22.

REPEA – Rede Paulista de Educação Ambiental.
<<http://www.repea.org.br/eanasbacias/bt>>

ROSS, B.; ROSS, L. G. The oxygen requirements of *Oreochromis niloticus* under adverse conditions. In: FISHELSON, L.; YARON, Z. (eds.) International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University. Israel, Press. Tel Aviv, 1983. p.134-143.

RUGANI, C. A. Bactérias Amonificantes e Fatores Ecológicos nos Lagos Carioca e D. Helvécio (Vale do Rio Doce-MG). PPG-ERN. Universidade Federal de São Carlos, 1980. Dissertação de Mestrado, 183p.

SCHIMITTOU, H. R. **High density fish culture in low volume cages**. Singapore: American Soybean Association, 1993. 78p.

SILVA, L. H. S. Fitoplâncton de um Reservatório Eutrófico (Lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, 59(2):281-303, 1999.

STIRLING, H. P.; DEY, T. Impact of intensive cage farming on the phytoplankton and periphyton of a Scottish freshwater loch. **Hydrobiologia** 190:193-214, 1990.

TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J. G.; KUTNER, M. B. Plâncton studies in a mangrove, II: The standing-stock and some ecological factors. **Bol. Inst. Oceanogr.**, 24:23-41, 1965.

THORTON, W. K. Perspectives on Reservoir Limnology. In: THORTON, W. K., KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Eds). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York. John Wiley & Sons, Inc., 1990. p.1-13.

TROELL, M.; BERG, H. Cage fish farming in the tropical Lake Kariba, Zimbabwe: impact and biogeochemical changes in sediment. **Aquaculture Research**, 28:527-544, 1997.

VALENTI, W. C. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W. C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J. R. **Aqüicultura no Brasil, bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. 399p.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. A modified sedimentation trap. **Limnol. Oceanogr.**, 18:986-988, 1991.

YIYONG, Z.; JIANQIU, L.; YONGQING, F.; MIN, Z. Kinetics of alkaline phosphatase in lake sediment associated with cage culture of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture** 203:23-32, 2001.

ZANIBONI FILHO, E.; NUÑER, A. P. O.; GUERESCHI, R. M.; HERMES-SILVA, S. Cultivo de Peixes em Tanque-rede e Impactos Ambientais. Seminário na EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG. 30 e 31

de agosto de 2005.

<<http://www.epamig.br/seminario/Dr.%20Evoy%20Zaniboni%20Filho.pdf>>